

# Diversidade em comunidades: Índices de diversidade

Shannon-Weiner  $H' = \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i)$

Onde S é o número total de espécies e  $p_i$  é a abundância relativa de cada espécie na comunidade.

- Quanto mais alto o valor de  $H'$ , maior é a equabilidade da distribuição de abundâncias.
- Quanto maior o valor de  $H'$ , menor é a probabilidade de amostrar aleatoriamente 2 ind. da mesma espécie.
- É muito influenciado pelo número de indivíduos amostrados.
- Assume que a amostra é grande todas as espécies estão representadas na amostra

# Diversidade em comunidades: Índices de diversidade

Índice de Simpson

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Onde S é o número total de espécies e  $p_i$  é a abundância relativa de cada espécie na comunidade.

- Mede a chance de que em dois indivíduos escolhidos aleatoriamente sejam da mesma sp.
- Quanto maior o valor de D, maior a dominância na comunidade
- Espécies raras contribuem pouco para o valor de D.
- É menos influenciado pelo n° de ind. amostrados

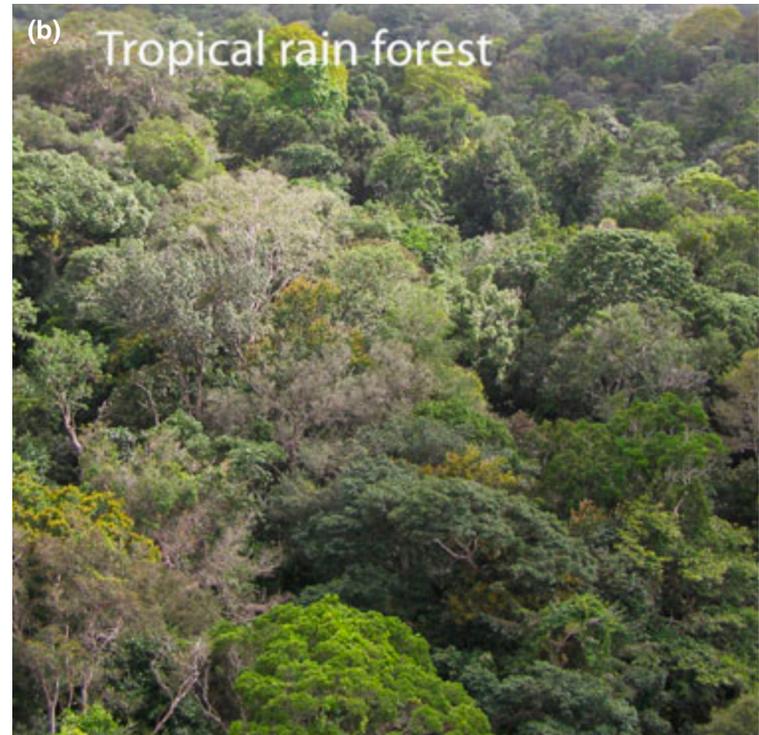
# Diversidade em comunidades: Índices de diversidade

**Table 12.1** Some species diversity and evenness indices

| Index                                 | Usual symbol | Formula  | Emphasizes     |
|---------------------------------------|--------------|--|----------------|
| <i>Proportional abundance indices</i> |              |  |                |
| Shannon-Weiner index                  | $H'$         | $-\sum [p_i \ln(p_i)]$   | Rare species   |
| Inverse Simpson's index               | $D$          | $1/\sum p_i^2$   | Common species |
| Pielou's index                        | $HP$         | $\frac{\log_2 \left( \frac{N!}{\sum n_i!} \right)}{N}$   | Rare species   |
| Brillouin index                       | $HB$         | $\frac{\ln(N!) - \sum \ln(n_i!)}{N}$   | Rare species   |
| McIntosh's $U$ index                  | $U$          | $\sqrt{\sum n_i^2}$  | Rare species   |
| McIntosh's $D$ index                  | $D$          | $\frac{N - \sqrt{\sum n_i^2}}{N - \sqrt{N}}$   | Common species |
| Berger-Parker index                   | $d$          | $\frac{N_{\max}}{N}$   | Common species |
| Cuba's index                          | $DC$         | $S + 1 - \frac{\sum \left  n_i - \frac{N}{S} \right }{2N}$                                       | Common species |
| $Q$ statistic                         | $Q$          | $\frac{\frac{1}{2} n_{R1} + \sum n_r + \frac{1}{2} n_{R2}}{\log \left( \frac{R_2}{R_1} \right)}$ | Rare species   |

## Diversos índices

- Ênfase
- Premissas
- Vantagens
- Limitações



# Amostragem



**Table 1.** The communities used as the richest in vascular plant species at a range of spatial grains.

| Area (m <sup>2</sup> ) | Richness | Method | Community                      | Region         | References   |
|------------------------|----------|--------|--------------------------------|----------------|--|
| 0.000001               | 3        | Shoot  | Dry, sandy grassland           | Germany        | J. Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2004) |
| 0.000009               | 3        | Shoot  | Dry, sandy grassland           | Germany        | J. Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2004) |
| 0.0001                 | 5        | Shoot  | Dry, sandy grassland           | Germany        | J. Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2004) |
| 0.0009                 | 8        | Rooted | Mountain grassland             | Argentina      | J.J. Cantero (unpubl.)                               |
| 0.001                  | 12       | Shoot  | Limestone grassland            | Sweden         | van der Maarel & Sykes (1993) <sup>1</sup>           |
| 0.004                  | 13       | Rooted | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Klimeš et al. (2001)                                 |
| 0.01                   | 25       | Rooted | Wooded meadow                  | Estonia        | Kull & Zobel (1991)                                  |
| 0.04                   | 42       | Rooted | Wooded meadow                  | Estonia        | Kull & Zobel (1991)                                  |
| 0.1                    | 43       | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Romania        | Dengler et al. (2009)                                |
| 0.25                   | 44       | Rooted | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Klimeš et al. (2001)                                 |
| 1                      | 89       | Rooted | Mountain grassland             | Argentina      | Cantero et al. (1999)                                |
| 10                     | 98       | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Romania        | Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2009)    |
| 16                     | 105      | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Z. Otýpková (unpubl.)                                |
| 25                     | 116      | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Z. Otýpková (unpubl.)                                |
| 49                     | 131      | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Z. Otýpková (unpubl.)                                |
| 100                    | 233      | Rooted | Tropical lowland rain forest   | Costa Rica     | Whitmore et al. (1985)                               |
| 1000                   | 313      | Rooted | Tropical lowland rain forest   | Colombia       | Duivenvoorden (1994)                                 |
| 10 000                 | 942      | Rooted | Tropical rain forest           | Ecuador        | Balslev et al. (1998)                                |

<sup>1</sup>Correction of a higher, incorrect value in the original publication.

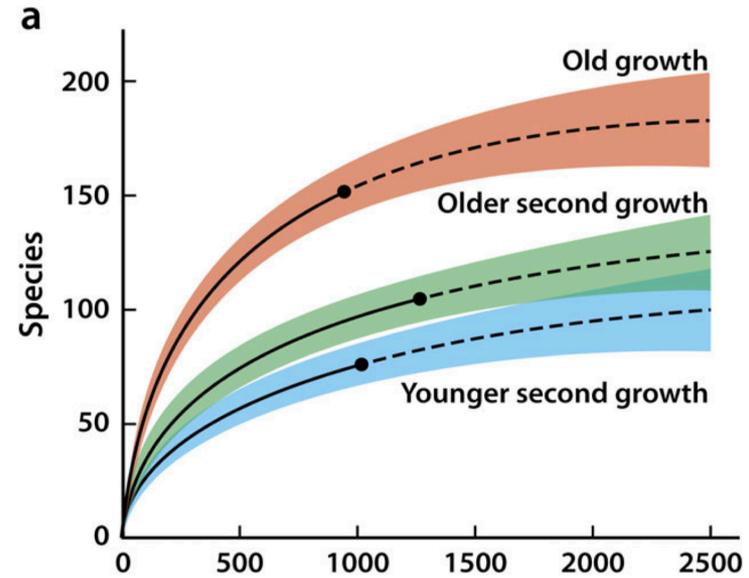
# Amostragem



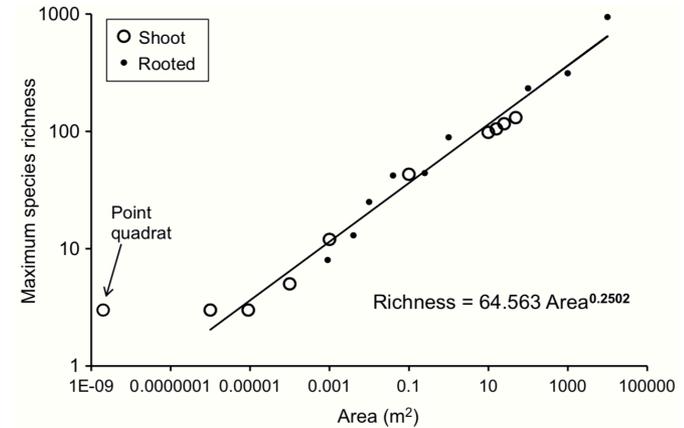
**Table 1.** The communities used as the richest in vascular plant species at a range of spatial grains.

| Area (m <sup>2</sup> ) | Richness | Method | Community                      | Region         | References   |
|------------------------|----------|--------|--------------------------------|----------------|--|
| 0.000001               | 3        | Shoot  | Dry, sandy grassland           | Germany        | J. Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2004) |
| 0.000009               | 3        | Shoot  | Dry, sandy grassland           | Germany        | J. Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2004) |
| 0.0001                 | 5        | Shoot  | Dry, sandy grassland           | Germany        | J. Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2004) |
| 0.0009                 | 8        | Rooted | Mountain grassland             | Argentina      | J.J. Cantero (unpubl.)                               |
| 0.001                  | 12       | Shoot  | Limestone grassland            | Sweden         | van der Maarel & Sykes (1993) <sup>1</sup>           |
| 0.004                  | 13       | Rooted | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Klimeš et al. (2001)                                 |
| 0.01                   | 25       | Rooted | Wooded meadow                  | Estonia        | Kull & Zobel (1991)                                  |
| 0.04                   | 42       | Rooted | Wooded meadow                  | Estonia        | Kull & Zobel (1991)                                  |
| 0.1                    | 43       | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Romania        | Dengler et al. (2009)                                |
| 0.25                   | 44       | Rooted | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Klimeš et al. (2001)                                 |
| 1                      | 89       | Rooted | Mountain grassland             | Argentina      | Cantero et al. (1999)                                |
| 10                     | 98       | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Romania        | Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2009)    |
| 16                     | 105      | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Z. Otýpková (unpubl.)                                |
| 25                     | 116      | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Z. Otýpková (unpubl.)                                |
| 49                     | 131      | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Z. Otýpková (unpubl.)                                |
| 100                    | 233      | Rooted | Tropical lowland rain forest   | Costa Rica     | Whitmore et al. (1985)                               |
| 1000                   | 313      | Rooted | Tropical lowland rain forest   | Colombia       | Duivenvoorden (1994)                                 |
| 10 000                 | 942      | Rooted | Tropical rain forest           | Ecuador        | Balslev et al. (1998)                                |

<sup>1</sup>Correction of a higher, incorrect value in the original publication.

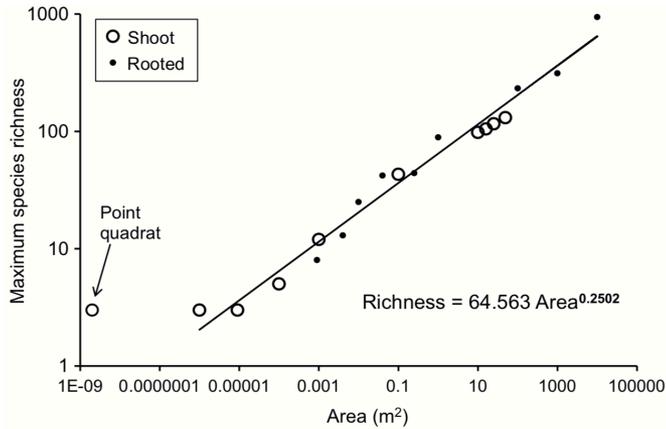


Colwell et al., 2012

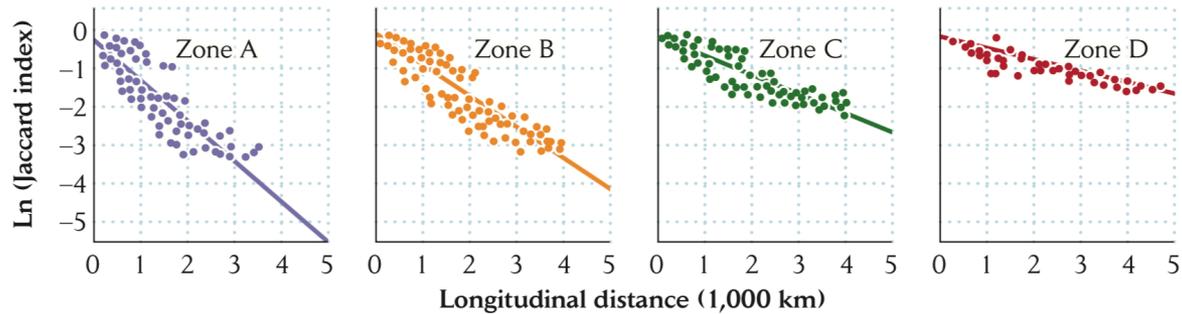
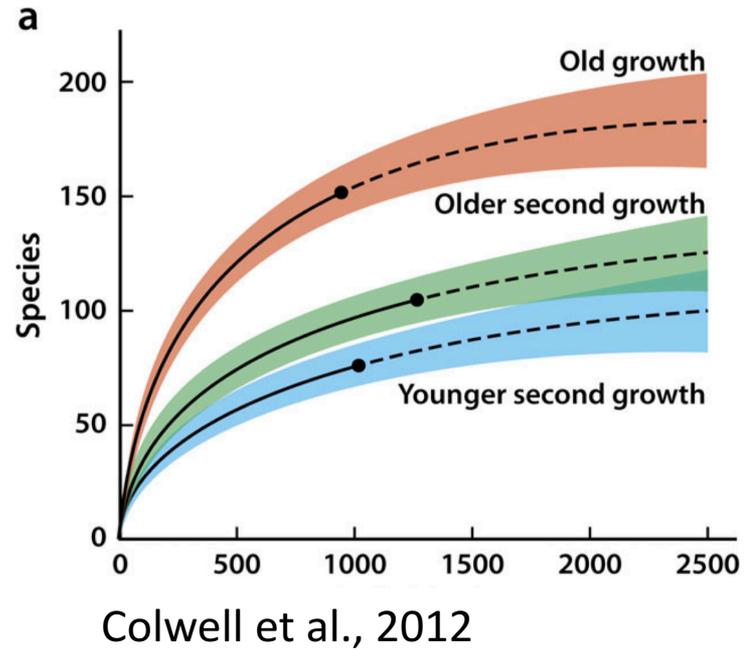


Wilson et al., 2012

# Amostragem



Wilson et al., 2012



**FIGURE 20.13** The beta diversity of plants decreases from south to north in North America.

The decrease in Jaccard similarity between large-scale floras as a function of longitudinal distance is greater in the south than in the north. After H. Qian and R. E. Ricklefs, *Ecol. Lett.* 10:737–744 (2007).

## Descrivendo comunidades: Estrutura horizontal

**Fitossociologia:** Ciência direcionada ao estudo de comunidades vegetais.

Termos aproximados -> "ecologia vegetal" e "ciência da vegetação"

Tem como papel entender os padrões de estruturação das comunidades

(Felfili, 2011)

## Parâmetros fitossociológicos I:

**Riqueza de espécies** – n.º de espécies encontradas na área de estudo

**Diversidade de espécies** – representa a complexidade da comunidade

**Abundância absoluta** – n.º total de ind. de uma espécie

**Abundância relativa** – n.º de ind. de uma espécie / n.º total de ind. da comunidade

**Densidade** – n.º de ind. de uma espécie / área amostrada

**Frequência** – porcentagem de unidades amostrais em que determinada espécie está presente (distribuição espacial)

**Frequência relativa** – proporção entre a frequência absoluta da espécie e o somatório da frequência absoluta de todas as espécies

## Parâmetros fitossociológicos II:

**Dominância absoluta** – espaço total ocupado pela espécie na comunidade, pode ser medido de duas formas: somatório da área basal de cada indivíduo da espécie ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ); somatório da cobertura (área coberta pela projeção da copa de cada ind.)

**Dominância relativa** – área basal da espécie / área basal da comunidade

**Valor de Importância** – indica como as espécies ocupam o espaço.

$VI = \text{Abundância relativa} + \text{Frequência relativa} + \text{Dominância relativa}$

A espécie mais importante de uma comunidade é aquela que ocorre em maior densidade, que possui distribuição mais homogênea e que possui indivíduos de maior porte.

É mais informativo analisar cada parâmetro em separado do que o valor de IVI.

## **Parâmetros fitossociológicos:**

Índices sintéticos combinam os parâmetros vistos anteriormente, permitindo comparações entre comunidades e a avaliação da variação da importância de uma mesma espécie em diferentes comunidades.

# Estudo realizado em uma floresta secundária em Botucatu-SP

Evidenciar as variações na composição florística e na estrutura das comunidades, nas diferentes fases de desenvolvimento do mosaico florestal

**Tabela 3.** Parâmetros fitossociológicos para área total e para cada fase de desenvolvimento do mosaico sucessional na Mata da Bica, Botucatu, SP.

(Phytosociologic parameters for total sample area and each of the successional mosaic developmental phases at Bica Forest, Botucatu, SP).

|  | Fases      |         |          |            |            |
|--|------------|---------|----------|------------|------------|
|  | Área Total | Madura  | Clareira | Degradação | Construção |
| Densidade (n.ind./ha)                        | 1280,50    | 1260,61 | 780,65   | 1033,33    | 1333,33    |
| Área Basal Total (m <sup>2</sup> /ha)        | 41,78      | 100,37  | 35,18    | 75,48      | 45,14      |
| Densidade de Pioneiras (n.ind./ha)           | 61,00      | 27,27   | 106,45   | 66,67      | 45,83      |
| Densidade de Secundárias Tardias (n.ind./ha) | 315,00     | 421,21  | 216,13   | 313,67     | 337,50     |
| Número de Parcelas                           | 100        | 33      | 31       | 12         | 24         |

Classificação: Whitmore (1978, 1990)

Área Basal, Dominância Média, Diâmetro Médio e Altura do Dossel e mais baixos para Cobertura por Lianas

# Estudo realizado em uma floresta secundária em Botucatu-SP

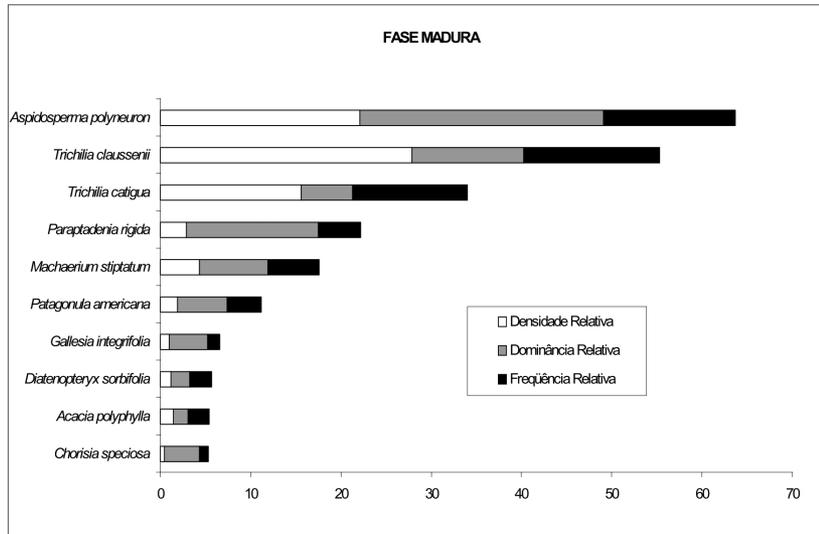


Figura 5. Valor de Importância por espécies encontrado para a fase madura do mosaico sucessional na Mata da Bica, Botucatu, SP.

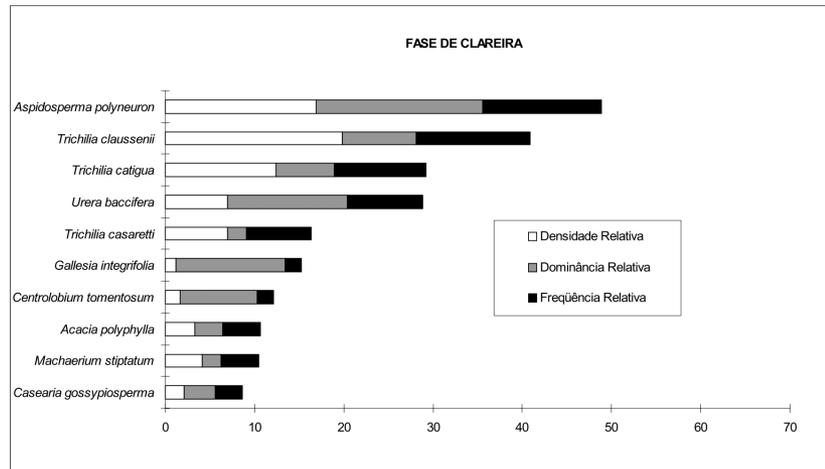


Figura 3. Valor de Importância por espécies encontrado para a fase de clareira do mosaico sucessional na Mata da Bica, Botucatu, SP.

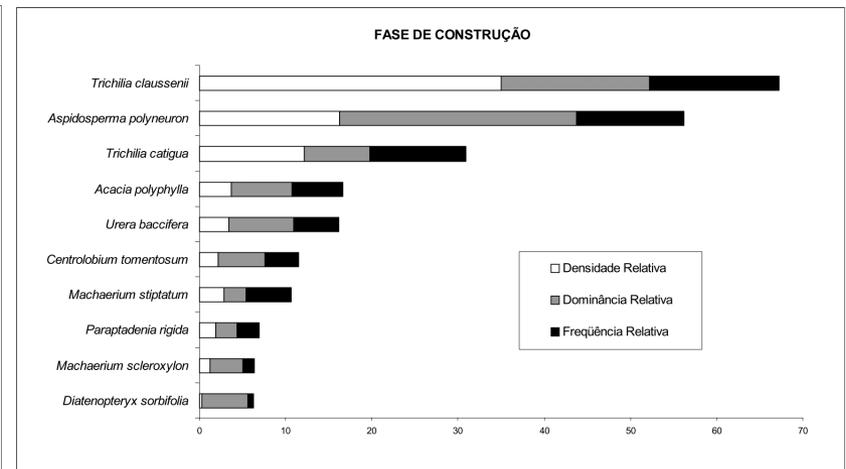
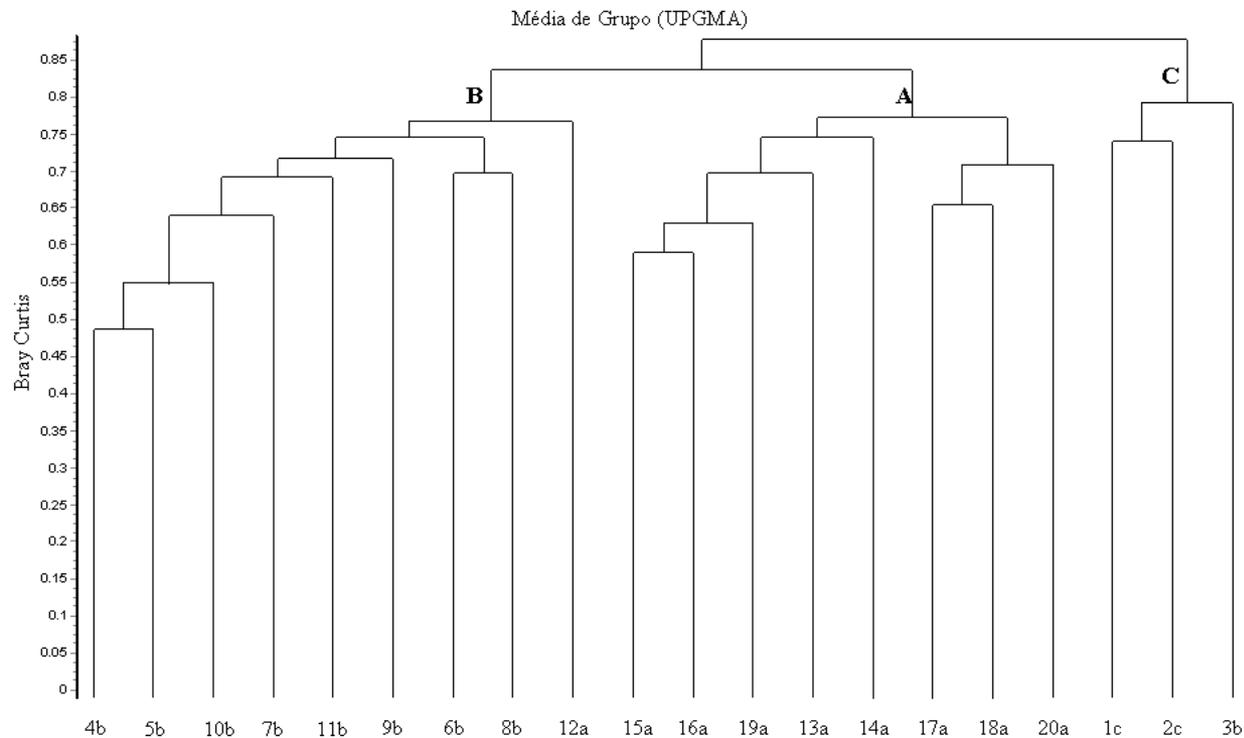
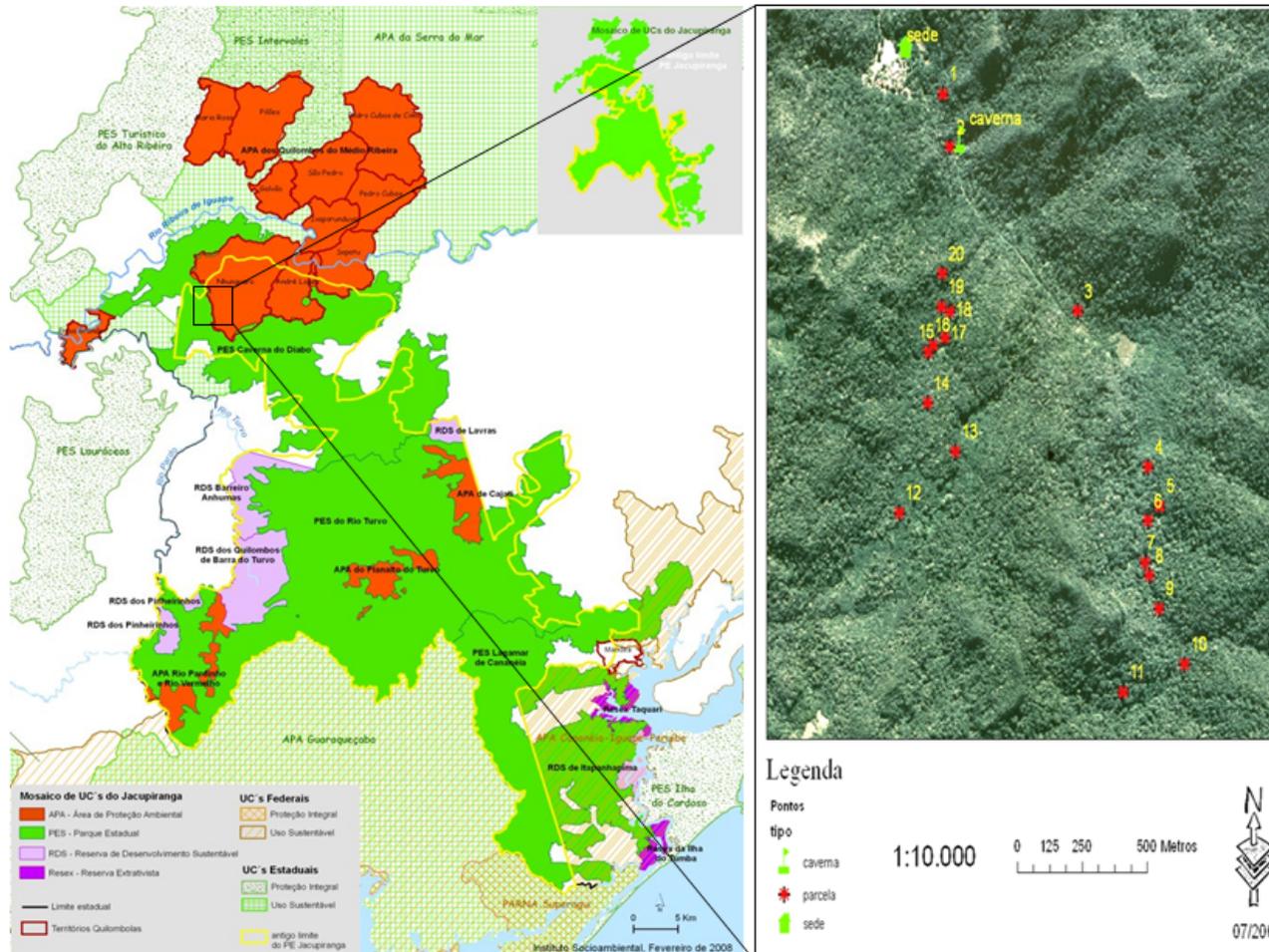


Figura 4. Valor de Importância por espécies encontrado para a fase de construção do mosaico sucessional na Mata da Bica, Botucatu, SP.

# Análise de agrupamento para separar comunidades de face de exposição no Parque Estadual da Caverna do Diabo – SP

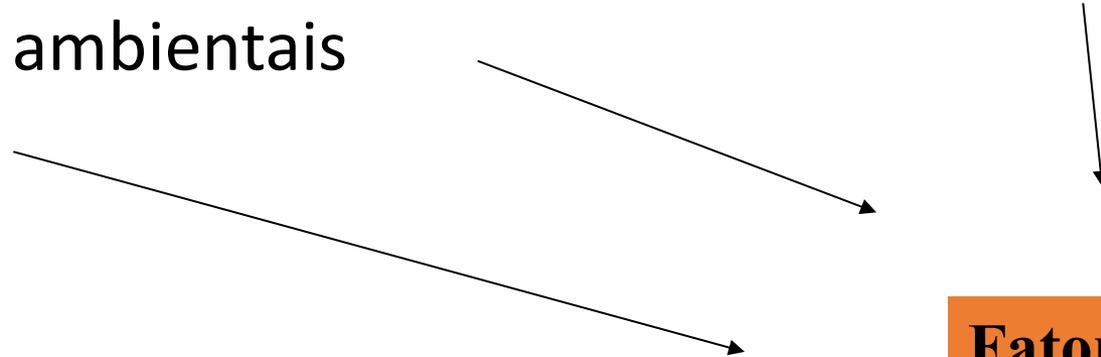


# Análise de agrupamento para separar comunidades de face de exposição no Parque Estadual da Caverna do Diabo – SP



# Fatores que influem na abundância e distribuição das espécies

- Recursos requeridos para crescimento e reprodução;
- Condições ambientais
- Interação

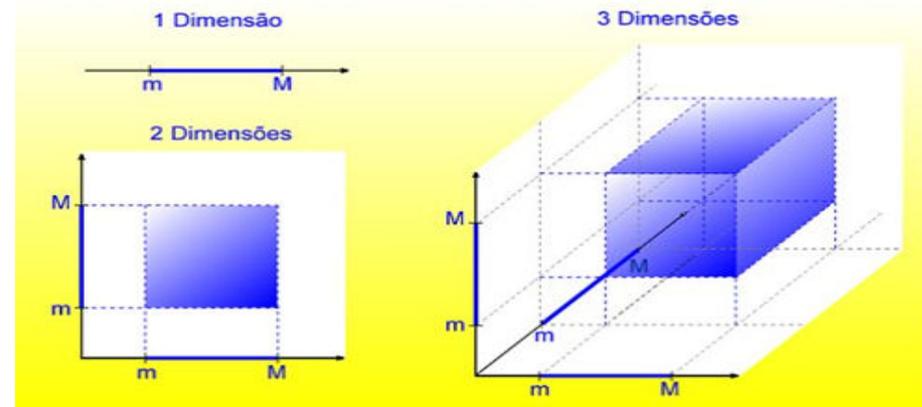


**Fatores  
bióticos e  
abióticos**

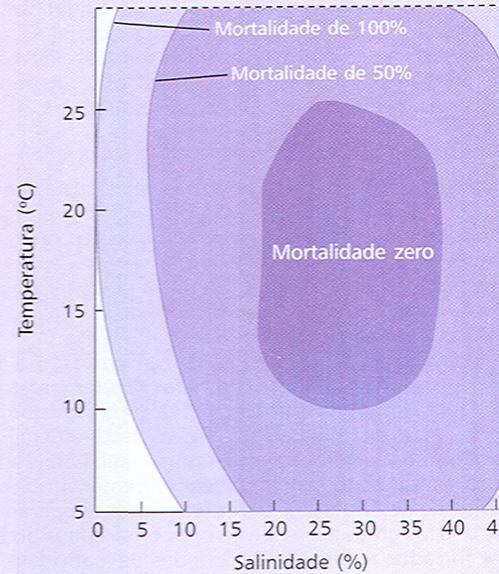
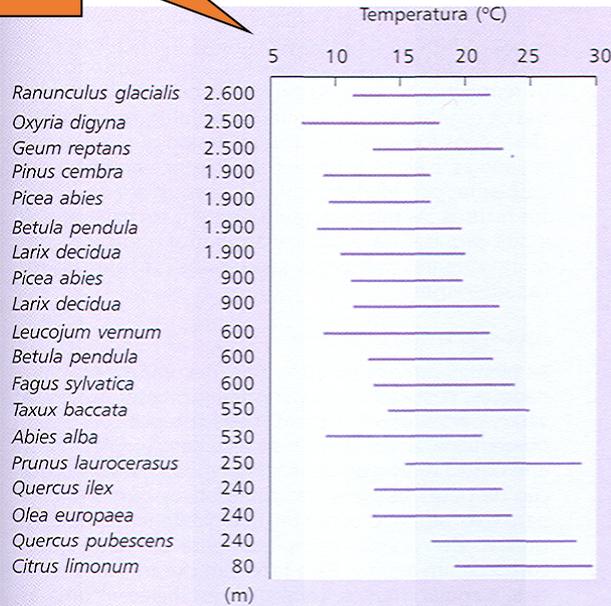
## Conceito de nicho ecológico

- Descrição das necessidades de recursos, exigências de habitats e limites de tolerância de uma espécie - modelo de hipervolume ( Hutchinson, 1957)

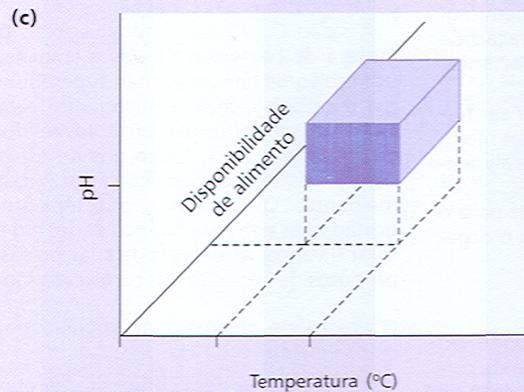
- Soma de todas as adaptações de um organismo (Pianka, 1970)



Um dimensão do nicho: faixa de temperatura em que é possível haver fotossíntese líquida para algumas plantas dos Alpes europeus



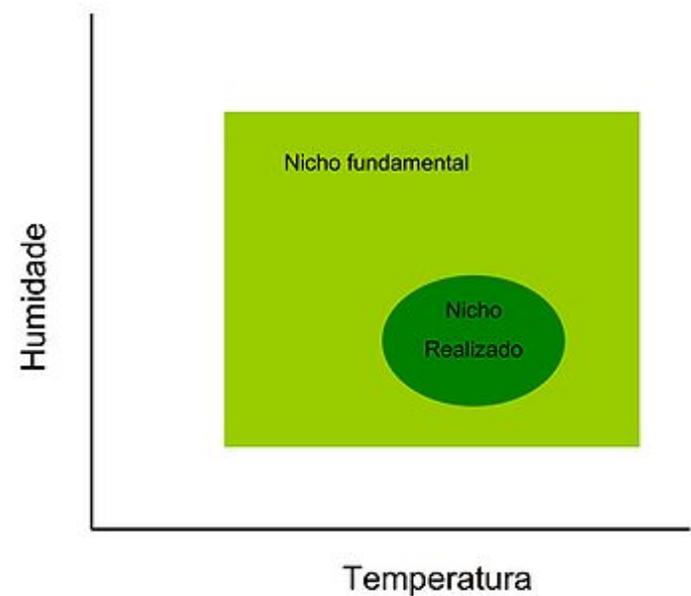
Duas dimensões do nicho: faixas de temperatura e salinidade que afetam a sobrevivência do camarão-da-areia (*Crangon septemspinosa*)



Nicho diagramático em três dimensões para um organismo aquático, mostrando um volume definido por temperatura, pH e disponibilidade de alimento

## Nicho fundamental x realizado

- **Fundamental:** combinação de condições e recursos ótimos que permitem a existência de uma espécie; potencialidade total da espécie
- **Realizado:** combinação que permite a manutenção de uma população viável na presença de competidores e/ou predadores. Varia no espaço e no tempo

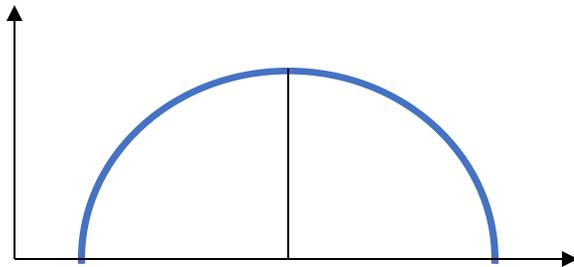


# Especialização x generalização



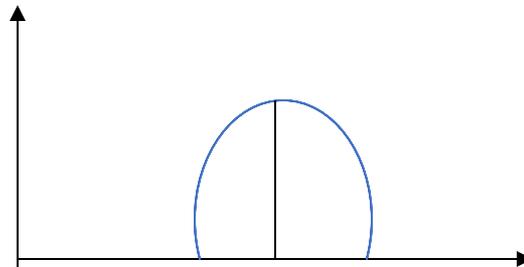
## Amplitude do nicho ecológico

crescimento



Condição ou recurso

crescimento



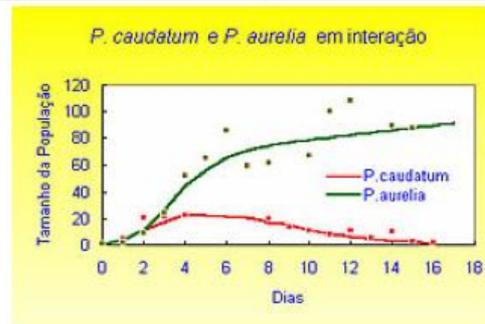
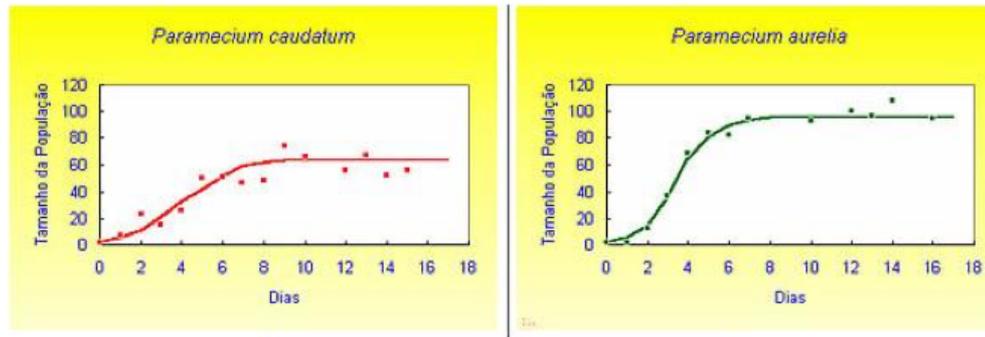
Condição ou recurso

Amplitude  
do nicho:  
plasticidade  
fenotípica

- Espécies podem ser generalistas para alguns recursos e condições e especialistas em relação a outros.

# Princípio da exclusão competitiva (princípio de Gause) e partição de recursos

- Quando duas espécies competem, a mais fraca pode ter seu nicho realizado preenchido pelo da competidora mais forte, que a exclui do ambiente.
- Georgii Gause (1934): *Paramecium caudatum* e *P. aurelia*.



# Princípio da exclusão competitiva (princípio de Gause) e partição de recursos

- Quando duas espécies competem, a mais fraca pode ter seu nicho realizado preenchido pelo da competidora mais forte, que a exclui do ambiente.
- Espécies com nichos diferentes coexistem pois não partilham dos mesmos recursos
- Em um ambiente espacialmente uniforme e constante ao longo do tempo a melhor competidora excluiria as outras -> por consequência a riqueza seria baixa
  - A não ser que:
    - Os recursos fossem abundantes
    - Condições sub-ótimas para as espécies – maior competição intra do que interespecífica
    - Espécies explorassem recursos independentes
- A exclusão competitiva não ocorre porque os ambientes **não** são espacialmente uniformes ou constantes ao longo do tempo.

**Table 1.** The communities used as the richest in vascular plant species at a range of spatial grains.

| Area (m <sup>2</sup> ) | Richness | Method | Community                      | Region         | References   |
|------------------------|----------|--------|--------------------------------|----------------|--|
| 0.000001               | 3        | Shoot  | Dry, sandy grassland           | Germany        | J. Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2004) |
| 0.000009               | 3        | Shoot  | Dry, sandy grassland           | Germany        | J. Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2004) |
| 0.0001                 | 5        | Shoot  | Dry, sandy grassland           | Germany        | J. Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2004) |
| 0.0009                 | 8        | Rooted | Mountain grassland             | Argentina      | J.J. Cantero (unpubl.)                               |
| 0.001                  | 12       | Shoot  | Limestone grassland            | Germany        | van der Maarel & Sykes (1993) <sup>1</sup>           |
| 0.004                  | 13       | Rooted | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Klimeš et al. (2001)                                 |
| 0.01                   | 25       | Rooted | Wooded meadow                  | Germany        | Kull & Zobel (1991)                                  |
| 0.04                   | 42       | Rooted | Wooded meadow                  | Germany        | Kull & Zobel (1991)                                  |
| 0.1                    | 43       | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Romania        | Dengler et al. (2009)                                |
| 0.25                   | 44       | Rooted | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Klimeš et al. (2001)                                 |
| 1                      | 89       | Rooted | Mountain grassland             | Argentina      | Cantero et al. (1999)                                |
| 10                     | 98       | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Romania        | Dengler et al. (unpubl.; see Dengler et al. 2009)    |
| 16                     | 105      | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Z. Otýpková (unpubl.)                                |
| 25                     | 116      | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Z. Otýpková (unpubl.)                                |
| 49                     | 131      | Shoot  | Semi-dry basiphilous grassland | Czech Republic | Z. Otýpková (unpubl.)                                |
| 100                    | 233      | Rooted | Tropical lowland rain forest   | Costa Rica     | Whitmore et al. (1985)                               |
| 1000                   | 313      | Rooted | Tropical lowland rain forest   | Colombia       | Duivenvoorden (1994)                                 |
| 10 000                 | 942      | Rooted | Tropical rain forest           | Ecuador        | Balslev et al. (1998)                                |

<sup>1</sup>Correction of a higher, incorrect value in the original publication.



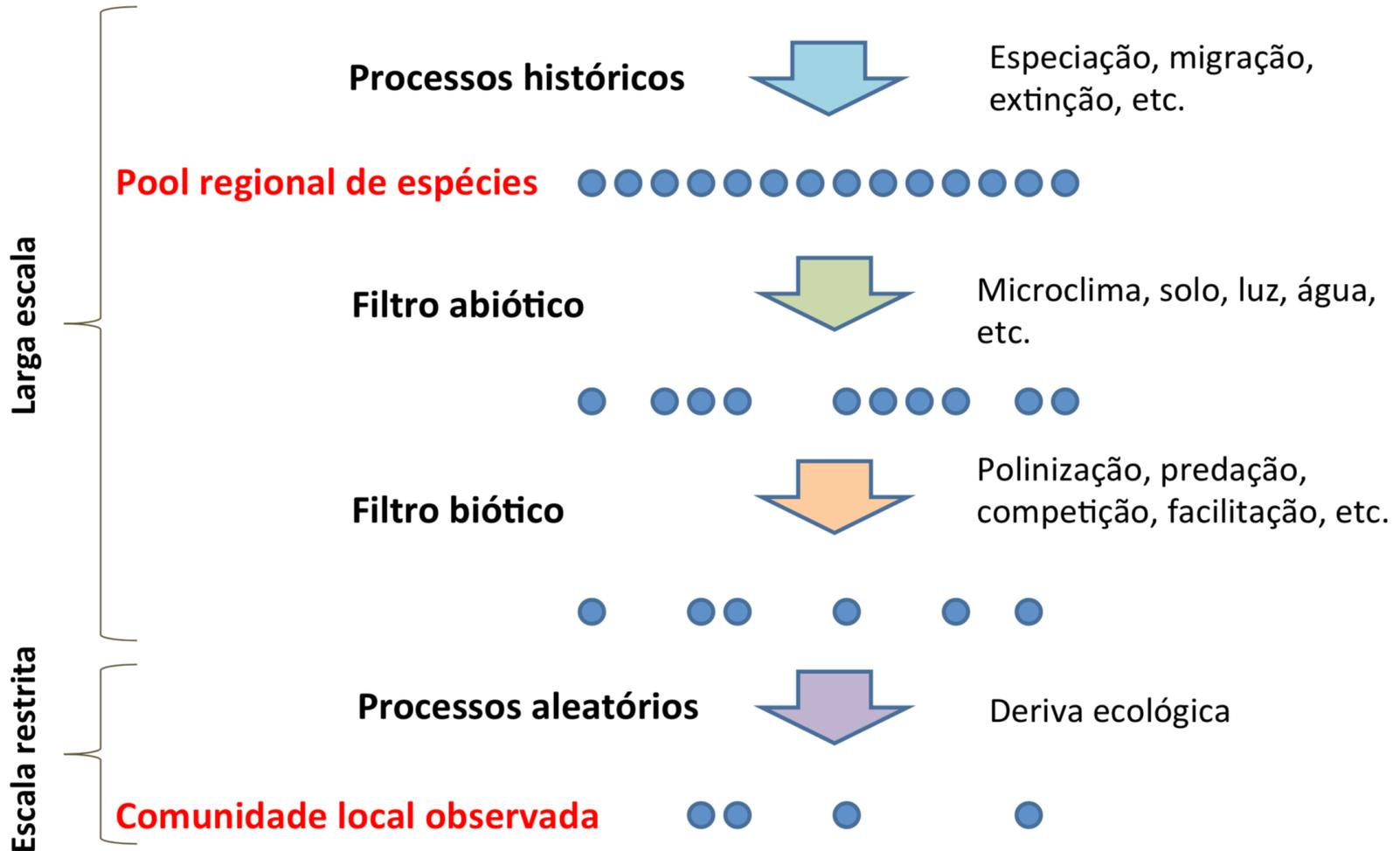
## Teoria de nicho

- Diferenciação de nicho entre espécies.
- Existência de refúgios para competidoras fracas.
- Heterogeneidade espacial na oferta de recursos.
- Consumo de recursos apenas na vizinhança imediata.
- Variação temporal na disponibilidade de recursos devido a forças ambientais externas.
- ...

# Teoria neutra (Hubbell 2001)

- Explicação alternativa à teoria de nicho para a co-existência e a distribuição das espécies.
- Comunidades são conjuntos abertos, em equilíbrio, de espécies que co-ocorrem por acaso.
- Presença da espécie na comunidade: dispersão aleatória, extinção local estocástica e especiação.
- Todas as espécies de um mesmo nível trófico são equivalentes funcionalmente, não importando a identidade das espécies.

# Arcabouço teórico para a unificação das teorias de nicho e de dispersão



# Dinâmica de comunidades

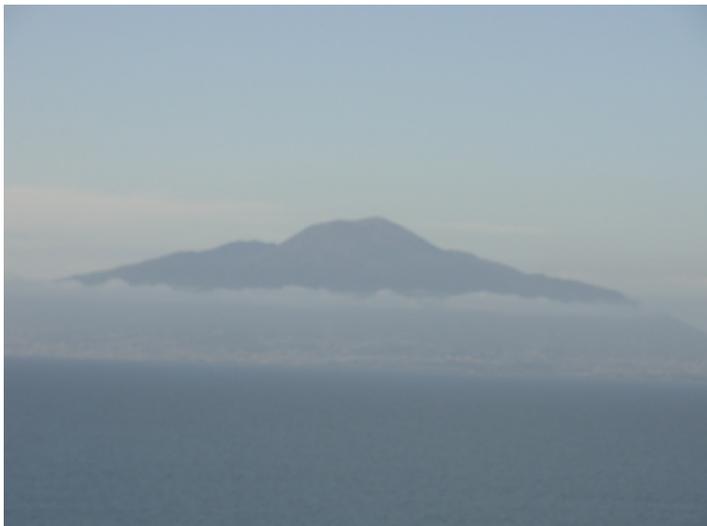
- Estudo das mudanças da comunidade no tempo
- Sucessão: sequência de mudanças temporais na comunidade, iniciada por um distúrbio

| Teorias                    | Equilíbrio  | Equilíbrios múltiplos (ASS)             | Não-equilíbrio  |
|----------------------------|---|---|---|
| <b>Premissas</b>           | Clímax unidirecional, contínuo                            | Equilíbrio multidirecional, descontínuo | Não-equilíbrio persistente, não-direcional, descontínuo |
| <b>Estados permanentes</b> | Um (clímax)   | Mais que um                             | nenhum  |
| <b>Trajatória</b>          | convergente   | Mudanças de regimes, colapso            | Divergente, cíclica, interrompida                       |
| <b>Previsibilidade</b>     | Alta, baseada nos atributos das espécies                  | Moderada, possível mas difícil          | Baixa, acaso e legado são importantes                   |
| <b>Fatores importantes</b> | Interações entre espécies, desenvolvimento do ecossistema | Condições iniciais, posição na paisagem | Dispersão ao acaso, eventos estocásticos                |

# Seres e estágios

- **Seres:** comunidades de plantas que substituem umas as outras em uma sucessão ecológica a partir de um estágio pioneiro, terminando em uma associação clímax estável
- **Estágio:** qualquer segmento florístico ou estruturalmente distinguível de uma sere (= um estágio seral)
- **Terminologia:** Estágios inicial, médio e avançado de regeneração. Estágios “pioneiro” e “clímax”. Vegetação “primária” e “secundária”. Mosaicos sucessionais de Whitmore: clareira, construção, madura

# SUCESSÃO PRIMÁRIA



# SUCCESSÃO SECUNDÁRIA

