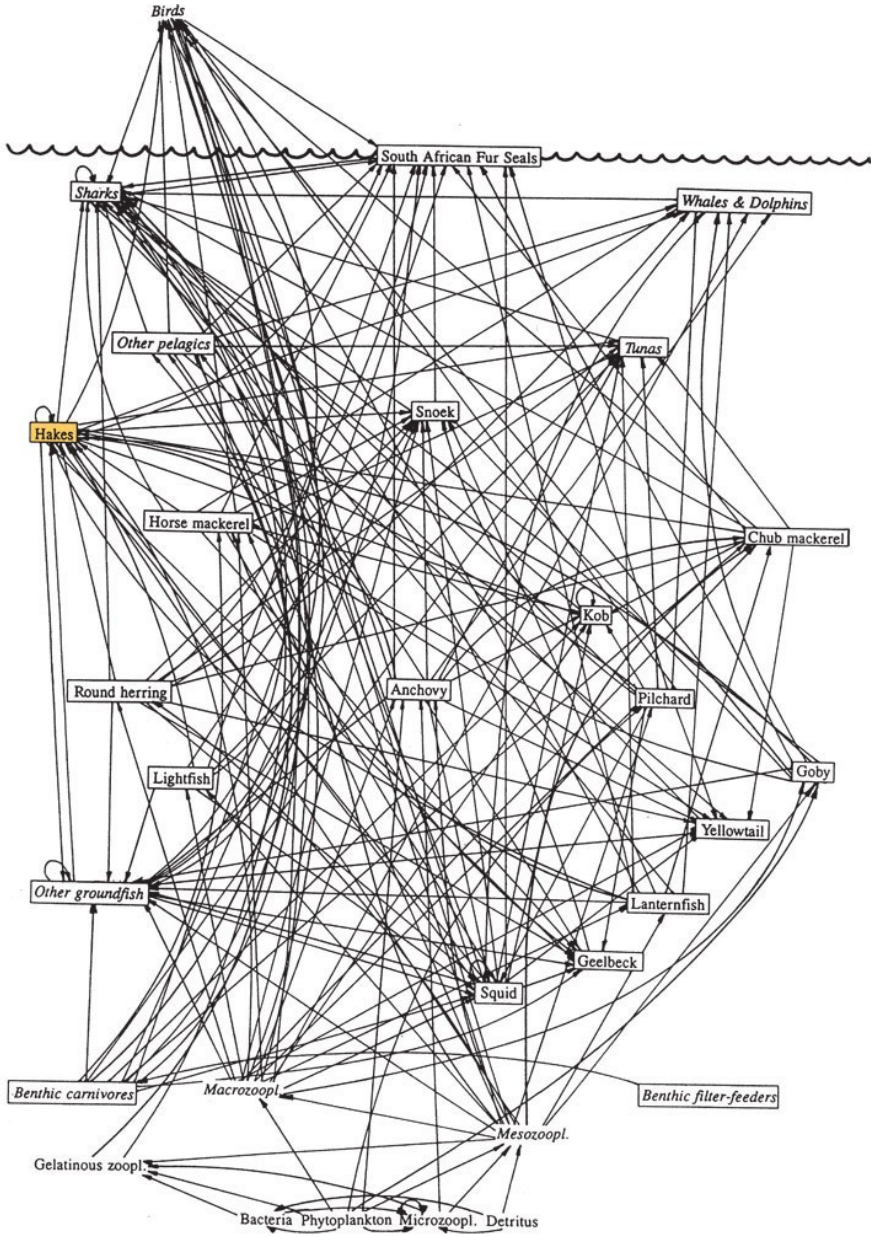
Interações interespecífica inseridas em redes ecológicas

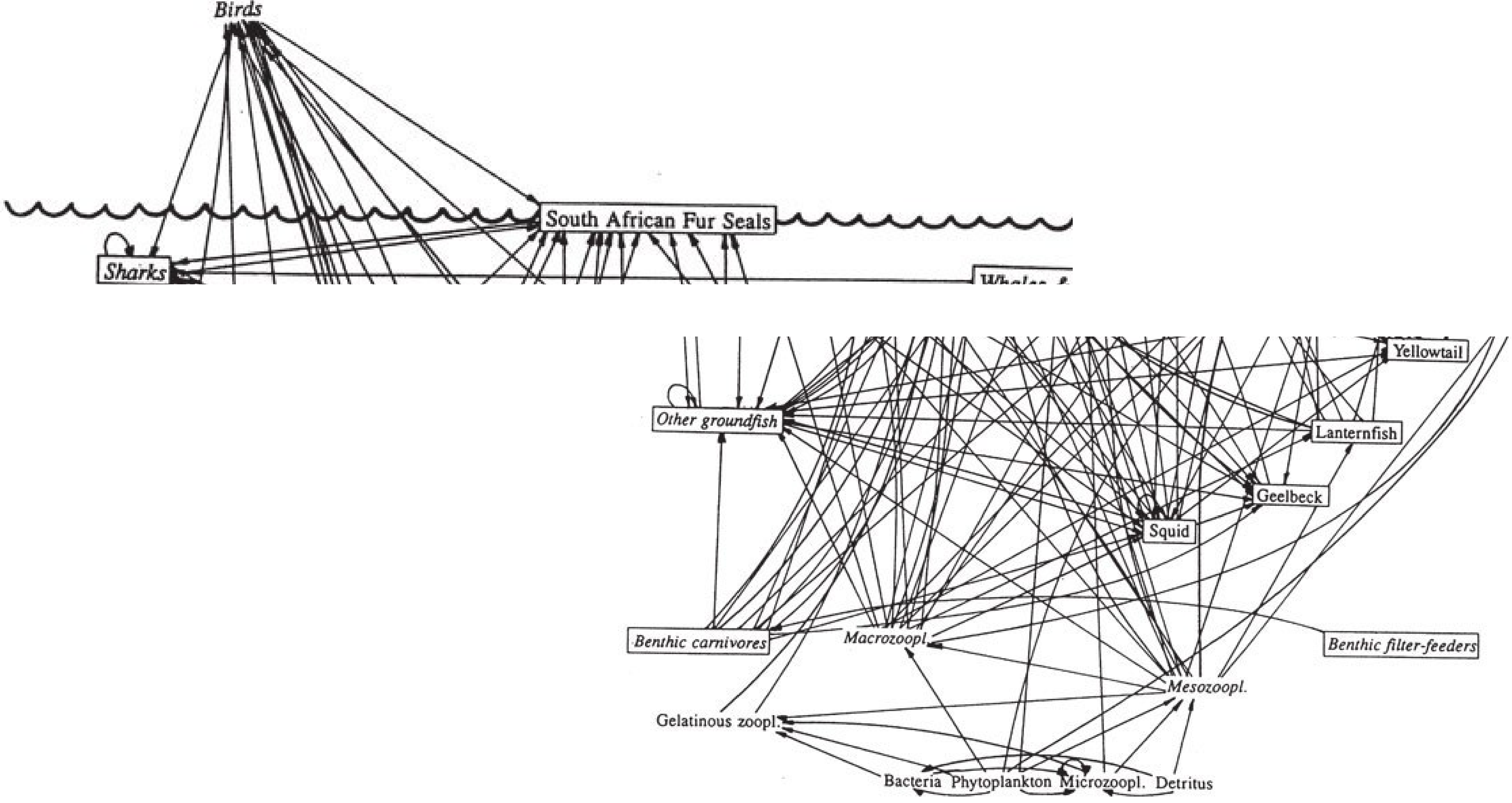
Ao final da aula você deverá saber

- Principais medidas para descrever estrutura de redes
- Como redes podem descrever tanto interações antagonísticas quanto mutualísticas
- Como a biodiversidade pode influenciar a estabilidade de um ecossistema
- O que são estados estáveis alternativos em comunidades e as suas consequências



COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.2

Figure 10.2 Rede trófica para o ecossistema marinho de Benguela na costa da África do Sul



COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.2

Figure 10.2 Rede trófica para o ecossistema marinho de Benguela na costa da África do Sul

COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.2

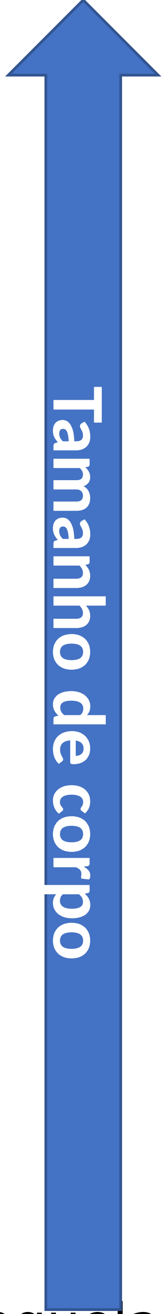


Figure 10.2 Rede trófica para o ecossistema marinho de Benguela na costa da África do Sul

Redes de interação

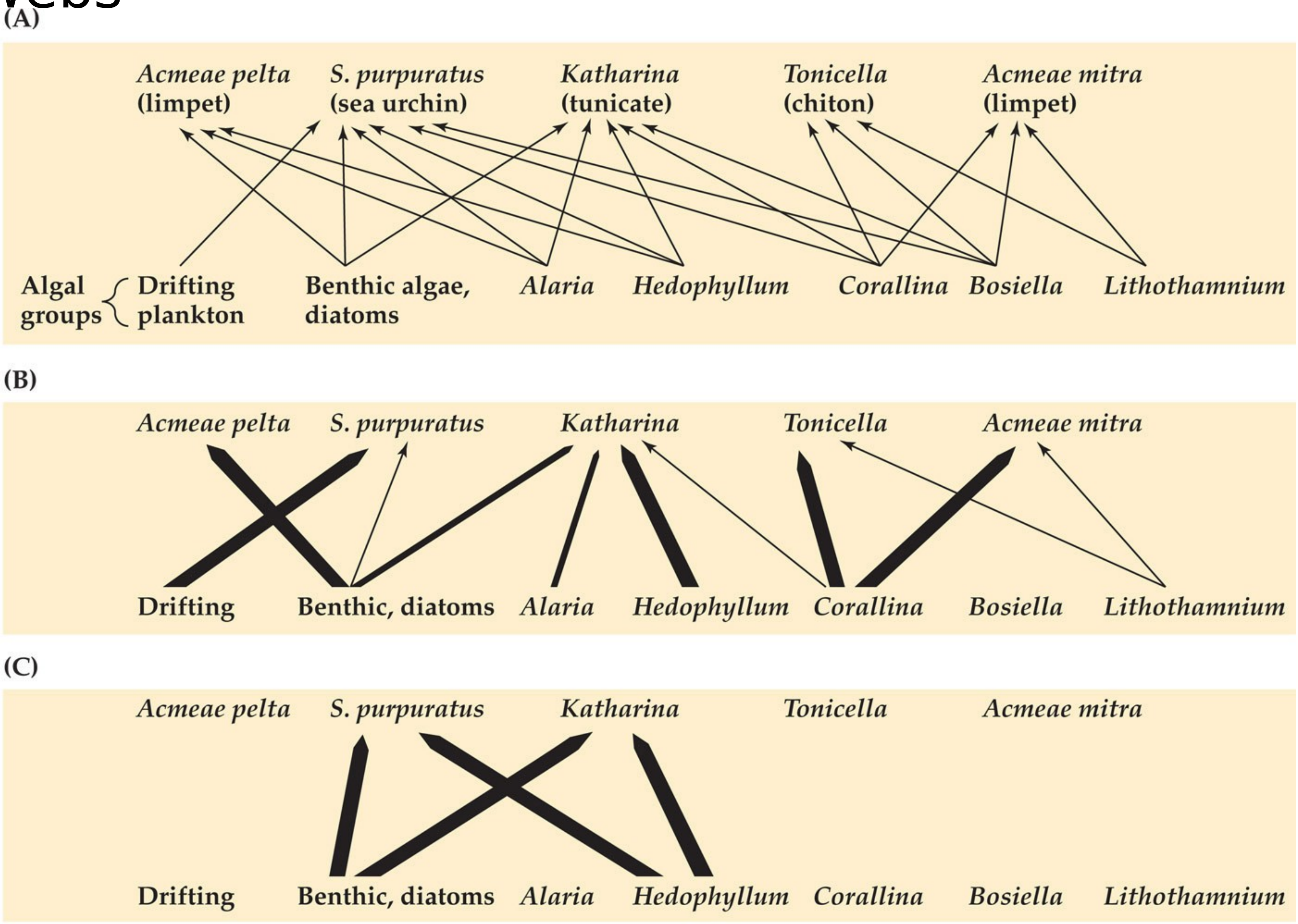
- Interações tróficas => teias alimentares
- Outros tipos de interações (mutualismo, hospedeiro-parasitóide)
  - Redes bipartidas
  - Parasitas são ainda pouco incluídos

- Redes de **conectividade**

- Redes de **fluxo de energia**

- Redes **funcionais**

Figure 10.3 Three distinct approaches for constructing food webs



COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.3

iwdb
Interaction Web DataBase

home | resources | contribute data | pics | blog | who we are

Welcome to the Interaction Web Database. This is a nonprofit, cooperative database containing published data on species interaction networks. It is hosted by the National Center for Ecological Analysis and Synthesis, at the University of California, Santa Barbara, U.S.A.

You must read our Privacy Policy before using the Interaction WebDatabase website

iwdb blog | iwdb dataset | iwdb pics

updates

February 03, 2017

Atlantic Forest bromeliad-pollinator network from Kaehler et al. (2005) added to IWDB.

Atlantic Forest plant-hummingbird networks from Kohler (2011)added to IWDB.

Atlantic Forest bromeliad-pollinator network from Varassin & Sazima (2012) added to IWDB.

Seychelles restoration networks from Kaiser-Bunbury et al. (2017) added to IWDB.

Redes de conectividade

- Somente mostram a presença de uma interação, mas não sua intensidade

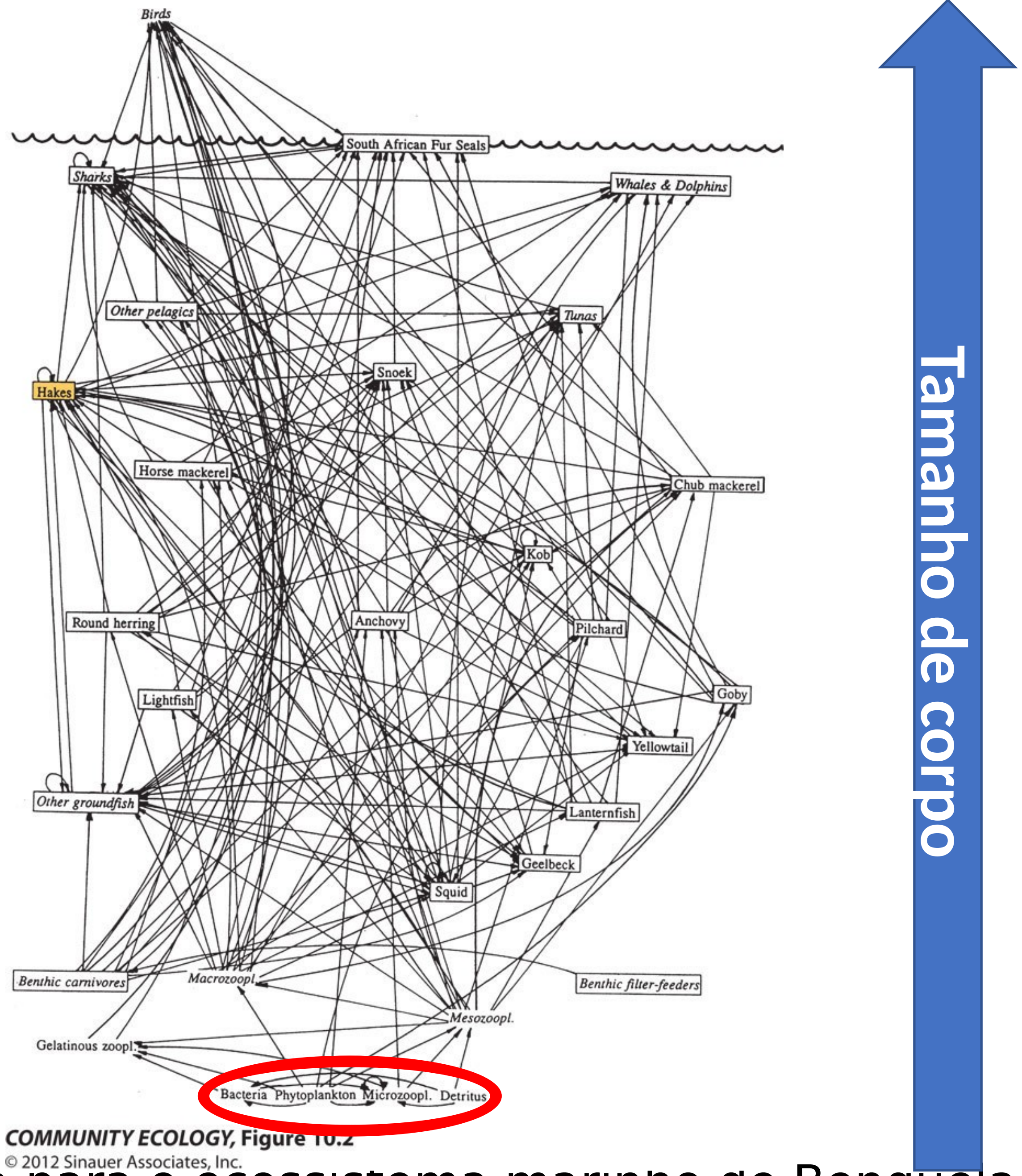
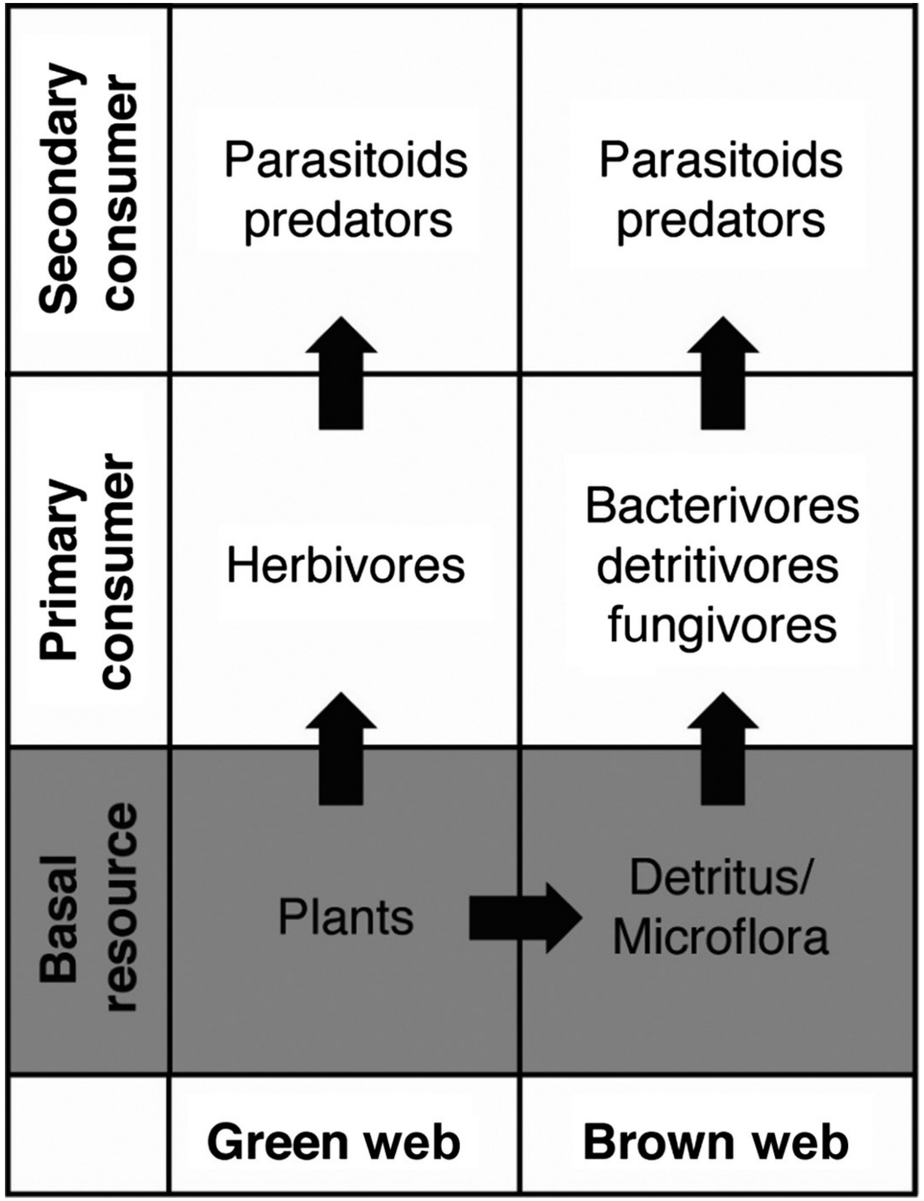


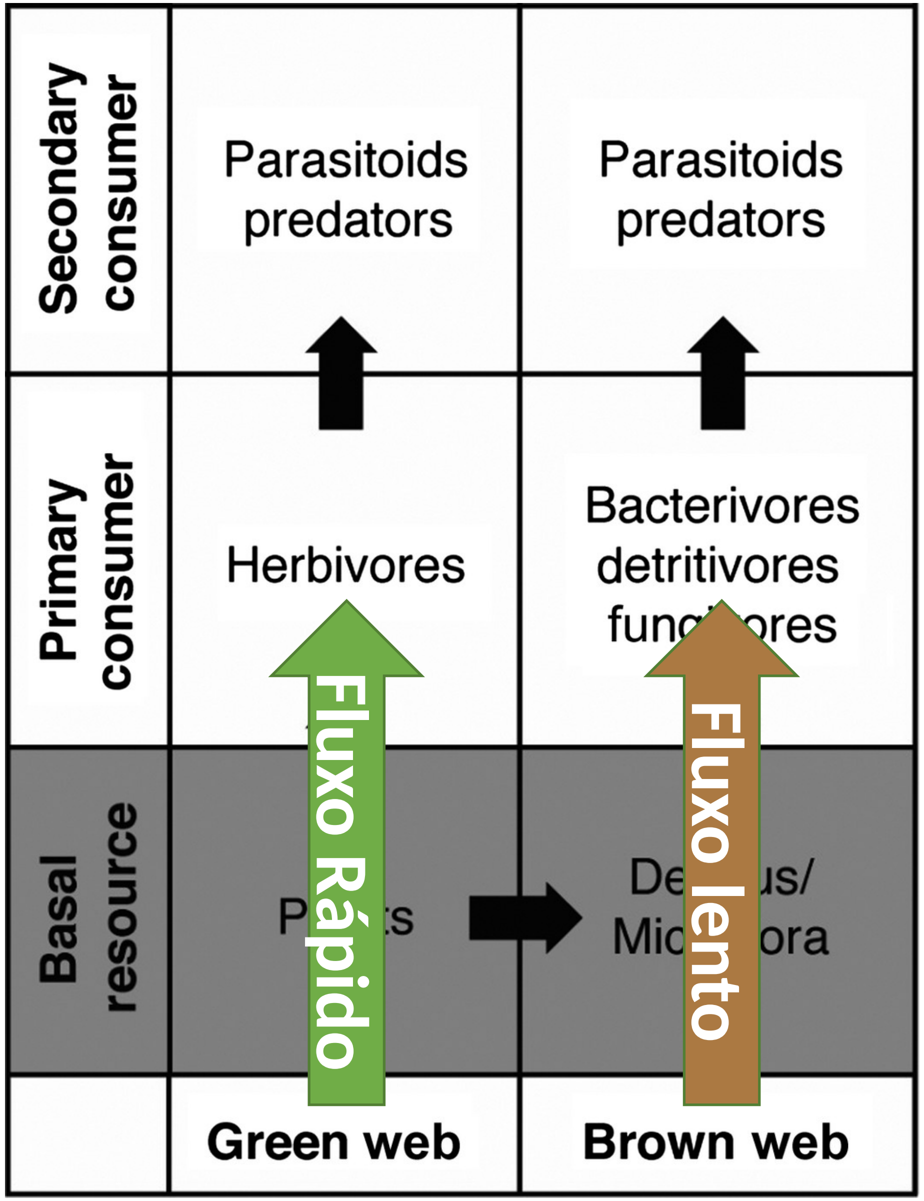
Figure 10.2 Rede trófica para o ecossistema marinho de Benguela na costa da África do Sul

Invasive plants have different effects on trophic structure of green and brown food webs in terrestrial ecosystems: a meta-analysis



Ecology Letters
Volume 19, Issue 3, pages 328-335, 12 JAN 2016 DOI: 10.1111/ele.12562
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ele.12562/full#ele12562-fig-0001

Invasive plants have different effects on trophic structure of green and brown food webs in terrestrial ecosystems: a meta-analysis



Ecology Letters
Volume 19, Issue 3, pages 328-335, 12 JAN 2016 DOI: 10.1111/ele.12562
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ele.12562/full#ele12562-fig-0001

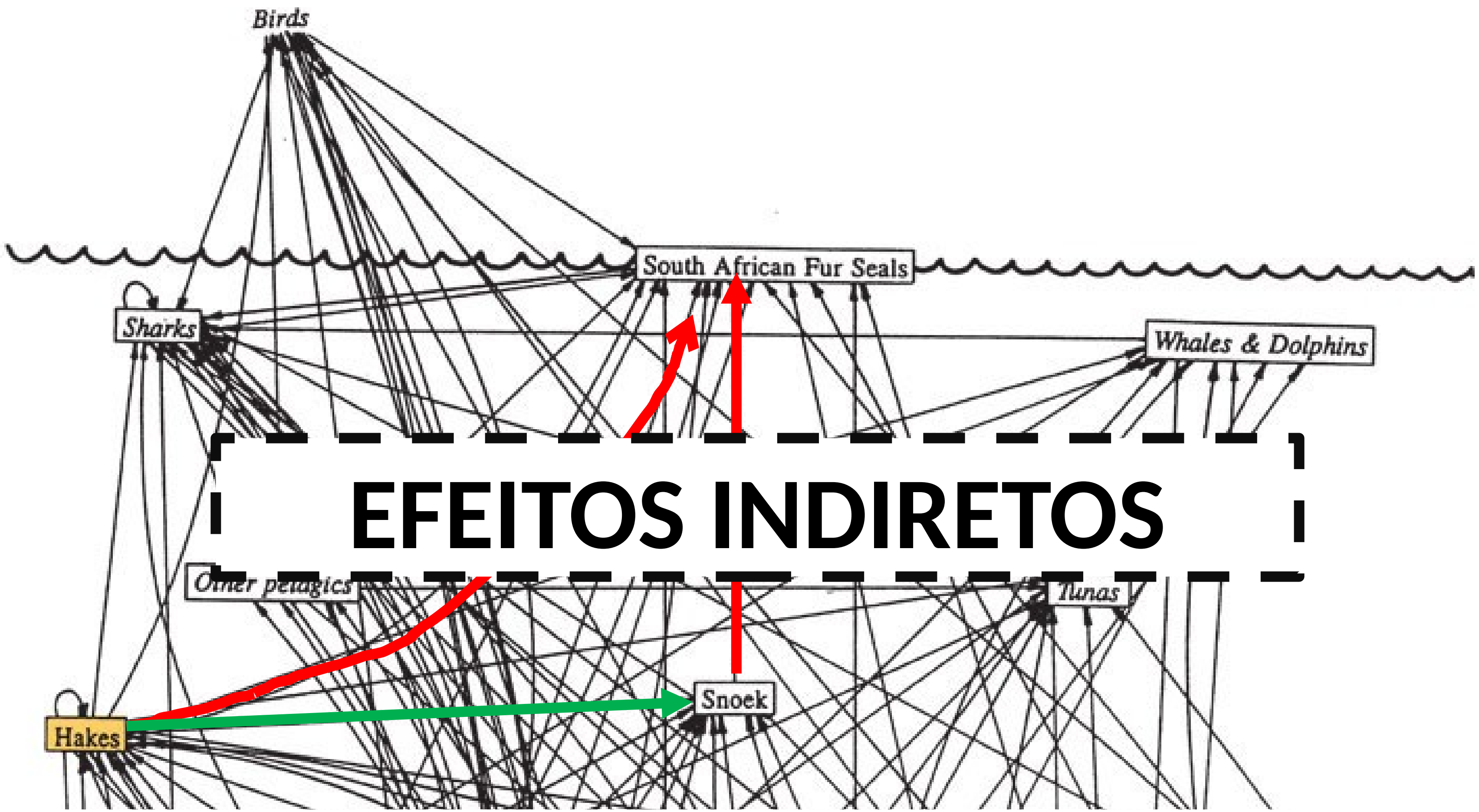
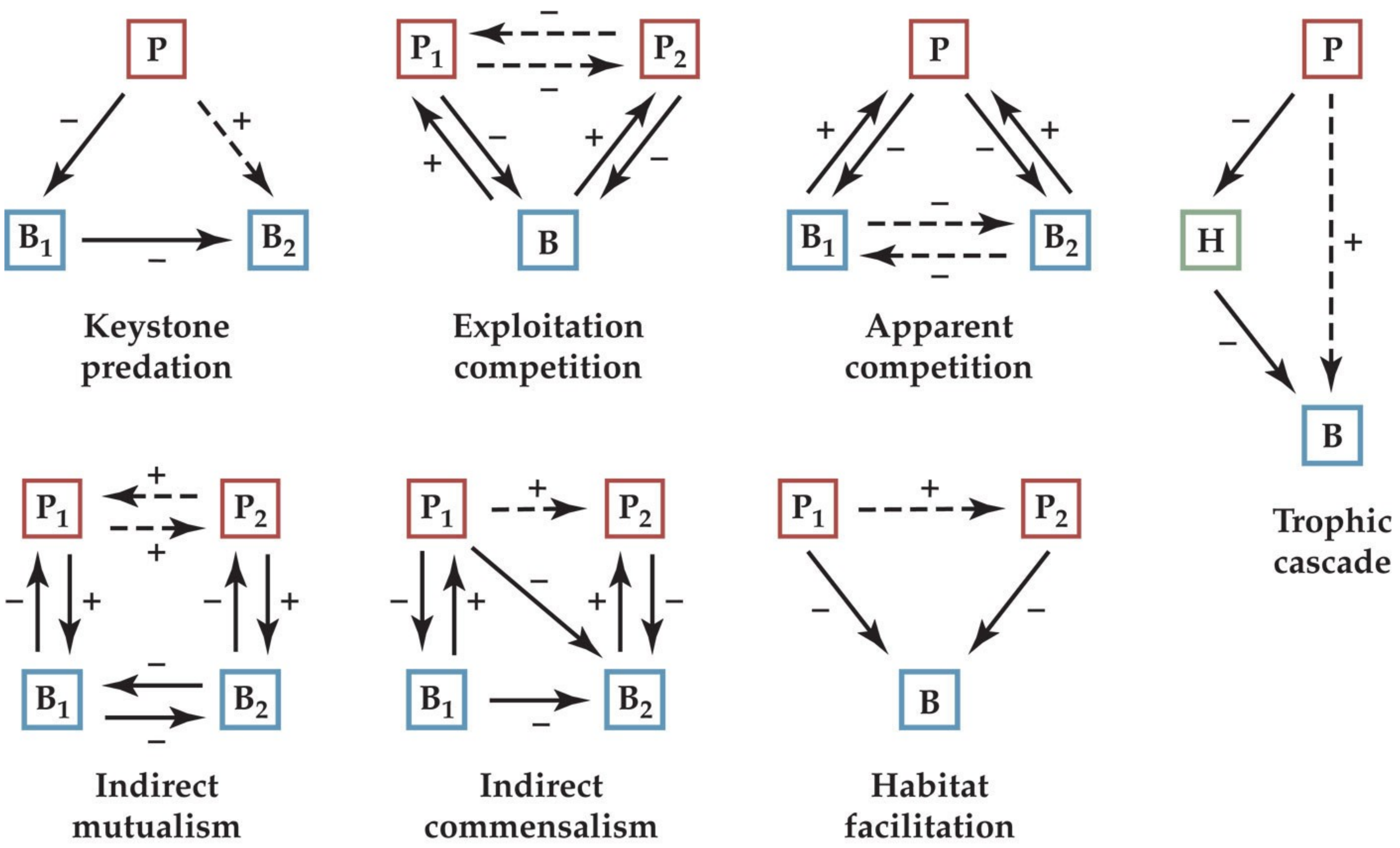


Figure 10.2 Rede trófica para o ecossistema marinho de Benguela na costa da África do Sul

Figure 10.13 Modelos de 7 tipos de efeitos indiretos



COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.13

Efeitos indiretos em redes ecológicas

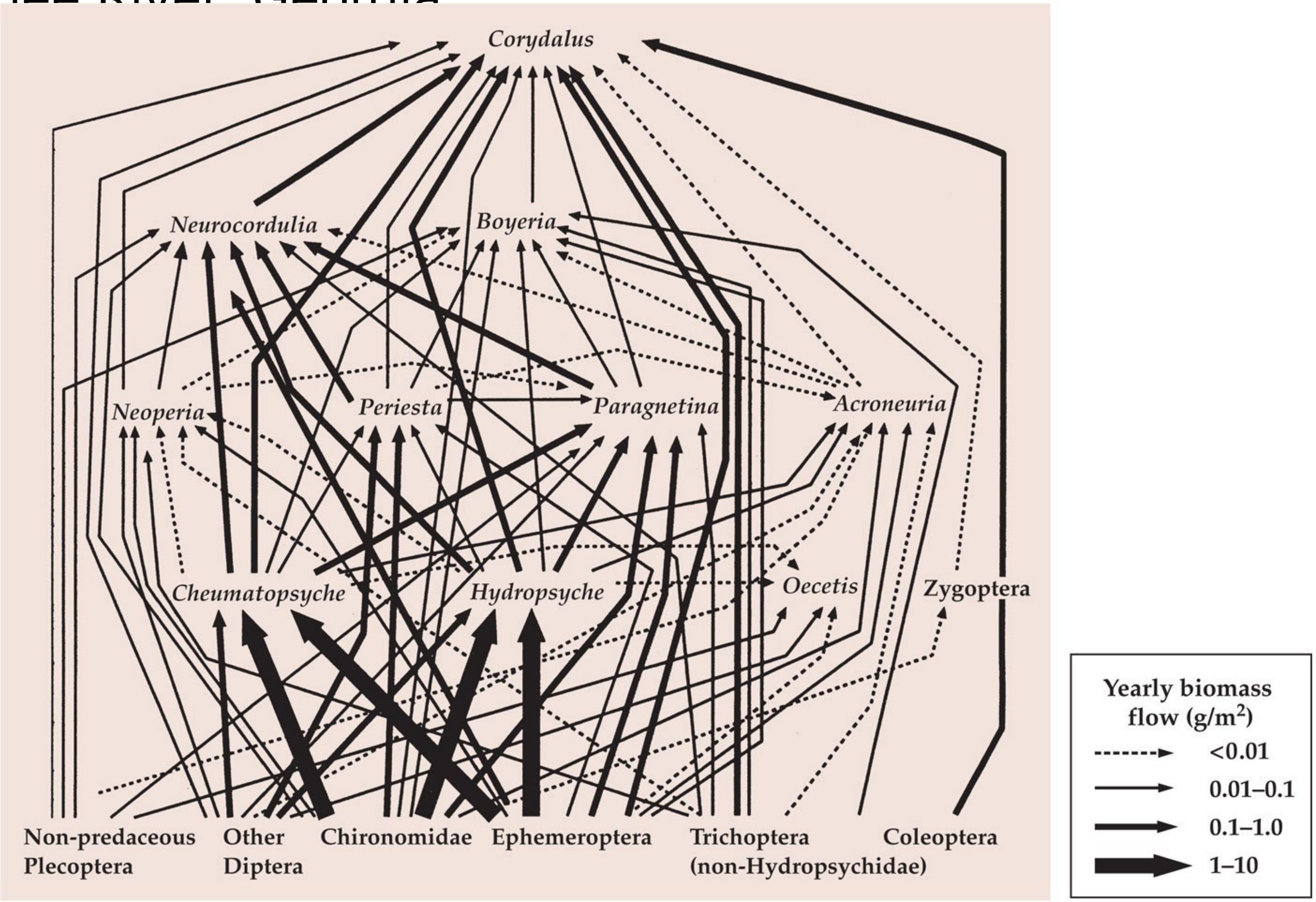
- Definição: uma espécie afeta uma outra espécie por meio de uma mudança numa terceira espécie
- Podem ser mediados por atributos/fenótipos (trait-mediated) ou por densidade (density-mediated)
    - Fenótipo = alteração no comportamento
- Relativamente comum em redes
- Efeitos diretos e indiretos têm magnitudes similares, ao menos em comunidades de entremarés
- Podem gerar resultados contraintuitivos

Redes de fluxo de energia

- Mede a quantidade de energia (em termos de biomassa) se movendo entre espécies numa rede trófica

- Podem ser preditor ruim do *impacto* que uma espécie em particular ou grupo de espécies podem ter numa rede trófica

Figure 10.4 Rede de fluxo de energia para os os maiores invertebrados predadores vivendo em restos de madeira no Ogeechee River, Georgia

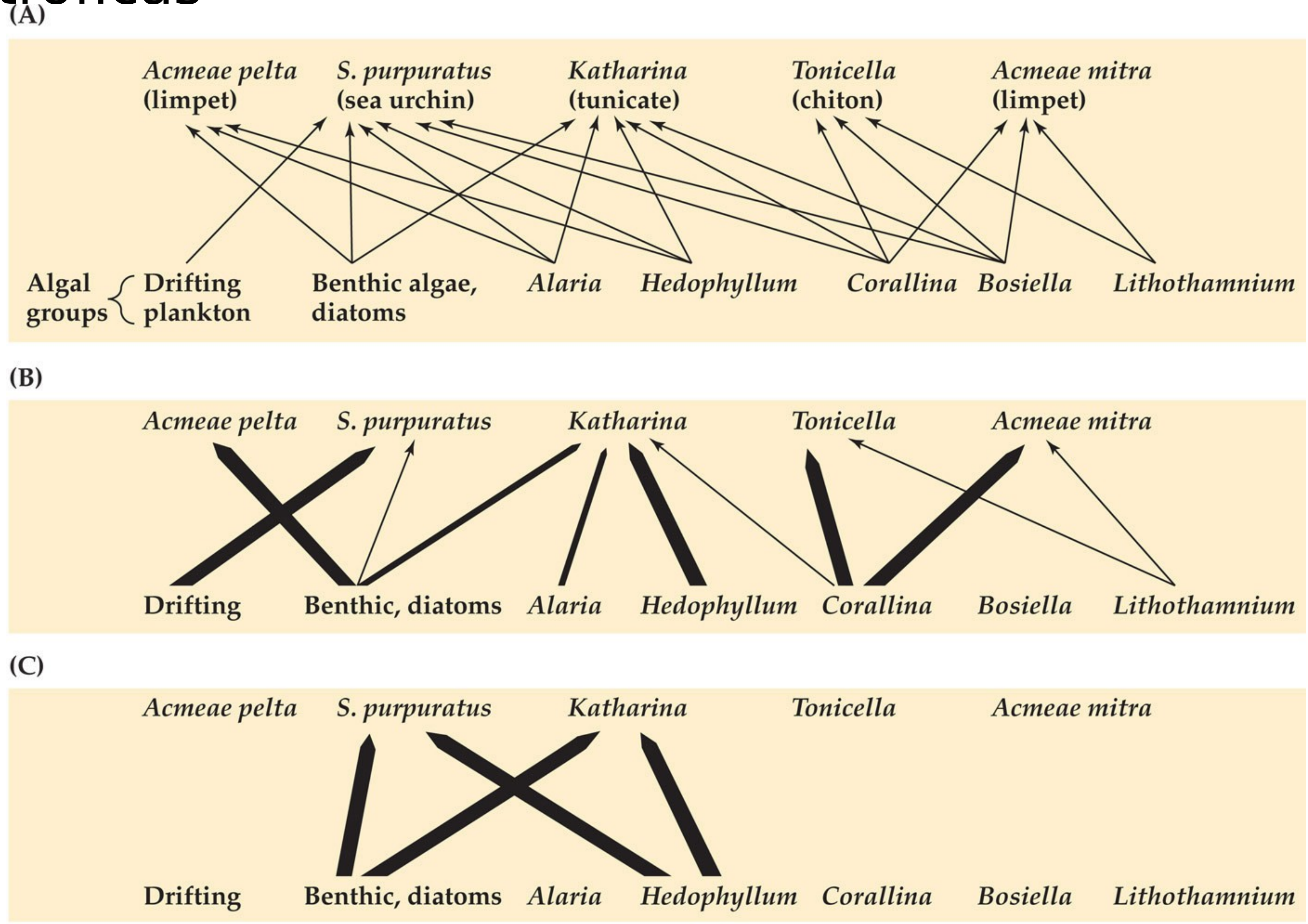


COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.4

Redes funcionais (ou de interação)

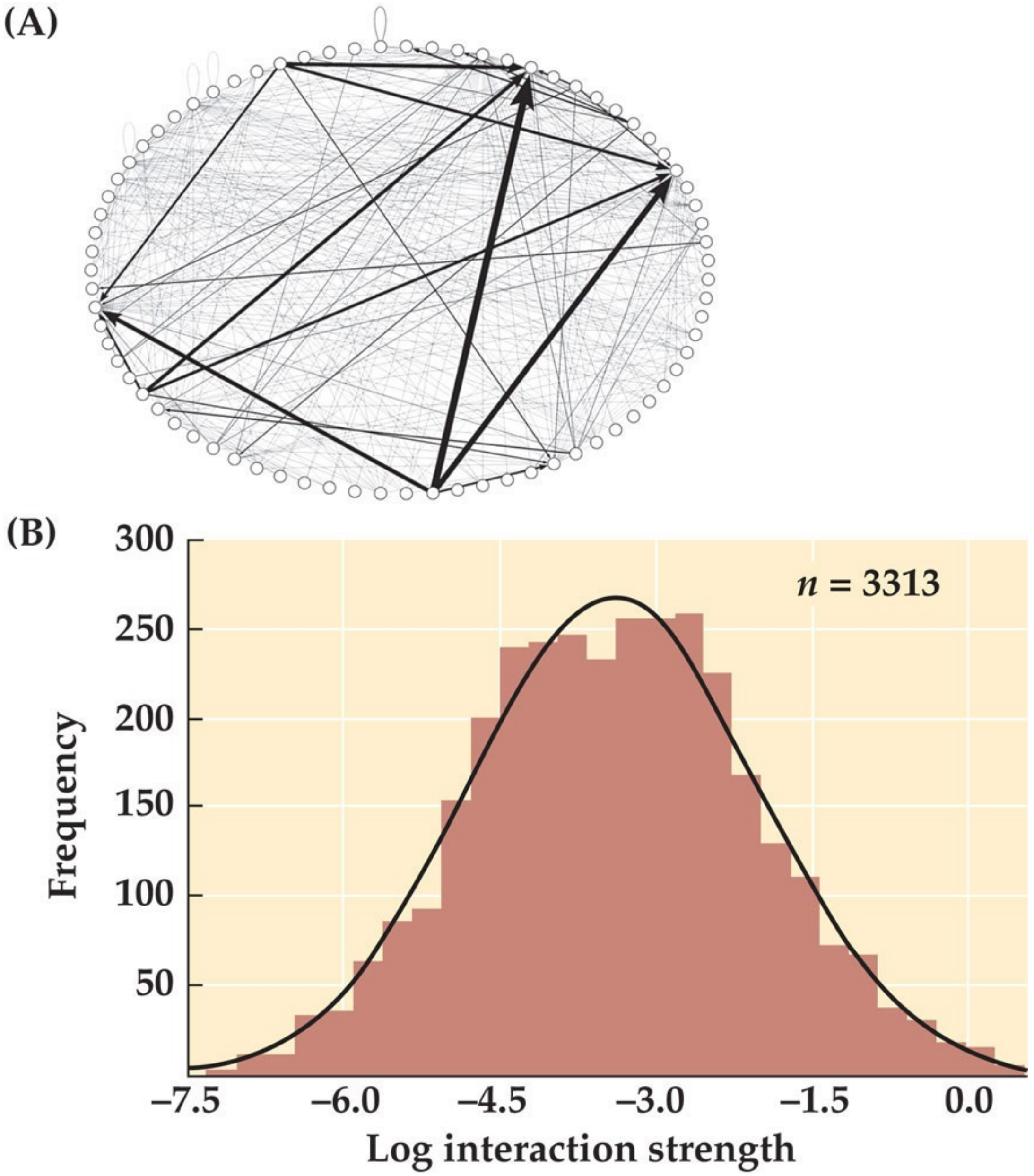
- Demonstra a **Força de interação** entre espécies numa comunidade, reconhecendo que nem todas as interações e espécies são igualmente importantes
- Experimentos de remoção de espécies e analisando as respostas das espécies restantes
- Paine (1992): poucas interações fortes inseridas numa maioria com efeitos negligenciáveis
- No entanto, interações fracas podem ser uma poderosa força estabilizadora em redes tróficas

Figure 10.3 Três abordagens diferentes para construir teias tróficas



COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.3

Figure 10.6 Variação na força de interação numa rede trófica real

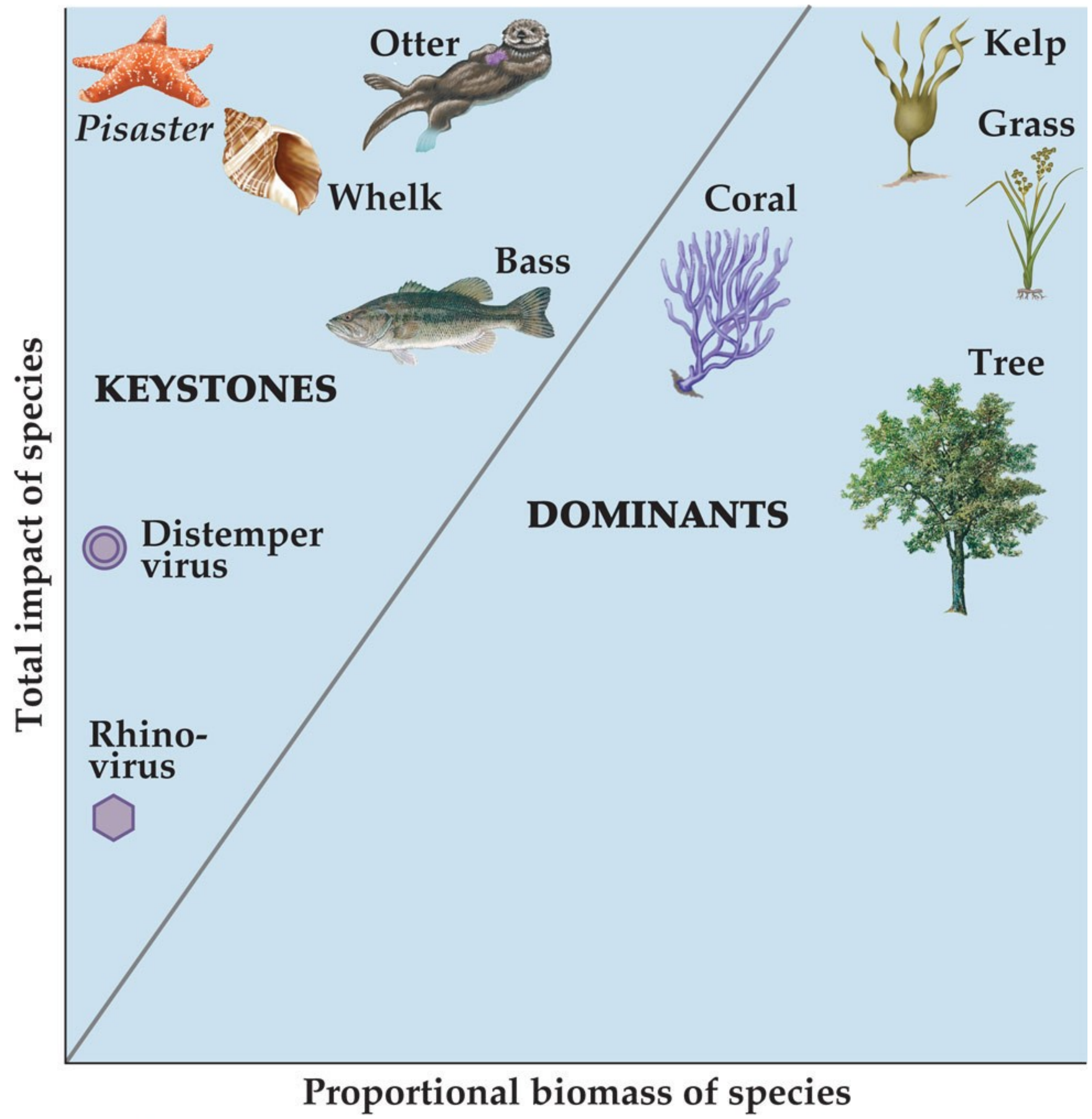


COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.6

Food Webs

Kevin S. McCann

MONOGRAPHS IN POPULATION BIOLOGY • 50



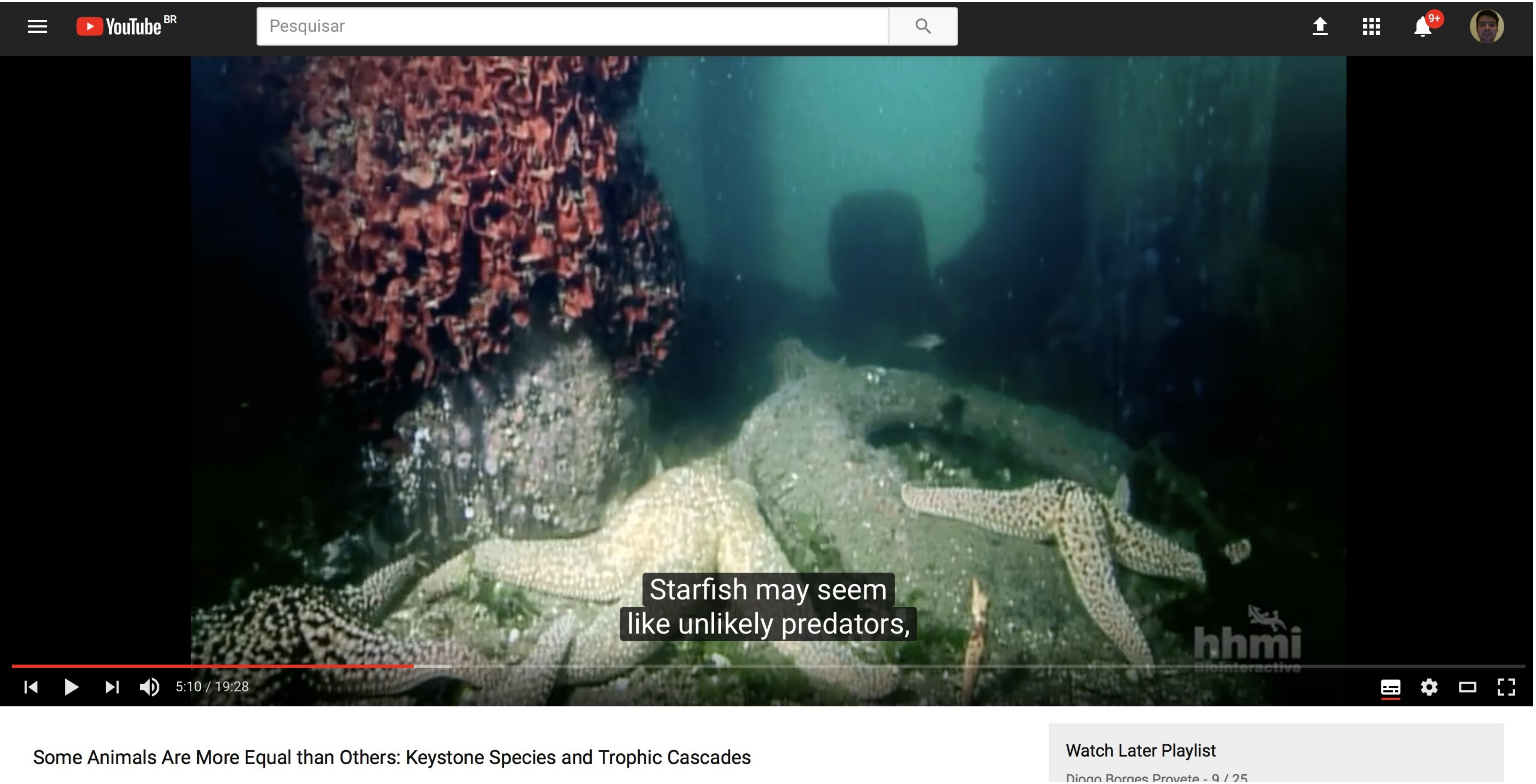
***COMMUNITY ECOLOGY,* Figure 10.7**

Poucas interações fortes são consistentes com a existência de *espécies chave*

Challenges in the Quest for Keystones

Identifying keystone species is difficult — but essential to understanding bow loss of species will affect ecosystems

Mary E. Power, David Tilman, James A. Estes, Bruce A. Menge, William J. Bond, L. Scott Mills, Gretchen Daily, Juan Carlos Castilla, Jane Lubchenco, and Robert T. Paine



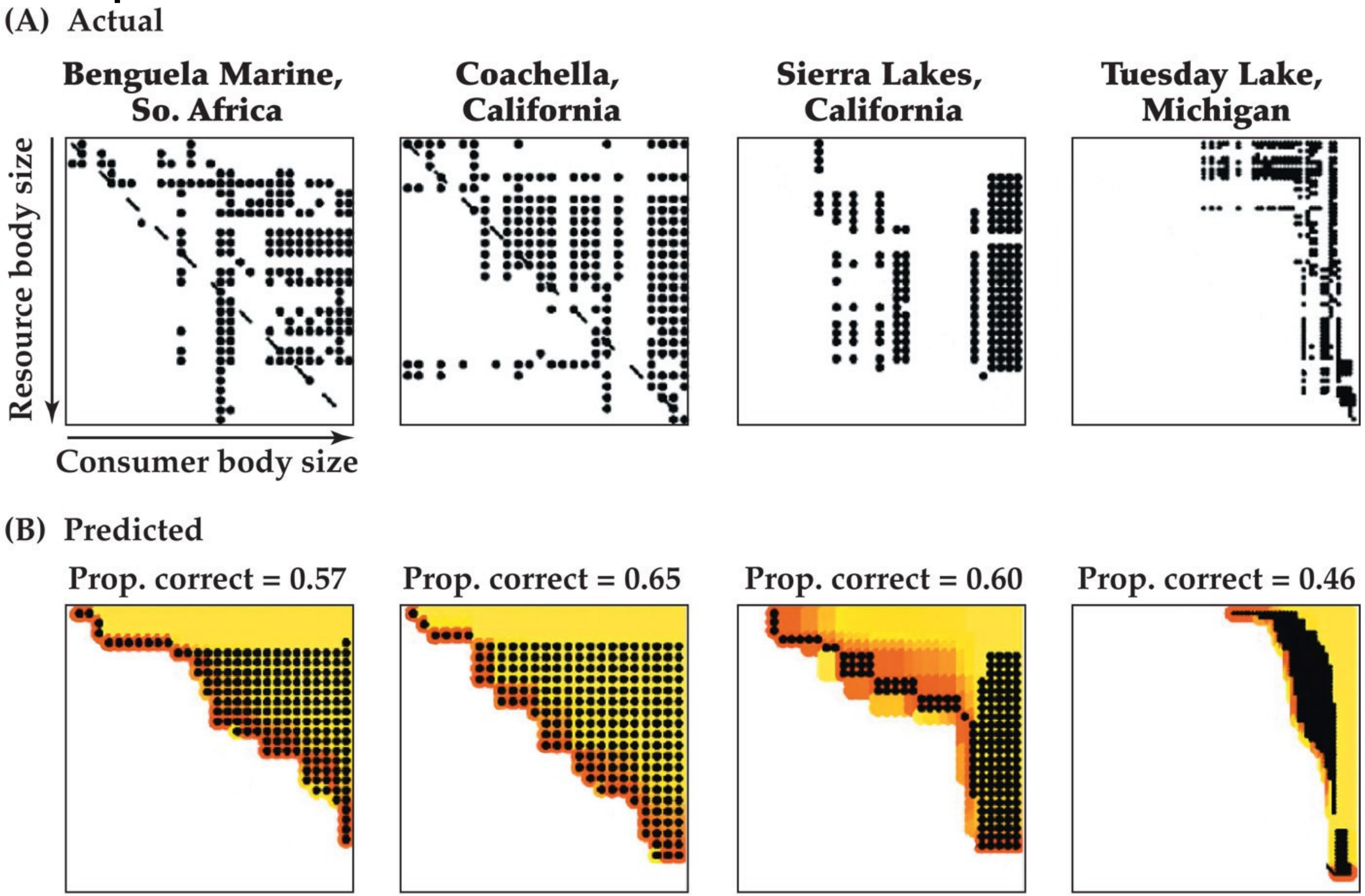
https://youtu.be/hRGg5it5FMI

...mas quais os padrões gerais que emergem de teias tróficas

Atributos são a chave!

- Tamanho do corpo é um ótimo atributo para caracterizar força de interação
- Atributos de influenciam interação entre espécies escalonam com o tamanho do corpo (e.g., taxa metabólica, velocidade de movimento, taxa de encontro, tempo de manuseio)
- Modelos que incorporam tamanho da presa, conteúdo energético da presa, e tempo de manuseio predizem o número de ligações tróficas em redes

Figure 10.9 Relações de forrageamento baseadas no tamanho predizem a estrutura da teia trófica

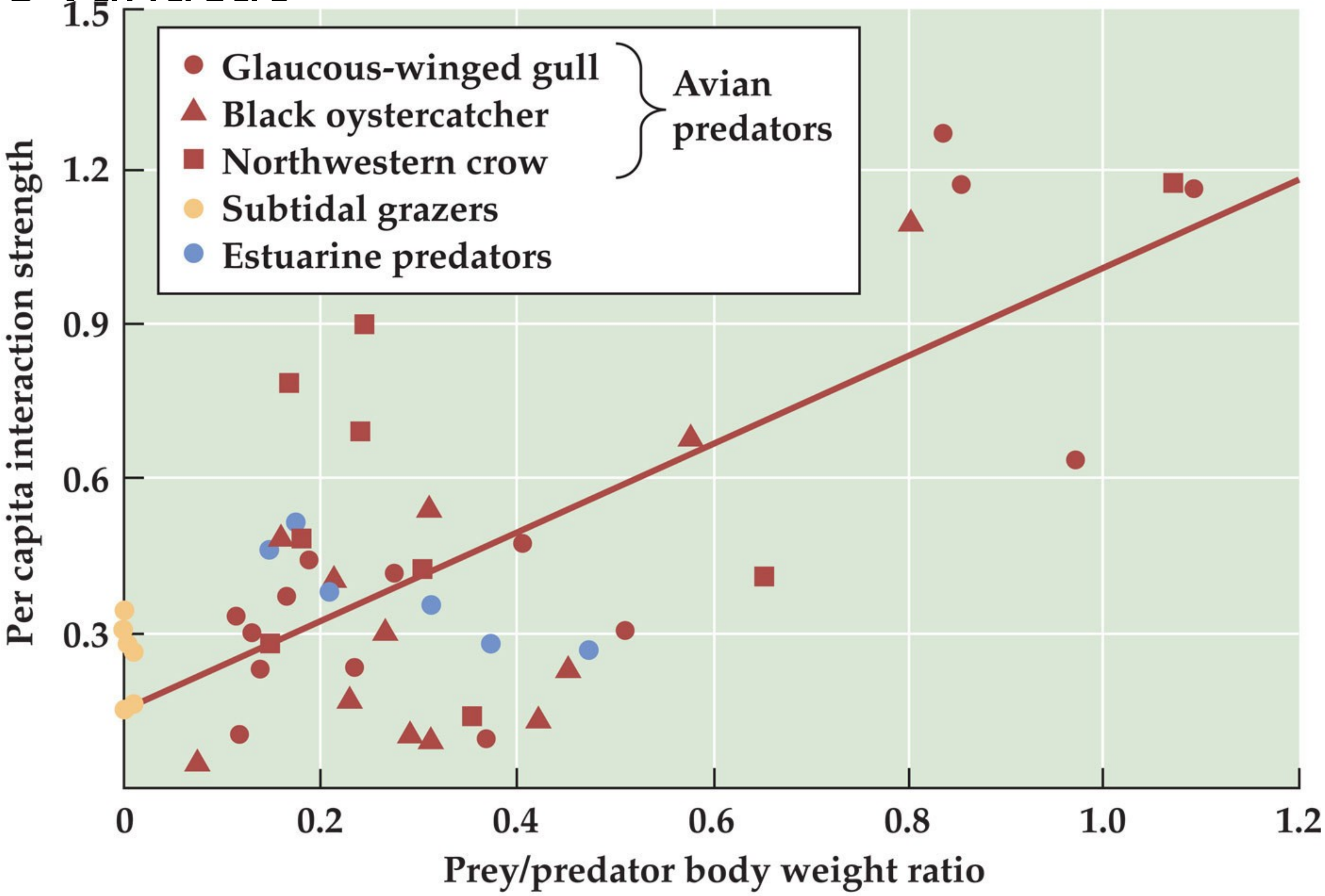


COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.9

Atributos são a chave!

- Tamanho do corpo é um ótimo atributo para caracterizar força de interação
- Atributos de influenciam interação entre espécies escalonam com o tamanho do corpo (e.g., taxa metabólica, velocidade de movimento, taxa de encontro, tempo de manuseio)
- Modelos que incorporam tamanho da presa, conteúdo energético da presa, e tempo de manuseio predizem o número de ligações tróficas em redes
- Tamanho de corpo de presas e predadores = força de interação?

Figure 10.10 Força de interação per capita aumenta com a razão de massa corpórea predador-presa...mas há grande variacão

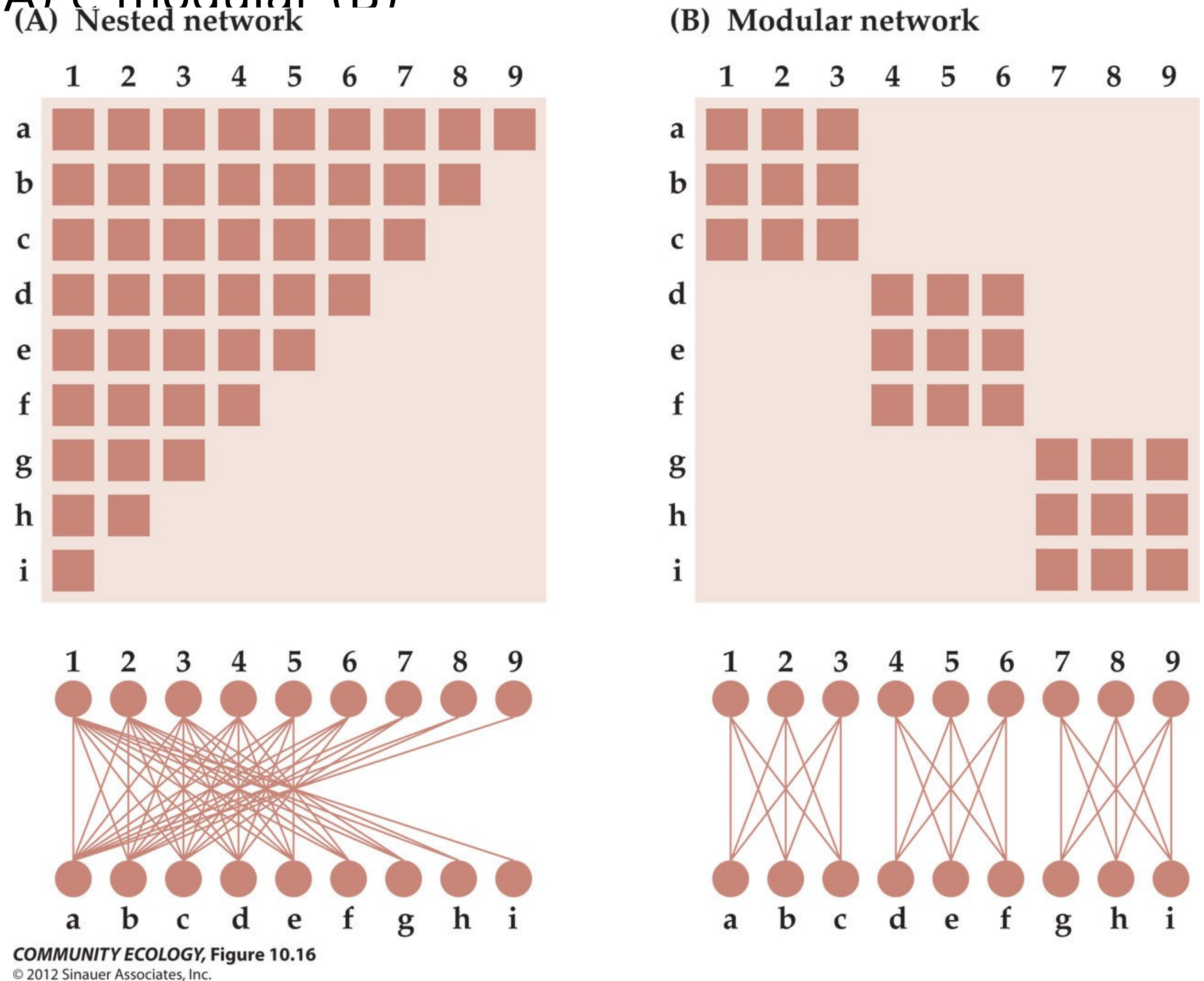


COMMUNITY ECOLOGY, Figure 10.10

Redes bipartidas

- Usada para descrever relações mutualísticas, parasitas-hospedeiro, parasitóide-hospedeiro
  - Polinização, dispersão de sementes
- Principais características
  - Alta conectância (Nº observado de ligações/possíveis)
  - Alto aninhamento (especialistas interagem com generalistas, subconjunto)
  - Baixa modularidade (grupos de espécies que interagem entre si, mas não com outras)

Figure 10.16 Representação esquemática de uma rede bipartida aninhada (A) e modular (B)



Padrões em redes bipartidas

- Aninhamento é comum em redes de polinização, dispersão de sementes, e organismos limpadores
- **Estabilidade aumenta** à medida que aumenta o **aninhamento** e conectância em redes **mutualísticas**, enquanto **modularidade** aumentou estabilidade em **redes tróficas**
- Cada tipo de rede desenvolve estrutura de maneira a promover estabilidade

nature COMMUNICATIONS

ARTICLE

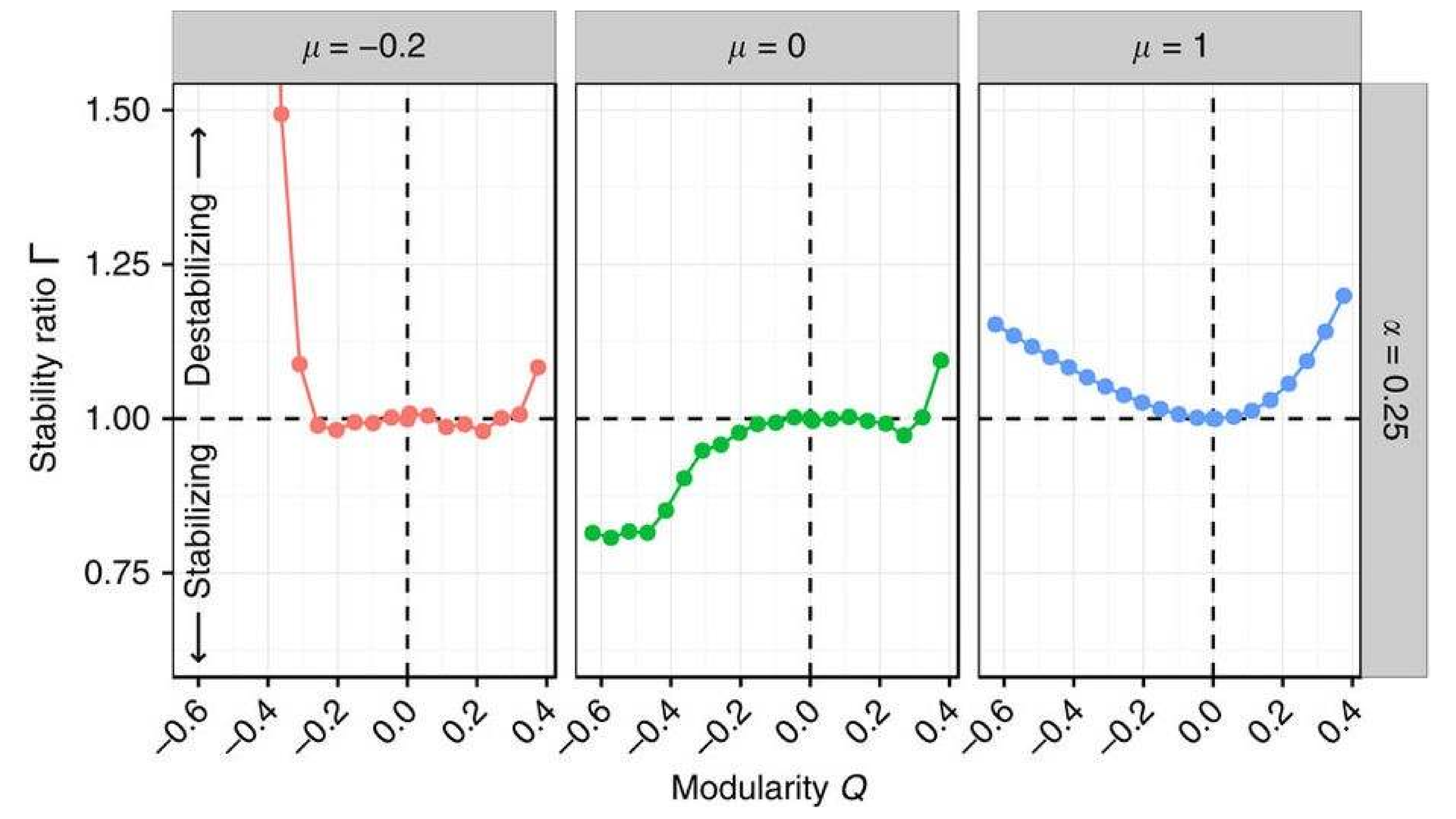
Received 16 Sep 2015 | Accepted 23 May 2016 | Published 23 Jun 2016

DOI: 10.1038/ncomms12031 OPEN

Modularity and stability in ecological communities

Jacopo Grilli[1], Tim Rogers[2] & Stefano Allesina[1,3,4]

Modularidade pode estabilizar moderadamente redes ecológicas em relação a alguns parâmetros, enquanto anti-modularidade pode grandemente desestabilizá-las



μ = −0.2
μ = 0
μ = 1
α = 0.25
Stability ratio Γ
Destabilizing
Stabilizing
1.50
1.25
1.00
0.75
−0.6
−0.4
−0.2
0.0
0.2
0.4
Modularity Q

Complexidade vs. Estabilidade

O que é estabilidade?

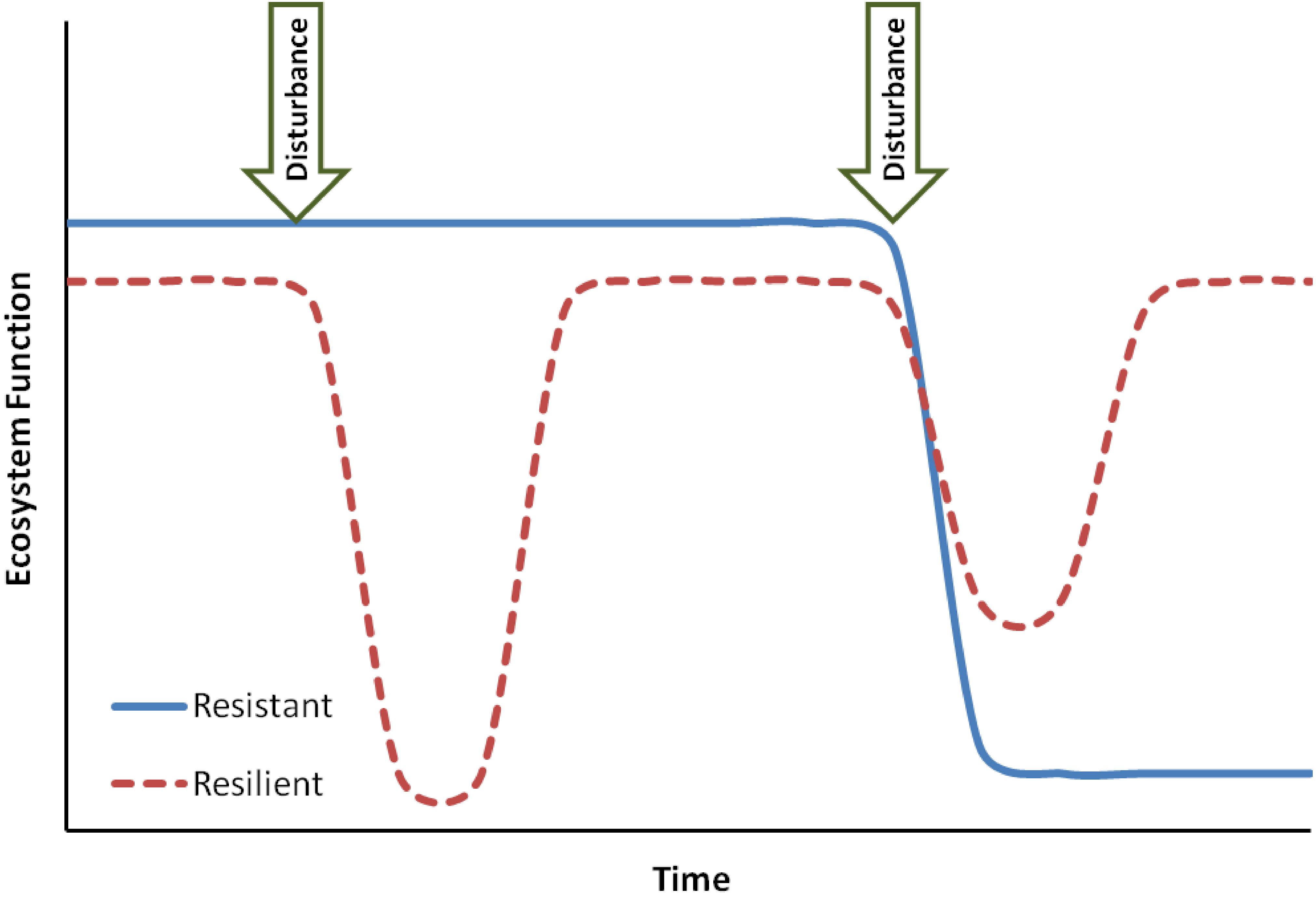
Complexidade vs. Estabilidade

O que é estabilidade?

Resiliência

Resistência


MUSE
THE RESISTANCE


Disturbance
Disturbance
Ecosystem Function
Resistant
Resilient
Time

Conceitos

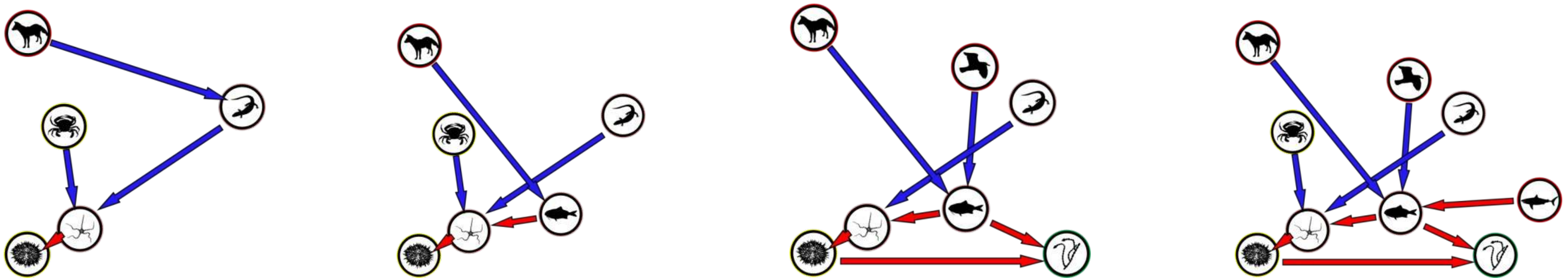
- **Estabilidade**: capacidade de uma comunidade em *manter* uma estrutura específica após um distúrbio/perturbação
  - **Resistência**: o *quanto* uma comunidade muda quando é afetada por algum distúrbio
  - **Resiliência**: o *tempo* que uma comunidade leva para retornar ao estado original depois de perturbada

Mas que diabos isso tem a ver com redes ecológicas?

Relação complexidade-estabilidade

Quanto **maior número de rotas de energia** passando através da comunidade, **menos provavelmente as densidades das espécies** constituintes **mudariam em resposta** a um aumento ou diminuição **anormais** na densidade de uma dessas espécies (MacArthur 1955).

Complexidade (aumento da conectância)



REDES ECOLÓGICAS COMPLEXAS
SUA LINDA!
Model of the food web in Little Rock Lake, Wisconsin
www.foodwebs.org
imgflip.com

Table 1. Ecological network metric summary and classification.

Sub.discipline	Level	Metric	Concept	References
General	W	Density	The proportion of possible edges that are actually associated with nodes; called Connectance in Food-web ecology	
General	N	Centrality	Multiple ways to characterize the relative importance of nodes	Wasserman and Faust (1994)
General	N	Degree	Number of edges connected to a given node, which is a type of local centrality	
General	N	Eigenvector centrality	Global centrality metric based on number of walks that travel through a node	Bonacich (1987)
General	W	Centrality distribution	Shape of the frequency distribution of edges among nodes	Barabási and Albert (1999); Dunne et al. (2002)
General	W	Centralization	The concentration (vs. evenness) of centrality among the nodes	Freeman (1979)
General	W	Graph diameter	The longest path between any two nodes in a graph	Barabási et al. (2000); Urban and Keitt (2001)
General	W	Modularity	Degree to which edges are distributed within rather than between distinct sets of nodes	Newman (2010)
General	G	Motifs	Small sets of nudes with similar distributions of edges	Milo et al. (2002)
General	W	Link density	Average number of edges per node	Martinez (1992)
Community	N	Temperature	Measures the nestedness of a bipartite network	Ulrich and Gotelli (2007)
Community	W	Co-occurrence	Degree of overlapping spatial or temporal distributions of species relative to a null model	Gotelli (2000)
Community	N	Indicator species	The degree to which the abundance of a taxonomic group responds to an environmental gradient	
Community	W	Nestedness	The degree to which interactions can be arranged into subsets of the larger community	
Community	W	Evenness	Deviation of the distribution of observed abundances relative to an even distribution among taxonomic groups in a community	
Community	W	Diversity	Distribution of abundances among taxonomic groups in an observed community	
Community	W	Richness	The number of taxonomic groups in a community	
Community	W	Stability	The change in the abundances of taxonomic groups across a set of observations	

Lau et al. 2017 Ecosphere

Table 1. Ecological network metric summary and classification.

Sub.discipline	Level	Metric	Concept	References
General	W	Density	The proportion of possible edges that are actually associated with nodes; called Connectance in Food-web ecology	
General	N	Centrality	Multiple ways to characterize the relative importance of nodes	Wasserman and Faust (1994)
General	N	Degree	Number of edges connected to a given node, which is a type of local centrality	
General	N	Eigenvector centrality	Global centrality metric based on number of walks that travel through a node	Bonacich (1987)
General	W	Centrality distribution	Shape of the frequency distribution of edges among nodes	Barabási and Albert (1999); Dunne et al. (2002)
General	W	Centralization	The concentration (vs. evenness) of centrality among the nodes	Freeman (1979)
General	W	Graph diameter	The longest path between any two nodes in a graph	Barabási et al. (2000); Urban and Keitt (2001)
General	W	Modularity	Degree to which edges are distributed within rather than between distinct sets of nodes	Newman (2010)
General	G	Motifs	Small sets of nudes with similar distributions of edges	Milo et al. (2002)
General	W	Link density	Average number of edges per node	Martinez (1992)
Community	N	Temperature	Measures the nestedness of a bipartite network	Ulrich and Gotelli (2007)
Community	W	Co-occurrence	Degree of overlapping spatial or temporal distributions of species relative to a null model	Gotelli (2000)
Community	N	Indicator species	The degree to which the abundance of a taxonomic group responds to an environmental gradient	
Community	W	Nestedness	The degree to which interactions can be arranged into subsets of the larger community	
Community	W	Evenness	Deviation of the distribution of observed abundances relative to an even distribution among taxonomic groups in a community	
Community	W	Diversity	Distribution of abundances among taxonomic groups in an observed community	
Community	W	Richness	The number of taxonomic groups in a community	
Community	W	Stability	The change in the abundances of taxonomic groups across a set of observations	

Lau et al. 2017 Ecosphere

			observations	
Food-web	N	Removal importance	The degree to which removal of a compartment or species produces subsequent removals in the ecosystem	Borrvall et al. (2000); Dunne et al. (2002); Eklöf and Ebenman (2006); Solé and Montoya (2001)
General	N	Connectance	Proportion of realized out of possible edges	Pimm (1982); Vermaat et al. (2009)
Food-web	G	Food-chain length	The number of feeding relationships among a set of compartments in a food-web	Post et al. (2000); Ulanowicz et al. (2014)
Ecosystem	W	Finn cycling index	Degree to which matter or energy passes through the same set of compartments	Finn (1980)

Lau et al. 2017 Ecosphere

(Table 1. *Continued*)

Sub.discipline	Level	Metric	Concept	References
Ecosystem	G	Environ	The sub-network of the probability of movement of energy or matter among compartments generated by a single unit of input (output) into a selected node	Patten (1978); Patten and Auble (1981)
Ecosystem	N	Throughflow	Amount of energy or matter passing into or out of a node	Finn (1976)
Ecosystem	N	Throughflow centrality	The proportion of energy or matter that passes through a given compartment in an ecosystem	Borrett (2013)
General	G	Chain length	Number of edges between two nodes in a group	
Food-web	G	Average path length	The average number of times a unit of matter or energy travels from one compartment to another before exiting the ecosystem	Finn (1976)
Ecosystem	W	Pathway proliferation	Rate of increase in the number of edges between nodes with increasing path length	Borrett et al. (2007)
Ecosystem	W	Ascendency	Measures the average similarity in matter or energy flows among compartments in an ecosystem	Ulanowicz (1986)
Food-web	N	Trophic level	Ordinal classification of a compartment or taxonomic group based on the relative position in the ecosystem	Allesina and Pascual (2009); Fath (2004); Williams et al. (2002)

Notes: Level indicates the hierarchy of the metric (W, Whole network; G, Group or sub-network; N, Node). The Sub-disciplines include "General" network theory, "Community" ecology, "Food-web" and "Ecosystem" ecology. Also available at https://figshare.com/s/1bf1a7e0a6ee3ac97a4b.

Lau et al. 2017 Ecosphere

Methods in Ecology and Evolution

British Ecological Society

Methods in Ecology and Evolution 2014, **5,** 1206–1213 doi: 10.1111/2041-210X.12282

APPLICATION

enaR: An R package for Ecosystem Network Analysis

Stuart R. Borrett[1,2]* and Matthew K. Lau[3]†

Histórico de idéias

- Elton (1927) => abundância de espécies flutuava mais em comunidades simples e estas eram mais suscetíveis à invasões.
- MacArthur (1955) => comunidades mais complexas (com mais interações) eram mais estáveis em relação à flutuações ambientais e perda de espécies
- Sir R. May (1973) => comunidades mais diversas são menos estáveis
  - Força de interação era aleatória no modelo!
- McCann (2000) => diferença na força de interação na comunidade estabiliza redes (tampona oscilações populacionais)

Complexidade vs. estabilidade

insight review articles NATURE | VOL 405 | 11 MAY 2000 | www.nature.com

The diversity–stability debate

Kevin Shear McCann

1) Diversidade geralmente aumenta a estabilidade;

Complexidade vs. estabilidade

insight review articles NATURE | VOL 405 | 11 MAY 2000 | www.nature.com

The diversity–stability debate

Kevin Shear McCann

1) Diversidade geralmente aumenta a estabilidade;

2) Esta relação depende de espécies-chave com maior contribuição para os valores de conectância;

Table 1 Definitions of stability

Term	Definition
Definitions of dynamic stability	
Equilibrium stability	A discrete measure that considers a system stable if it returns to its equilibrium after a small perturbation away from the equilibrium. A stable system, therefore, has no variability in the absence of perturbations.
General stability	A measure which assumes that stability increases as the lower limit of population density moves further away from zero. Under non-equilibrium dynamics, such limits to population dynamics generally imply a decrease in population variance (see variability definition below).
Variability	The variance in population densities over time, usually measured as the coefficient in variation. Common in experimental tests of stability.
Definitions of resilience and resistance stability	
Equilibrium resilience	A measure of stability that assumes system stability increases as time required to return to equilibrium decreases after a perturbation. A rapid response means that a system recoils rapidly back to its equilibrium state.
General resilience	A measure of stability that assumes system stability increases as return time to the equilibrium/non-equilibrium solution decreases after a perturbation. A rapid response means that a system recoils rapidly back to its equilibrium/non-equilibrium state.
Resistance	A measure of the degree to which a variable changes after a perturbation. Frequently used as a discrete measure that assesses a community's ability to resist invasion (that is, if an invader fails, the community resists invasion).

Histórico de idéias

- Diversidade pode promover estabilidade se o número de interações tróficas fracas aumenta com a diversidade
- Modularidade aumenta persistência de teias tróficas por tamponar perturbações de extinções locais de espécies

ECOLOGY LETTERS

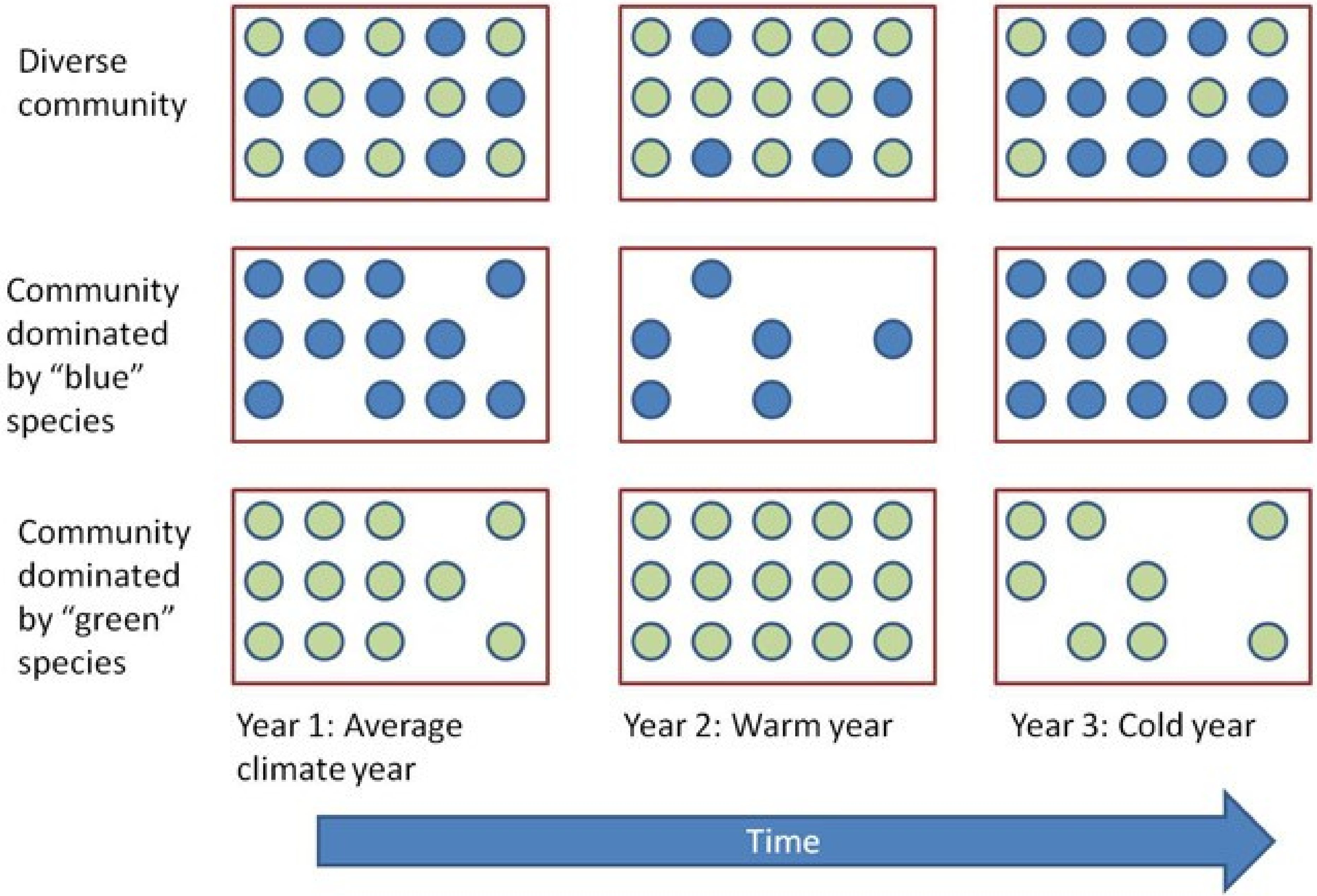
Ecology Letters, (2013) **16**: 106–115 doi: 10.1111/ele.12073

IDEA AND PERSPECTIVE

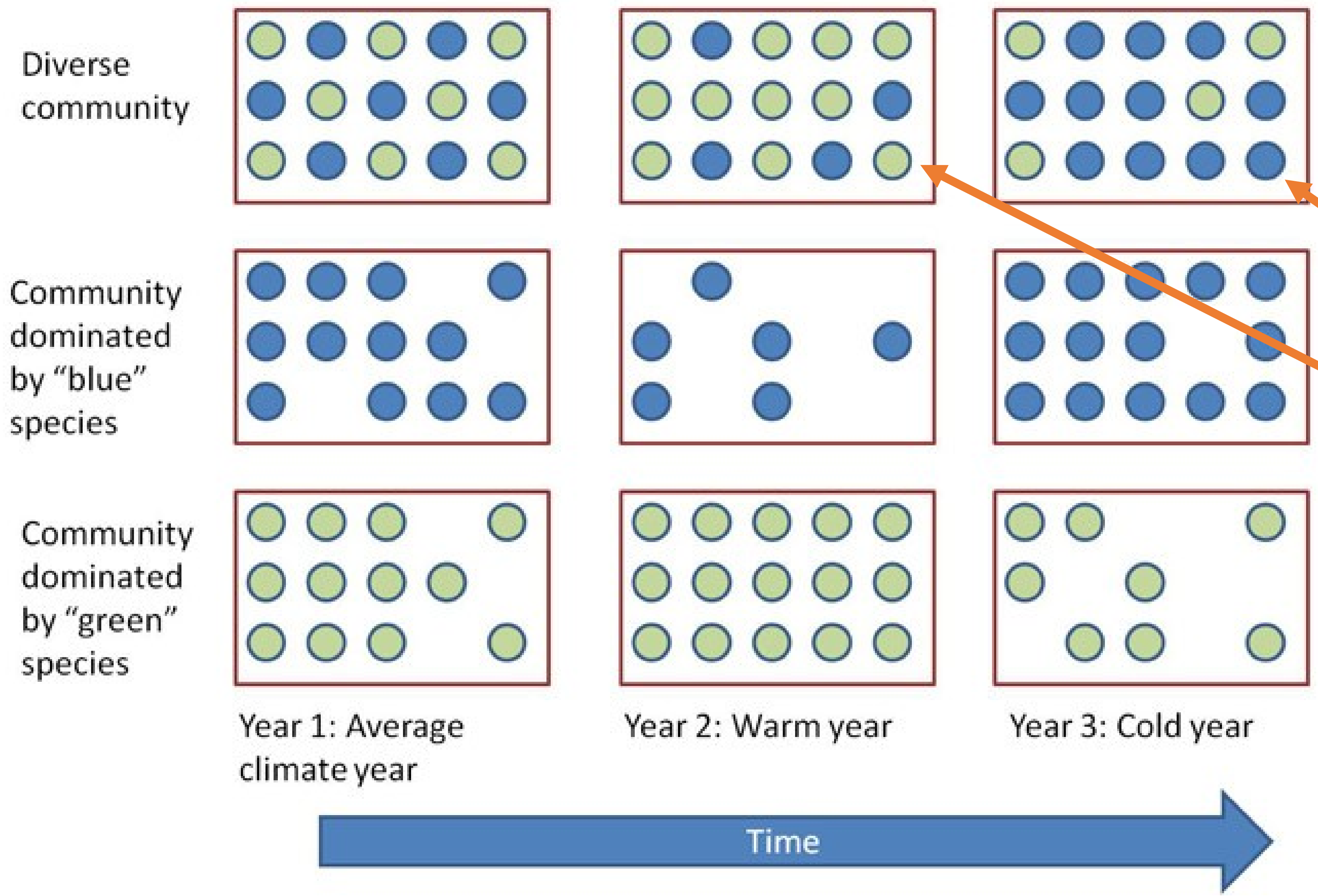
Biodiversity and ecosystem stability: a synthesis of underlying mechanisms

Michel Loreau[1]* and Claire de Mazancourt

1) Assincronia na resposta de espécies à flutuações ambientais;
(2) diferenças na velocidade com a qual espécies respondem à perturbações;
(3) redução da intensidade de competição.

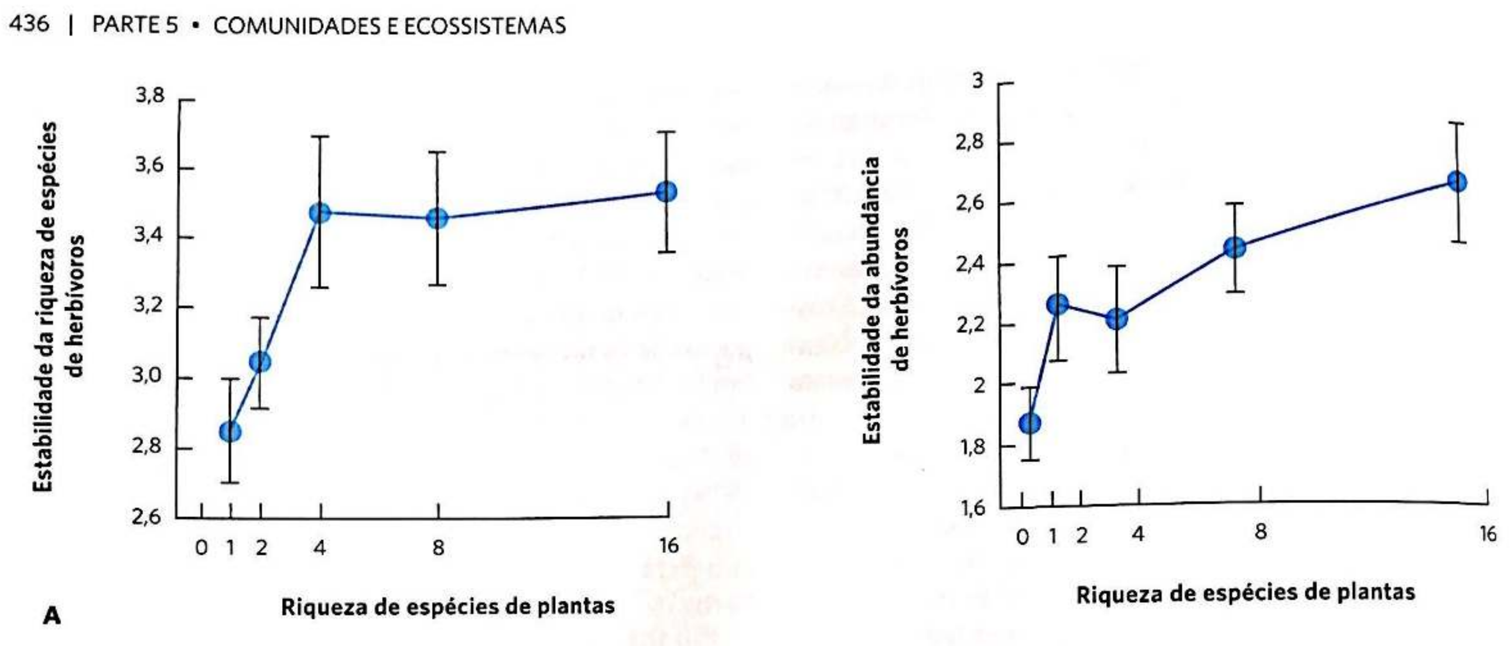


https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/biodiversity-and-ecosystem-stability-17059965



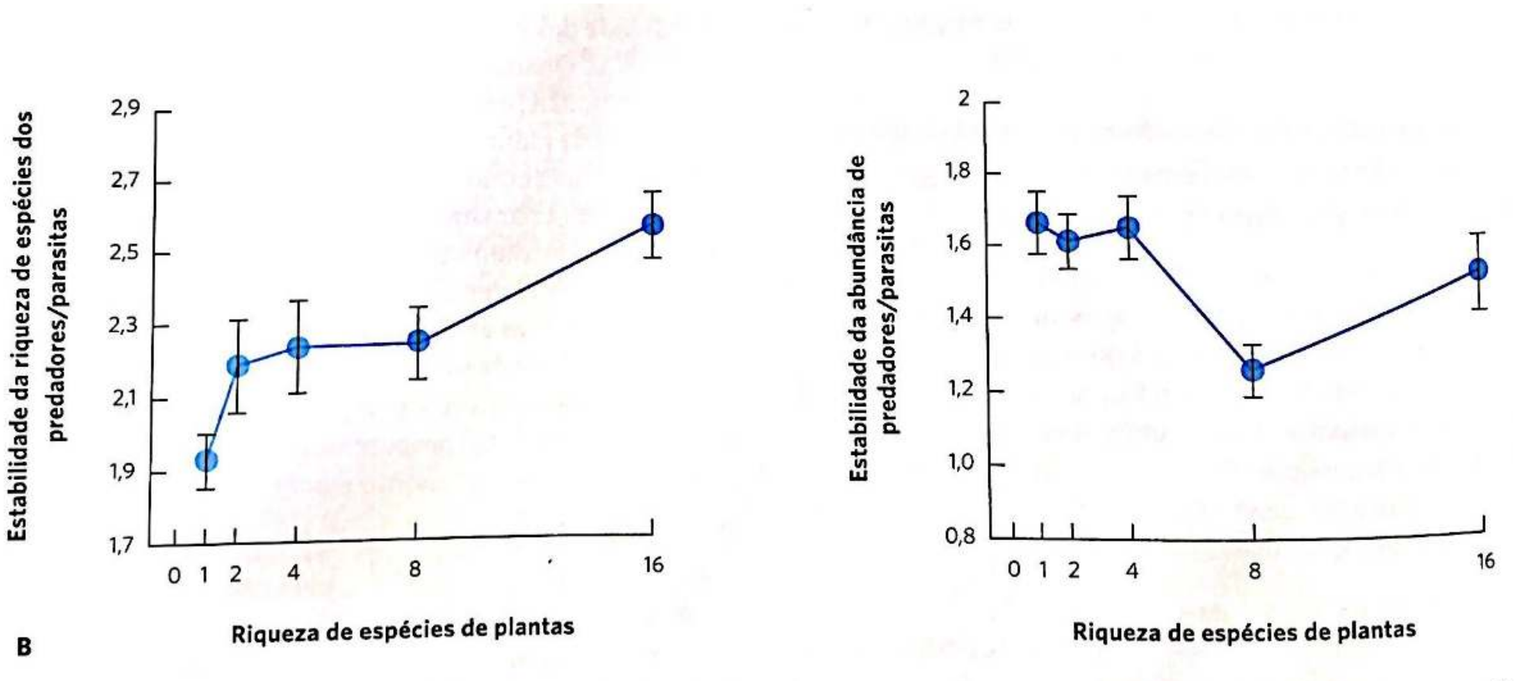
A diminuição em abundância de uma espécie em um "ano ruim" é compensada pelo aumento de outra

https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/biodiversity-and-ecosystem-stability-17059965



Comunidades de plantas mais ricas em espécie eram mais estáveis (media como a variação anual na riqueza) e tornavam as comunidades de herbívoros mais estáveis...

Ricklefs & Relyea 2016



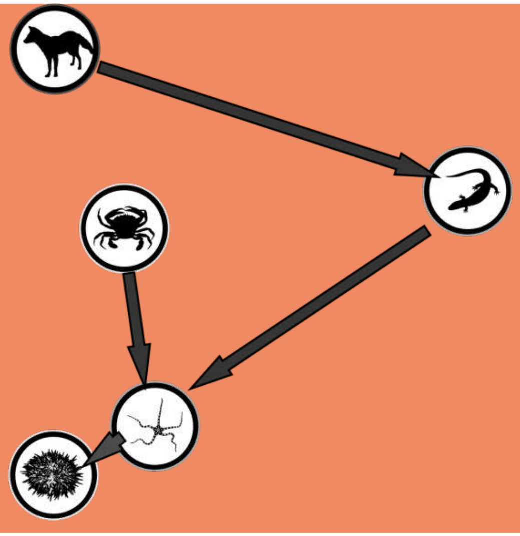
… Mas não houve o mesmo efeito na abundância *de níveis tróficos superiores (predadores)*

Ricklefs & Relyea 2016

Comunidades estáveis (=mais ricas) forneciam alimento de forma consistente para herbívoros e refúgios contra predadores

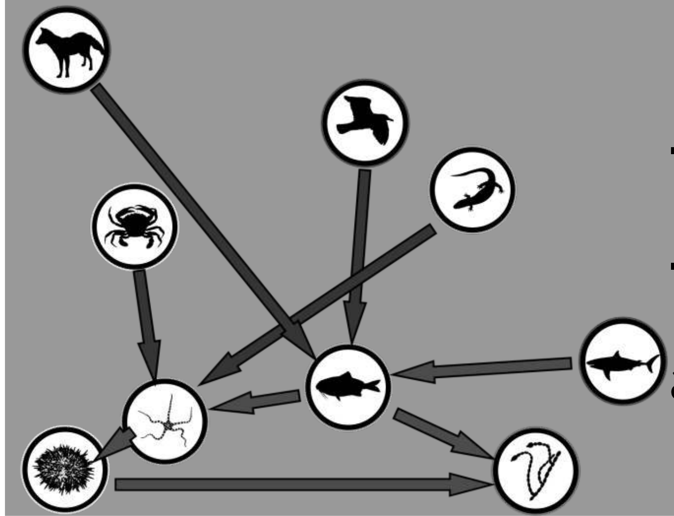
Experimento 120 (LTER) Cedar Creek, Minnesota

Consequências práticas



- Invasão biológica mais provável;

- Mesmo a remoção de uma *única* espécie pode ter consequências drásticas para comunidade.



- Maior resistência a perturbações;

- Maior capacidade de recuperação (resiliência) após distúrbios.

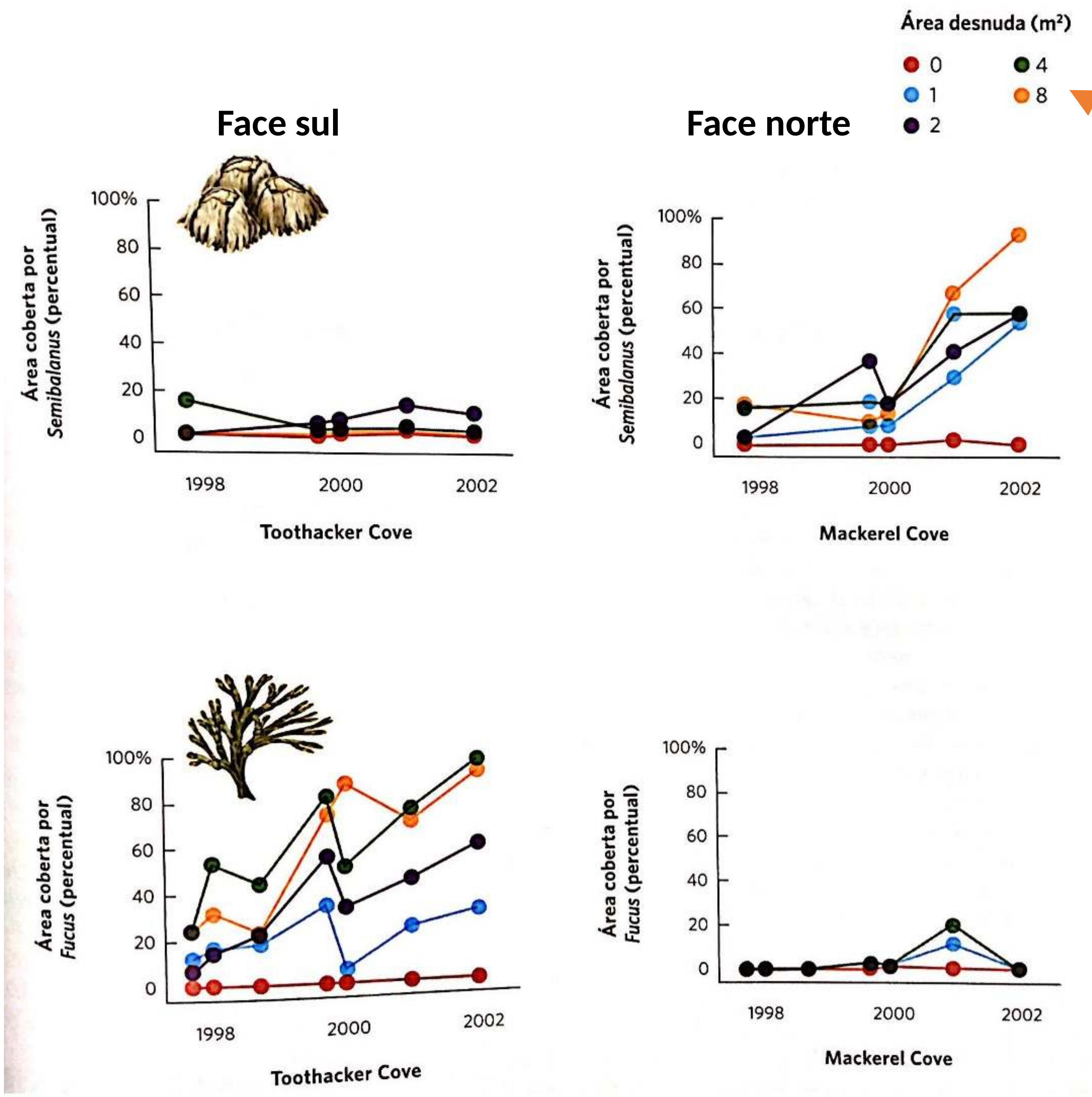
McCann 2000

Estados estáveis alternativos

Alternate stable states

Conceito de estados alternativos

- Uma comunidade pode ser resiliente ou resistente à uma perturbação e retornar ao seu estado original com o tempo...
- ...ou mudar para um outro estado estável alternativo que será substancialmente diferente daquele original e resistente
- Esses estados alternativos podem representar comunidades com composição de espécie totalmente diferente daquele original, tanto sob o ponto de vista taxonômico (riqueza e abundância) quanto funcional (características dessas espécies)
- Precisa de uma grande perturbação, tal como perda de uma espécie chave



Área do costão raspada por gelo experimentalmente

Comunidades eram dominadas por alga-marrom antes do distúrbio

O efeito do distúrbio sobre as duas comunidades foi distinto devido às características das espécies colonizadoras

Ricklefs & Relyea 2016

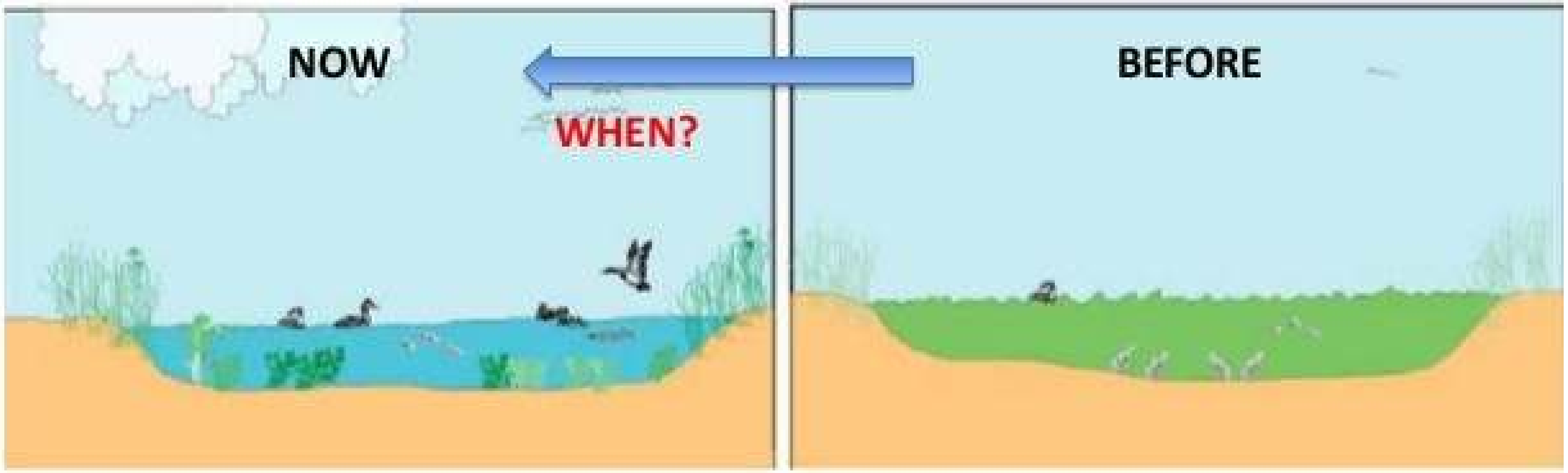
TREE vol. 8, no. 8, August 1993

Alternative Equilibria in Shallow Lakes

M. Scheffer, S.H. Hosper, M-L. Meijer,
B. Moss and E. Jeppesen

The turbidity of lakes is generally considered to be a smooth function of their nutrient status. However, recent results suggest that over a range of nutrient concentrations, shallow lakes can have two alternative equilibria: a clear state domi-

Both states are
RESILIENT
Shifts associated to
DISTURBANCES



MACROPHYTES (clear) ← **PHYTOPLANKTON (turbid)**

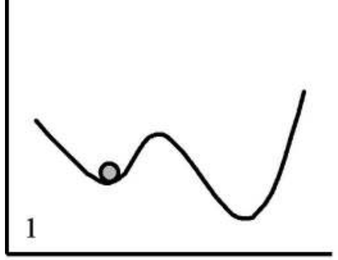
WHY?

Consequências para manejo de ecossistemas

Consequências para manejo

- Se o ”novo” estado estável não for ”desejável” (e.g., lago oligotrófico tornado em um *bloom* de algas), pode ser difícil ou impossível reverter à situação anterior

- Imprevisibilidade do distúrbio causador



clear-water
lakes

coral-dominated
reefs

grassland

grassland

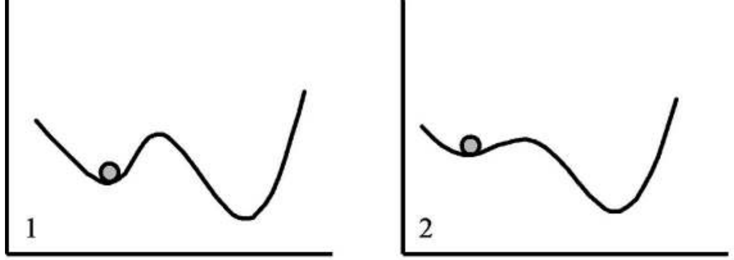
kelp forests

pine forest

seagrass beds

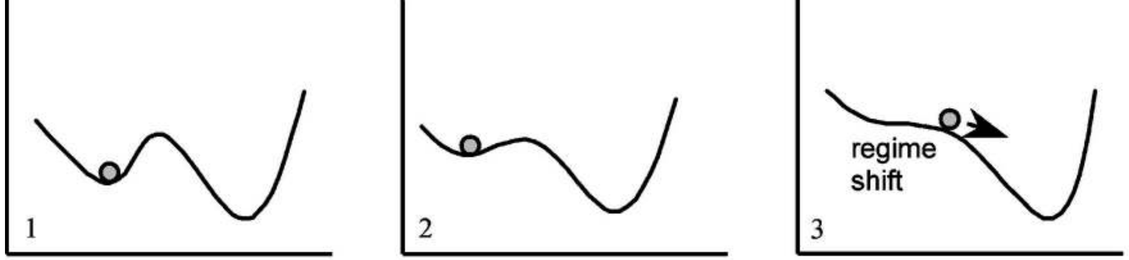
tropical lake with sub-
merged vegetation

Folke et al. 2004



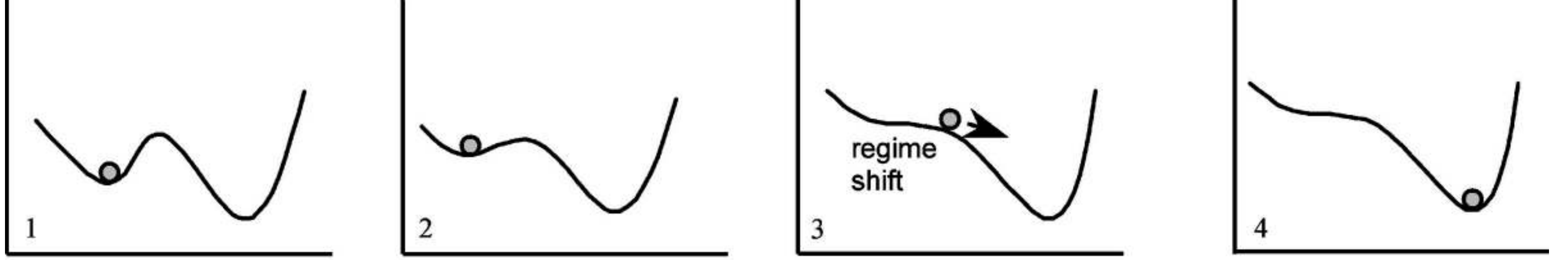
clear-water lakes	phosphorous accum-ulation in agricultural soil and lake mud
coral-dominated reefs	overfishing, coastal eutrophication
grassland	fire prevention
grassland	hunting of herbivores
kelp forests	functional elimination of apex predators
pine forest	microclimate and soil changes, loss of pine regeneration
seagrass beds	removal of grazers, lack of hurricanes, salinity moderation, spatial homogenizatio
tropical lake with sub-merged vegetation	nutrient accumulation during dry spells

Folke et al. 2004



clear-water lakes	phosphorous accumulation in agricultural soil and lake mud	flooding, warming, overexploitation of predators
coral-dominated reefs	overfishing, coastal eutrophication	disease, bleaching hurricane
grassland	fire prevention	good rains, continuous heavy grazing
grassland	hunting of herbivores	disease
kelp forests	functional elimination of apex predators	thermal event, storm, disease,
pine forest	microclimate and soil changes, loss of pine regeneration	decreased fire frequency, increased fire intensity
seagrass beds	removal of grazers, lack of hurricanes, salinity moderation, spatial homogenization	thermal event
tropical lake with submerged vegetation	nutrient accumulation during dry spells	nutrient release with water table rise

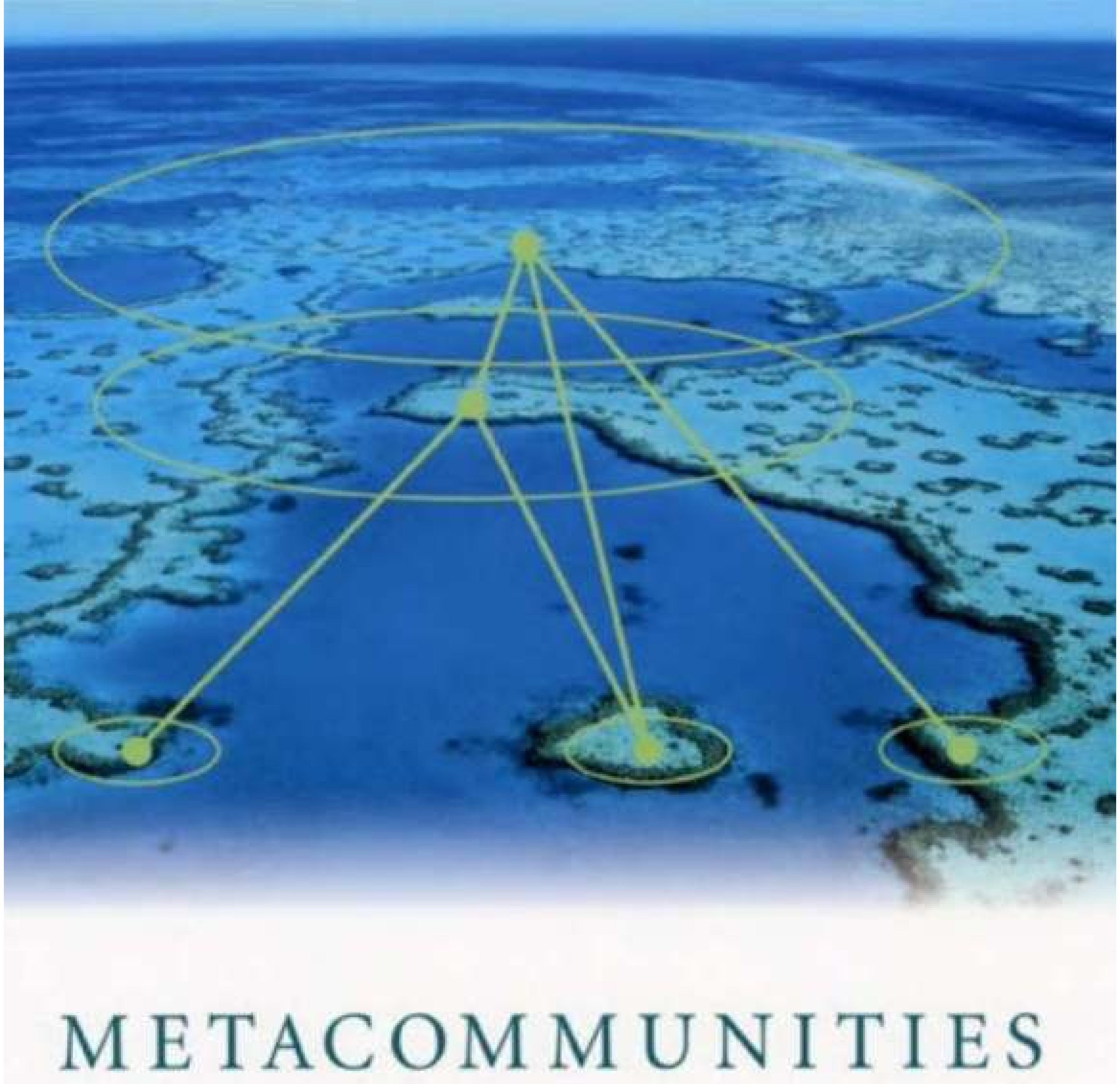
Folke et al. 2004



clear-water lakes	phosphorous accumulation in agricultural soil and lake mud	flooding, warming, overexploitation of predators	turbid-water lakes
coral-dominated reefs	overfishing, coastal eutrophication	disease, bleaching hurricane	algae-dominated reefs
grassland	fire prevention	good rains, continuous heavy grazing	shrub-bushland
grassland	hunting of herbivores	disease	woodland
kelp forests	functional elimination of apex predators	thermal event, storm, disease,	sea urchin dominance
pine forest	microclimate and soil changes, loss of pine regeneration	decreased fire frequency, increased fire intensity	oak forest
seagrass beds	removal of grazers, lack of hurricanes, salinity moderation, spatial homogenization	thermal event	phytoplankton blooms
tropical lake with submerged vegetation	nutrient accumulation during dry spells	nutrient release with water table rise	floating-plant dominance

Folke et al. 2004

Fronteiras do conhecimento

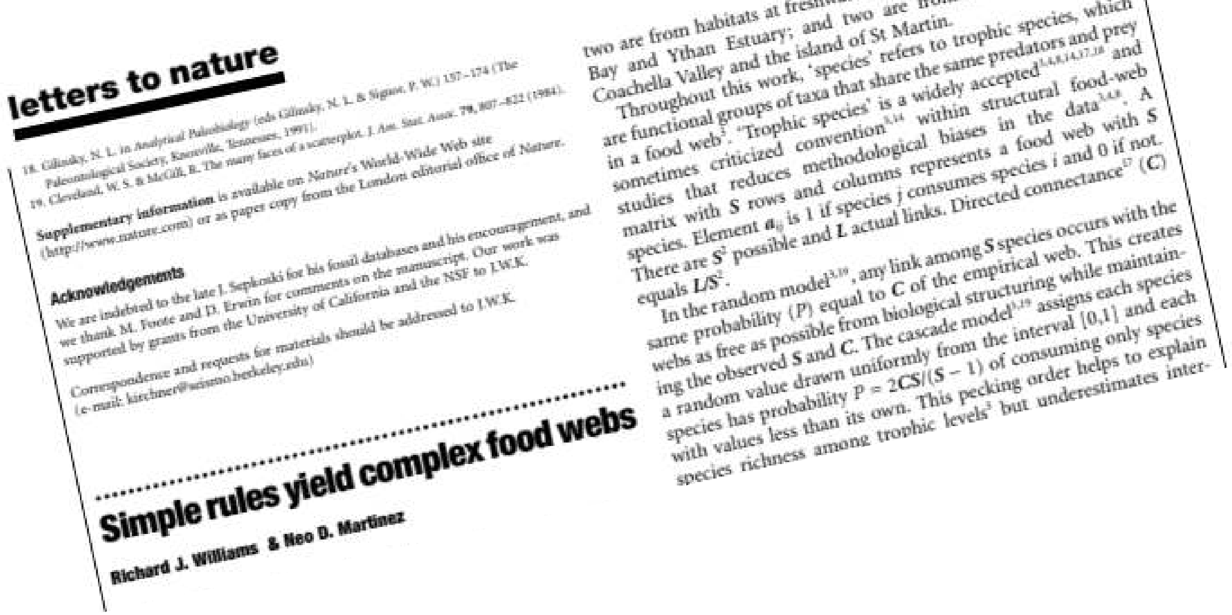


Integração da escala espacial nas análises de redes de interação


REPORTS

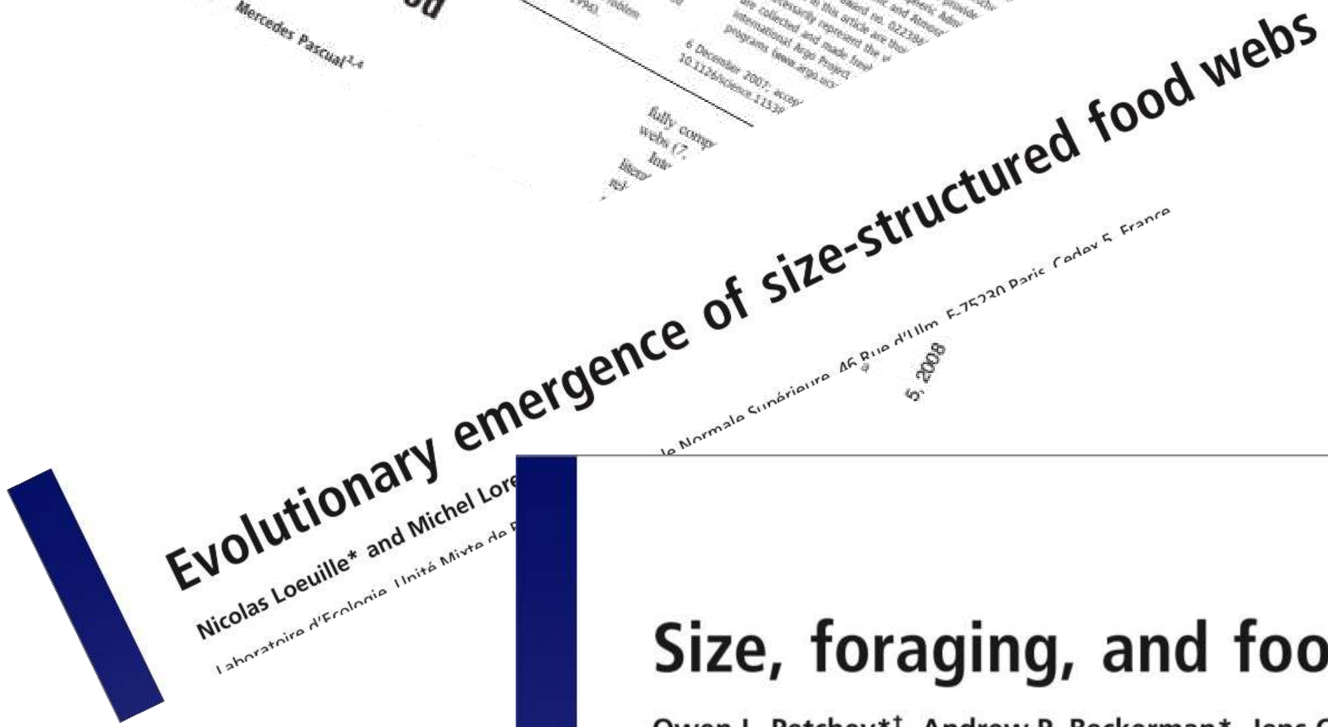
A General Model for Food Web Structure

Stefano Allesina,[1,2] David Alonso,[1,3] Mercedes Pascual[1,4]


letters to nature

Simple rules yield complex food webs

Richard J. Williams & Neo D. Martinez


Evolutionary emergence of size-structured food webs

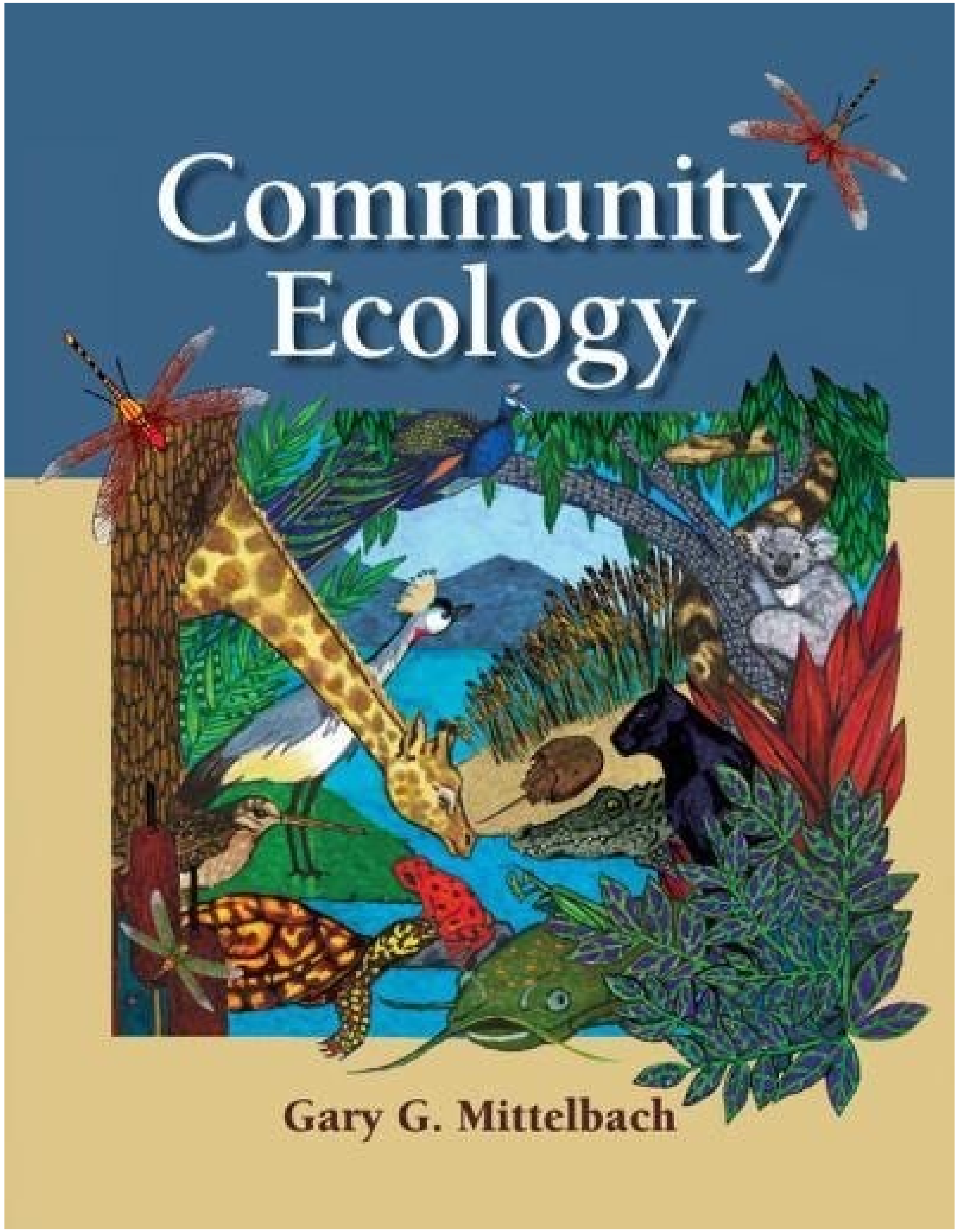
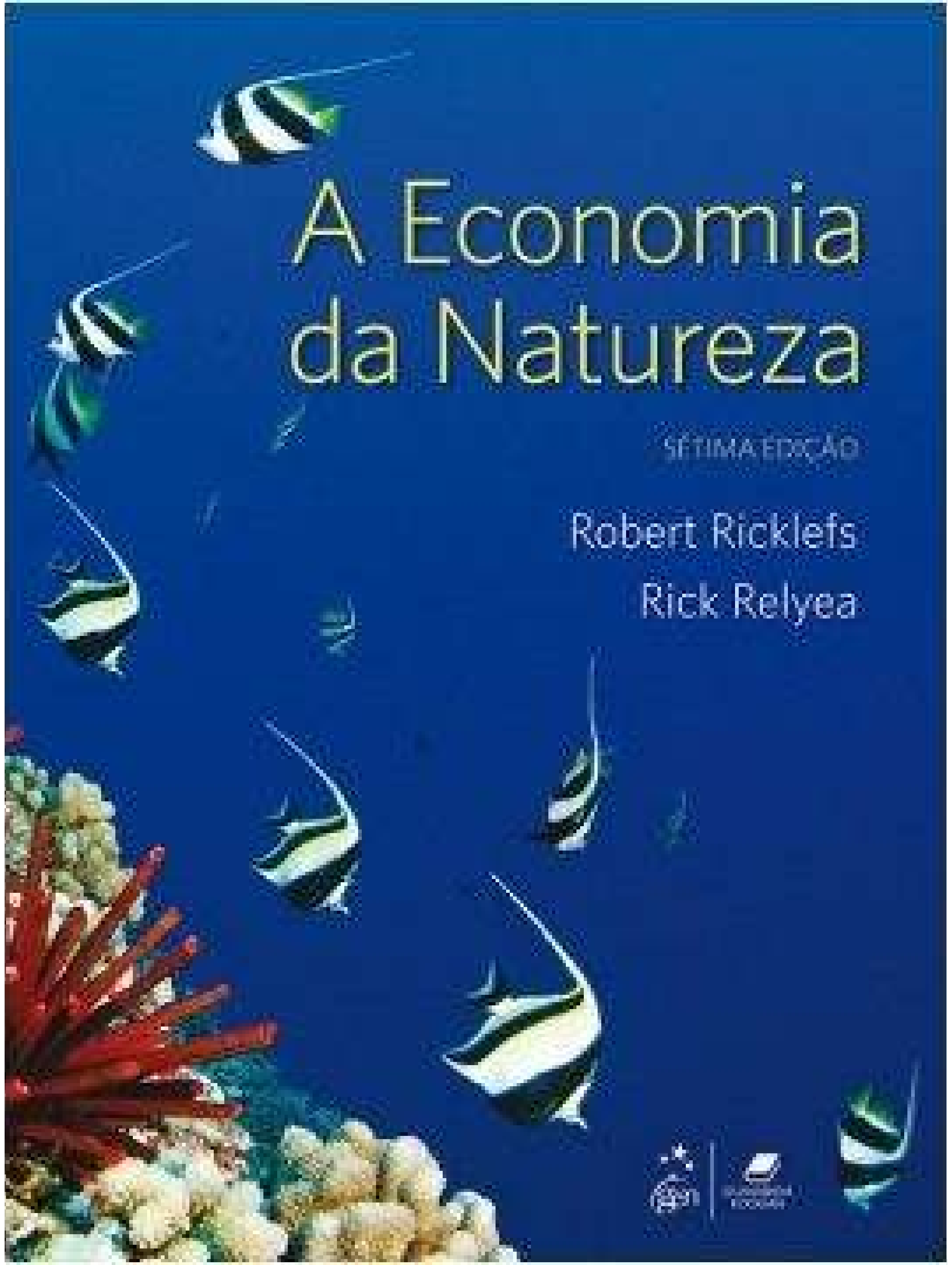
Nicolas Loeuille* and Michel Loreau


Size, foraging, and food web structure

Owen L. Petchey*[†], Andrew P. Beckerman*, Jens O. Riede[‡], and Philip H. Warren*

SEE COMMENTARY

Modelos preditivos de estrutura de redes


Community
Ecology
Gary G. Mittelbach

A Economia
da Natureza
SÉTIMA EDIÇÃO
Robert Ricklefs
Rick Relyea