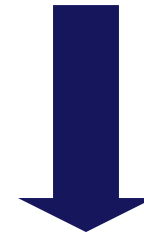


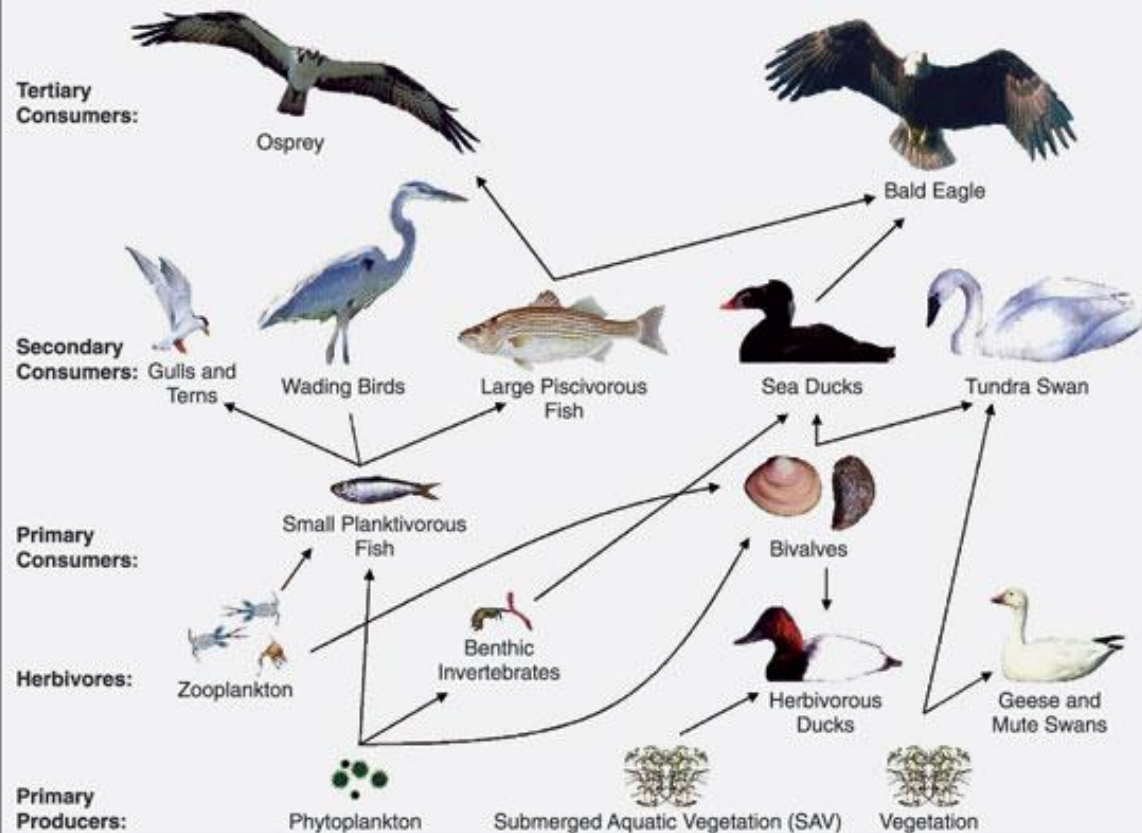
TEIAS TRÓFICAS

Representações de
cadeias tróficas



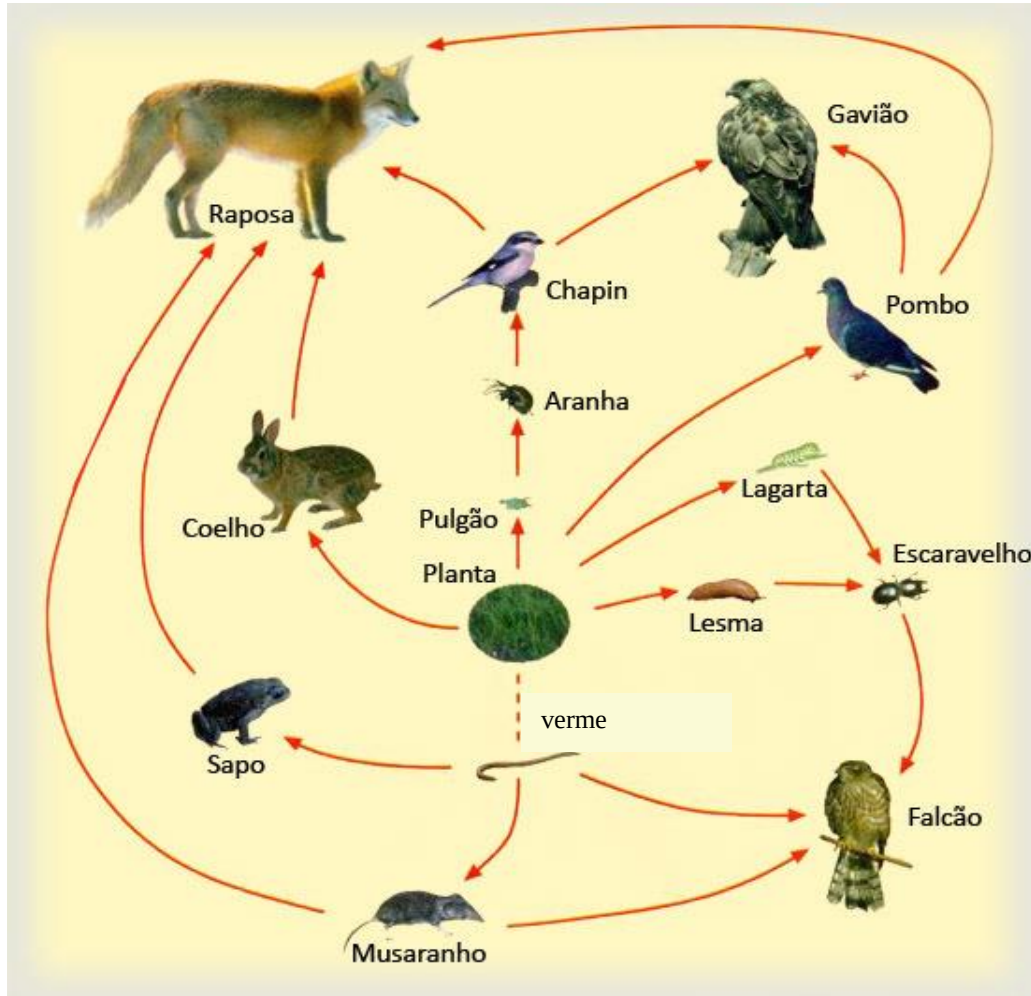
Descrevem relações
alimentares entre
organismos, expressas num
diagrama ligando posições
de consumidores e
consumidos (NÓS) com
setas e linhas (LIGAÇÕES)

Chesapeake Bay Waterbird Food Web



Ecosistema estuarino de Cheaseapeak Bay

EXEMPLO DE CADEIA TRÓFICA: PASTAGEM



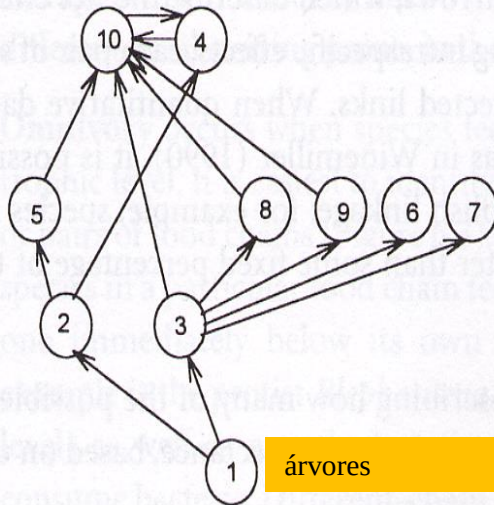
A seta em geral aponta para o consumidor

Cadeias ou teias tróficas são vias de interconexão (ligação, fluxo) de energia e nutrientes através do ecossistema

CATEGORIAS DE CADEIAS TRÓFICAS

DE FONTE

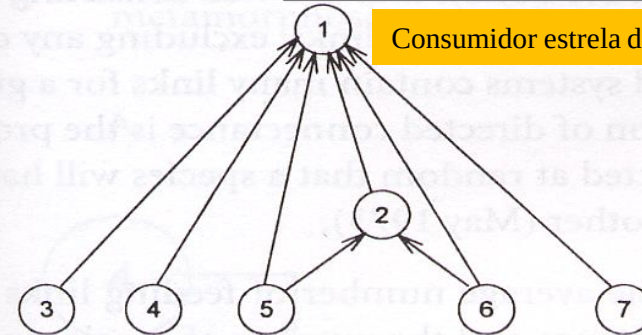
Pinhal, Richards, 1926



1. Pine, 2. Lepidoptera, 3. Aphids, 4. digger wasps, 5. ichneumon wasps
6. Hemiptera, 7. ants, 8. syrphid flies, 9. coccinellid beetles, 10. spiders

DE SUMIDOURO

Praia intertidal de Paine, 1966

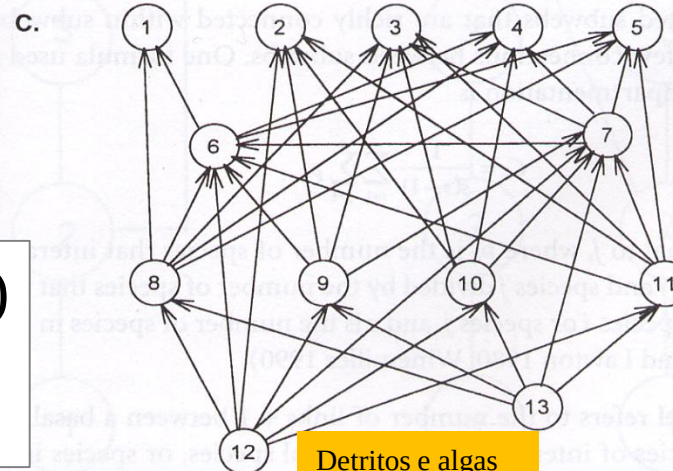


Consumidor estrela do mar

1. *Pisaster*, 2. *Thais*, 3. Chitons, 4. Limpets, 5. bivalves, 6. acorn barnacles
7. *Mitella*

DE COMUNIDADES (teias)

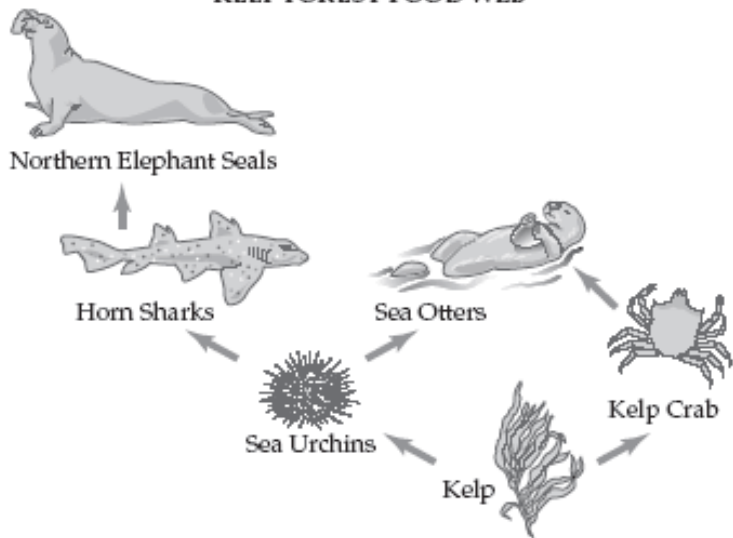
Ribeiro de Creek, Kentucky, USA
(Minshall, 1967)



Detritos e algas

1. *Phagocata*, 2. Decapoda - *Orconectes*, *Cambarus*, 3. Plecoptera - *Isoperia*, *Isogenus*
4. Megaloptera - *Nigronia*, *Sialis*, 5. Pisces - *Rhinichthys*, *Semotilus*, 6. *Gammarus*,
7. Trichoptera - *Diplectrona*, *Rhyacophila*, 8. *Asellus*, 9. Ephemeroptera - 5 species,
10. Trichoptera - *Neophylax*, *Glossosoma*, 11. Tendipididae, *Simulium*, 12. Detritus, 13. Diatoms

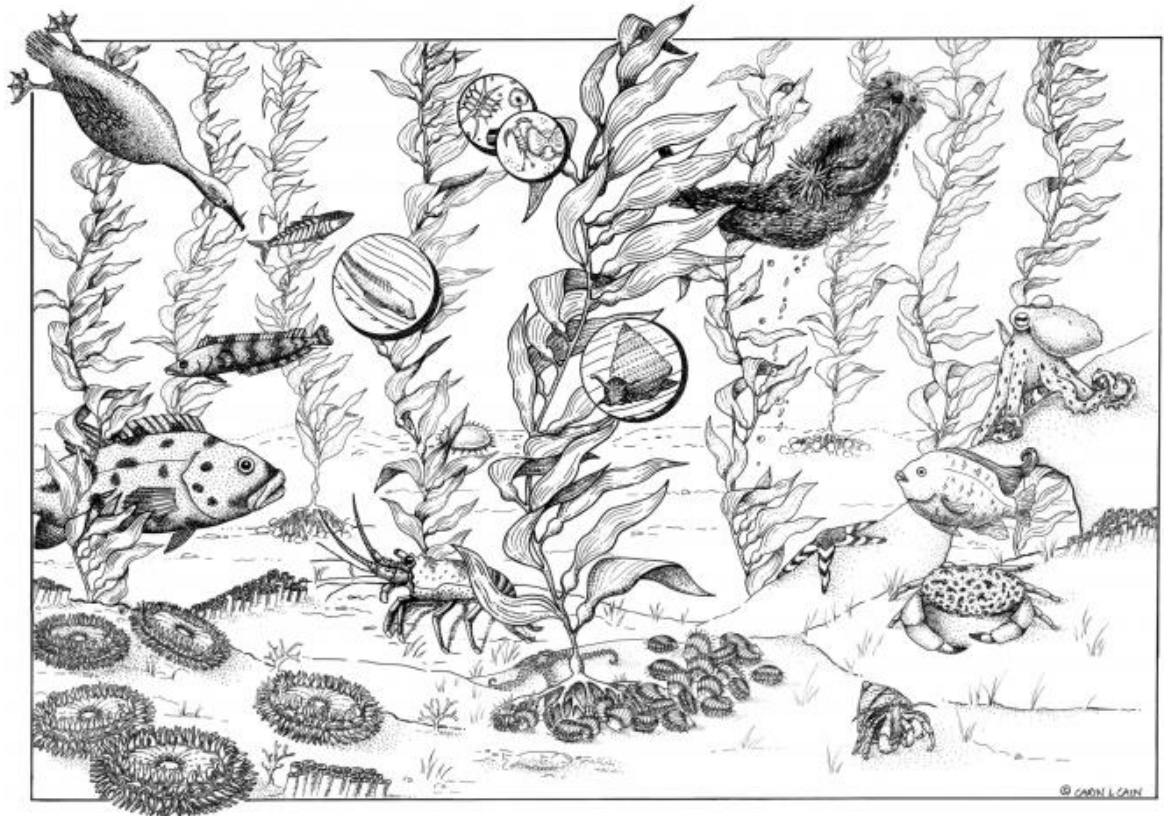
KELP FOREST FOOD WEB



DE FONTE

Source

Toda a estrutura trófica depende de uma única espécie basal, o kelp

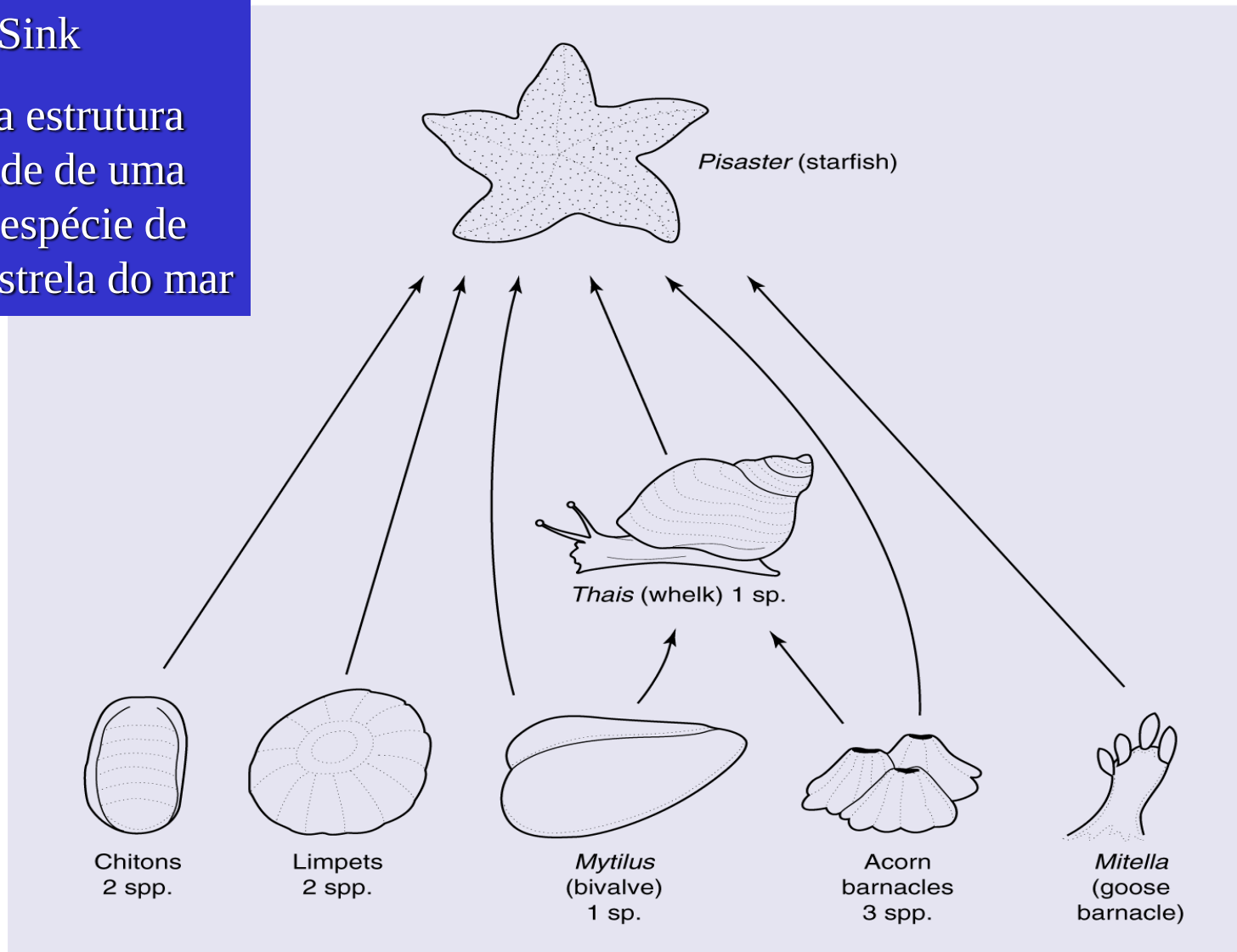


DE SUMIDOURO

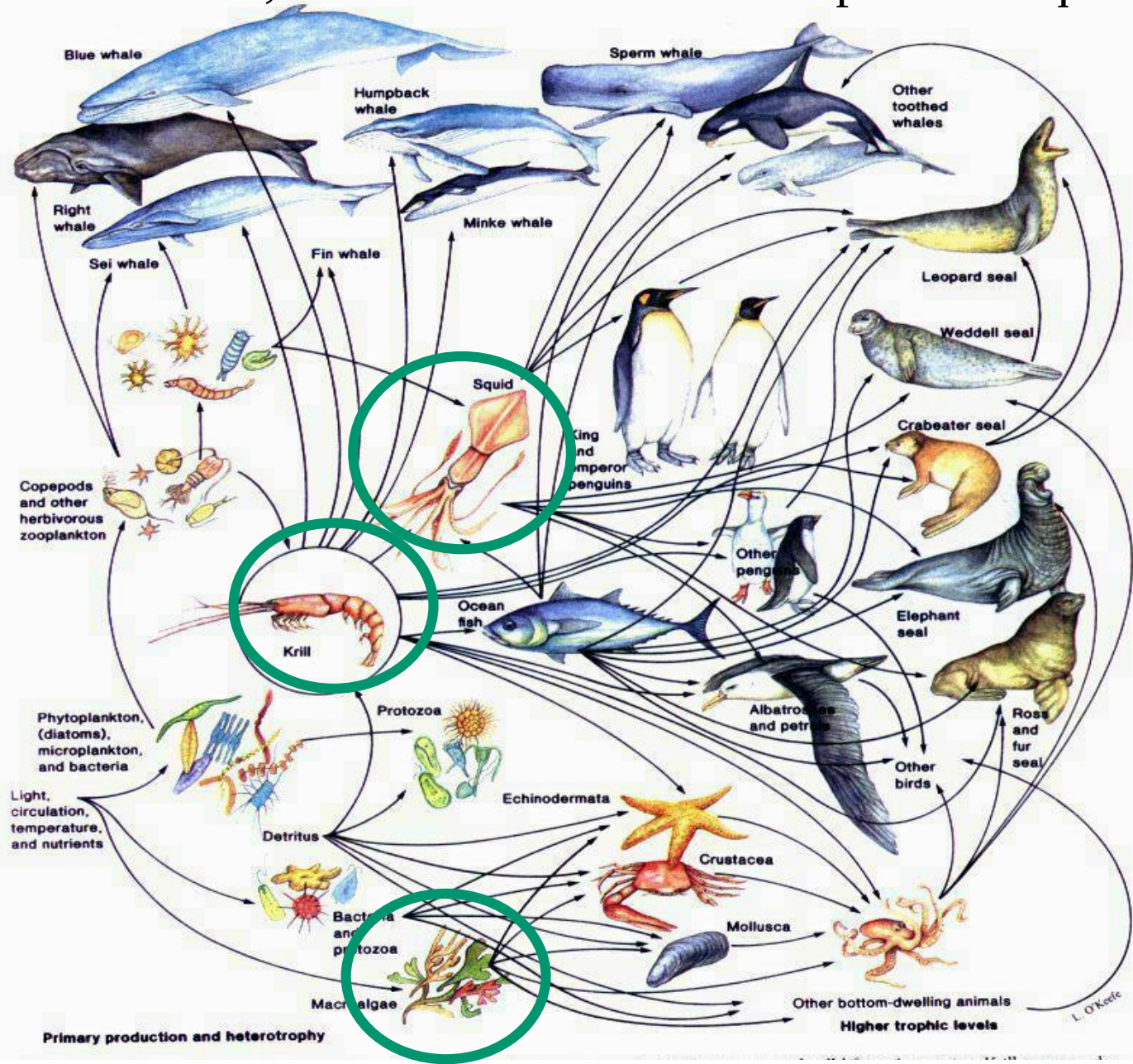
Sink

Toda a estrutura depende de uma única espécie de topo, a estrela do mar

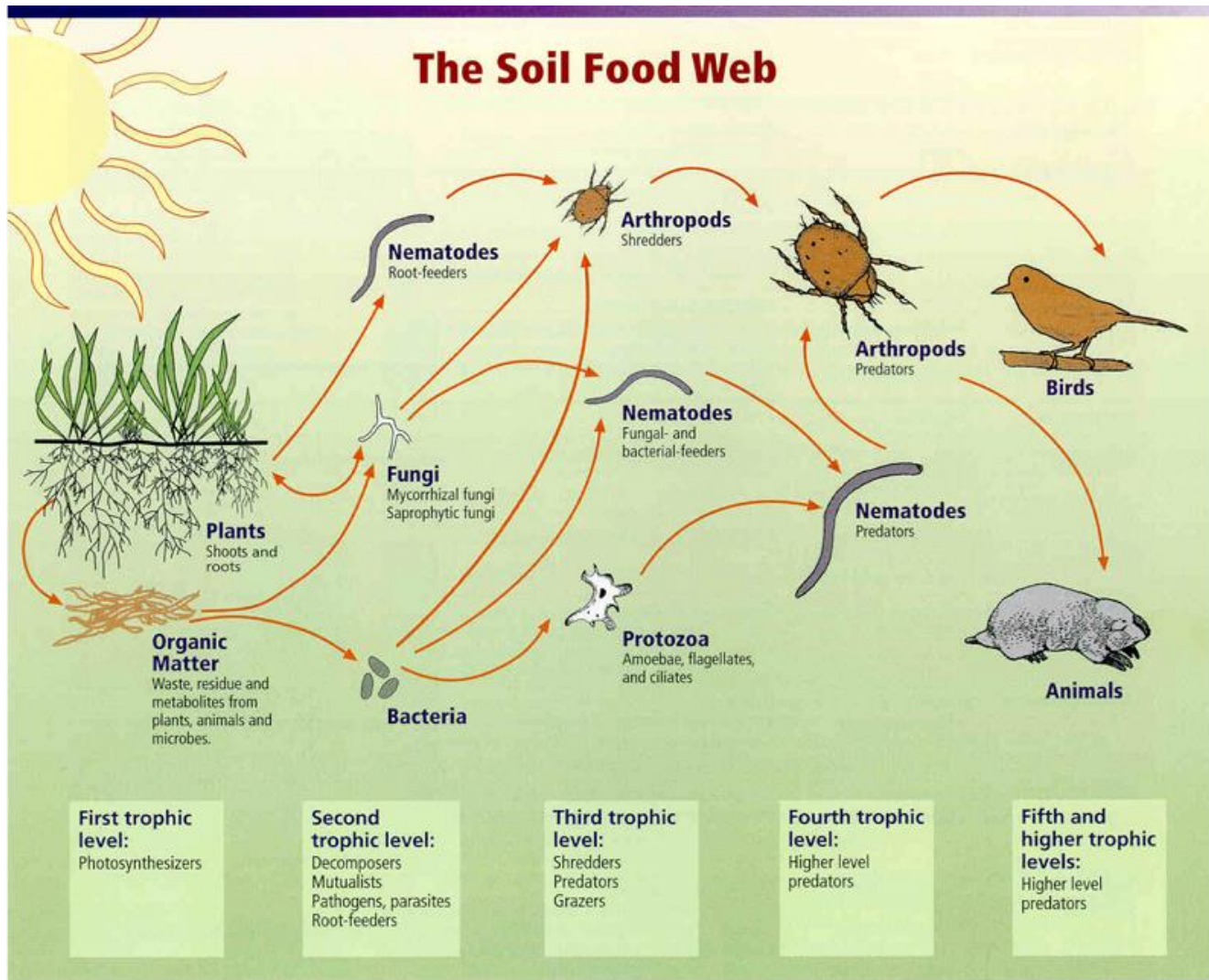
Praia intertidal, Paine, 1966



As cadeias tróficas são em geral muito complexas: EXEMPLO
OCEANO ÁRTICO, mas com uns nós mais importantes que outros



The Soil Food Web

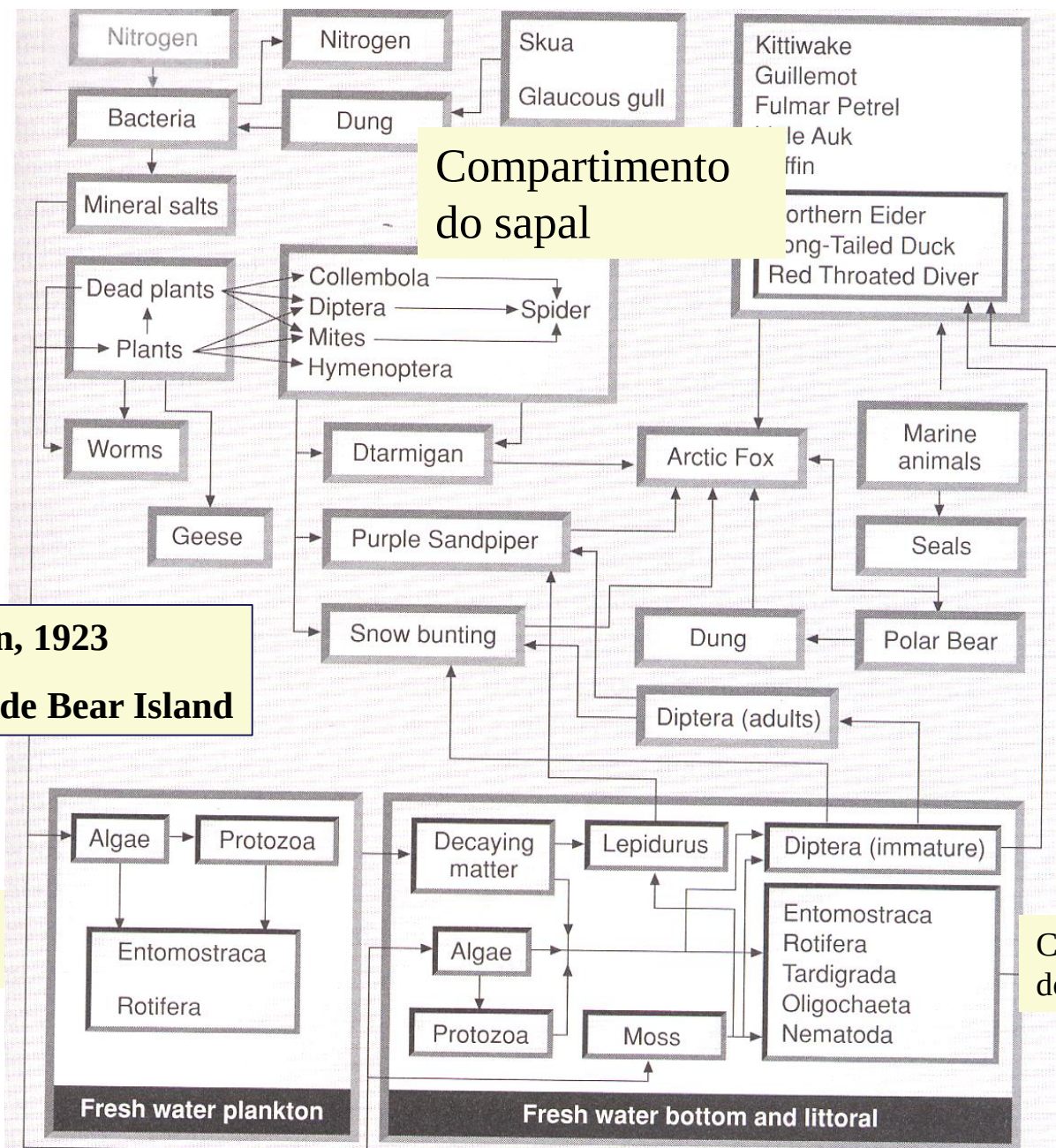


Relationships between soil food web, plants, organic matter, and birds and mammals
 Image courtesy of USDA Natural Resources Conservation Service
http://soils.usda.gov/sqi/soil_quality/soil_biology/soil_food_web.html.

Cadeia alimentar no solo

As CADEIAS ALIMENTARES podem estabelecer-se e estudar-se a diferentes níveis espaciais: **conceito de escala e de compartimentos tróficos** (partes de ecossistemas onde ocorrem cadeias alimentares relativamente singularizáveis)

Compartimentação trófica- relativo isolamento de sub-cadeias alimentares

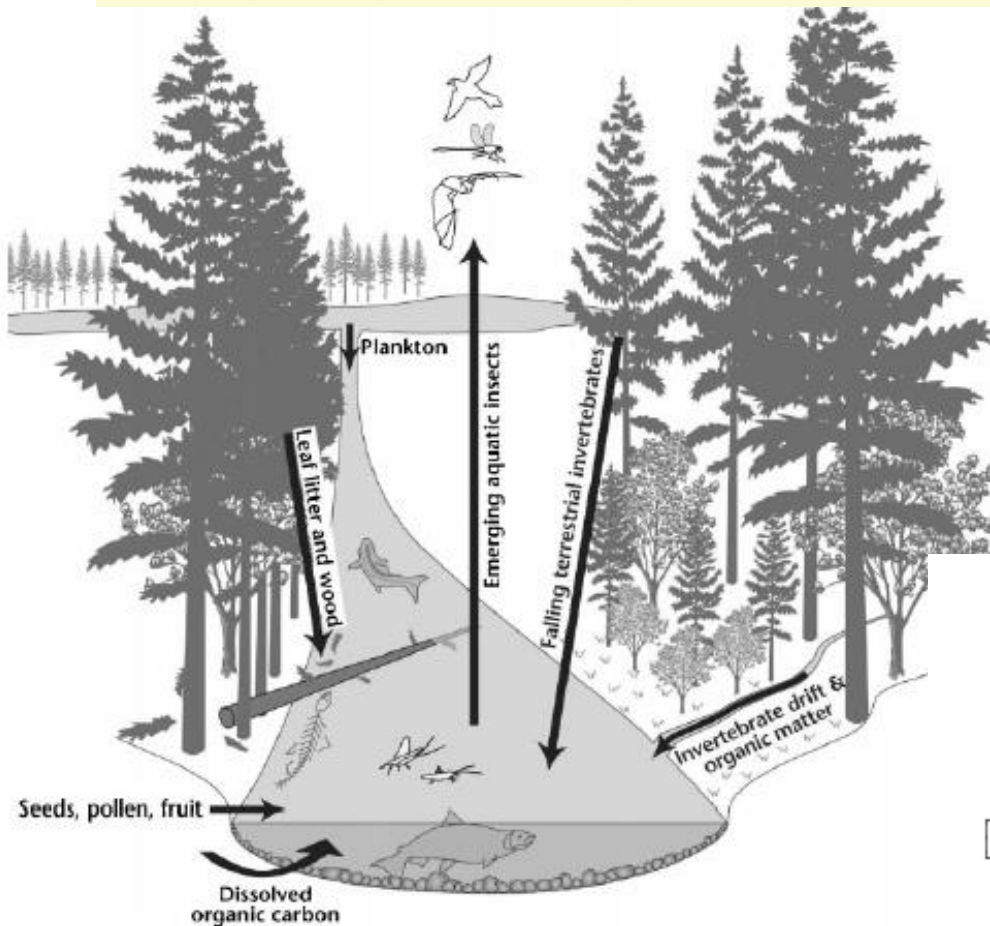


Summerhayes & Elton, 1923
Ecossistema marinho de Bear Island

Compartimento da
coluna de água

Compartimento
dos sedimentos

SUBSÍDEOS ALIMENTARES ENTRE ECOSSISTEMAS E COMPARTIMENTOS



O rio fornece alimento às aves terrestres e o meio terrestre aos peixes do rio

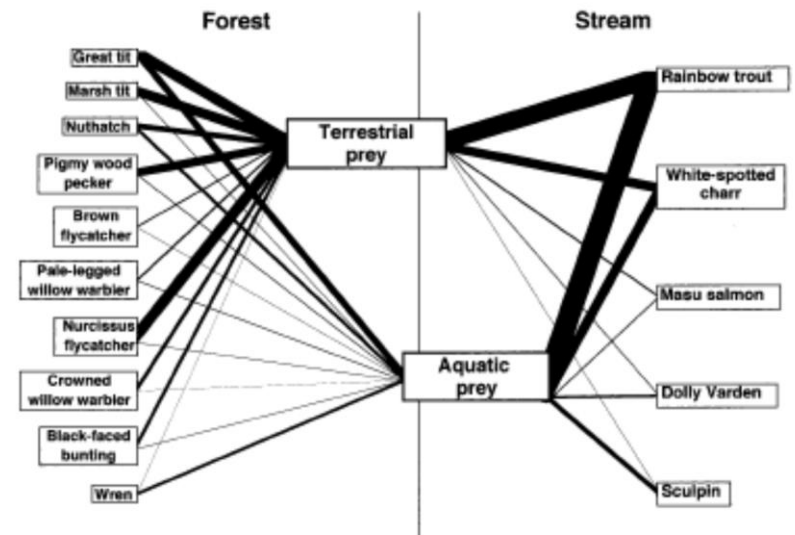
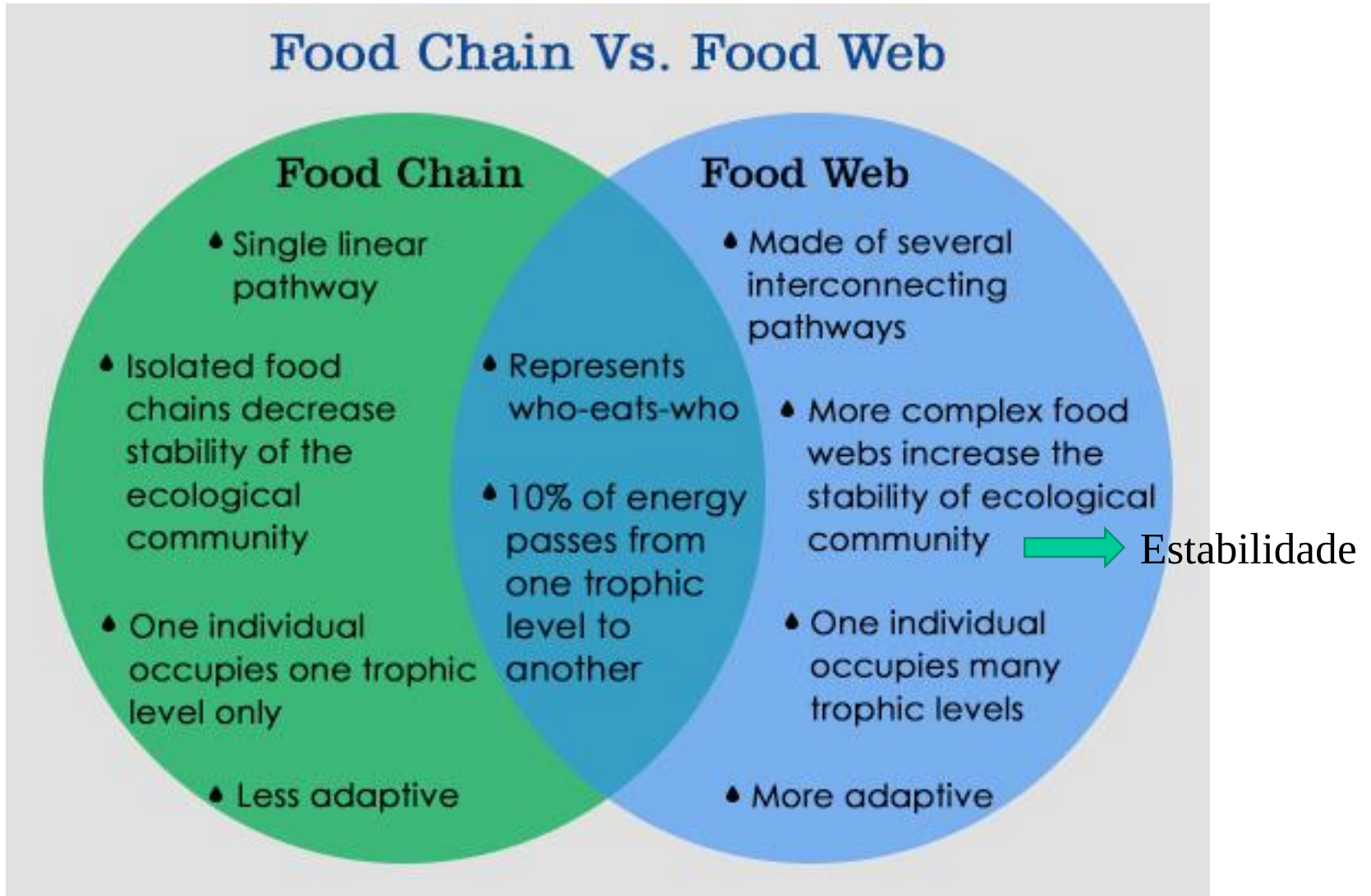
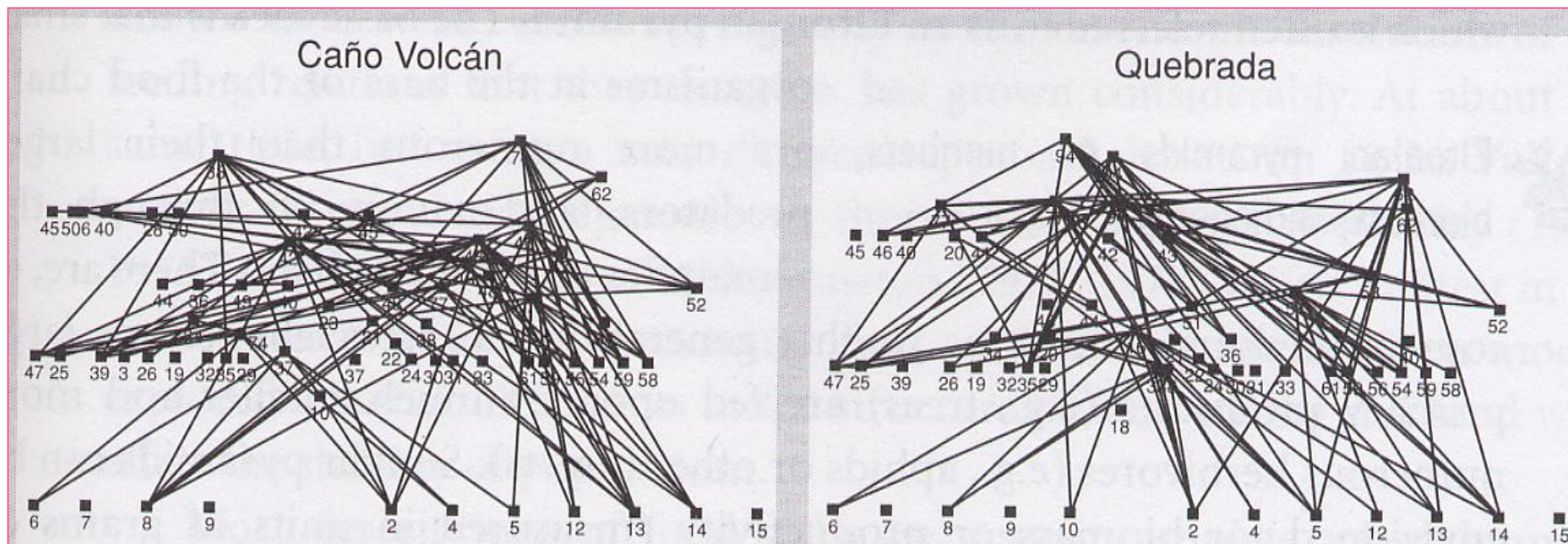


Fig. 3. Food web linkage across a forest-stream interface representing predator subsidies by allochthonous, invertebrate prey flux. Relative contributions of terrestrial and aquatic prey to the annual total resource budget of each species were represented by line thickness. Annual resource budget of each species was represented as a value proportional to the total assemblage-based budgets, separately for the bird and fish assemblages.

Sistemas ecologicamente simples tem cadeias. Sistemas mais complexos e com muitos gradientes ambientais tem teias (e.g. estuário)
Os sistemas humanizados tendem a transformar teias em cadeias (e.g. campo agrícola). As cadeias são mais fáceis de prever e de gerir mas menos persistentes.





Representações actuais de teias tróficas – peixes tropicais da Venezuela (Winemiller, 1990)

POSIÇÕES NAS CADEIAS ALIMENTARES (=TROFO-ESPÉCIES = ESPÉCIES TRÓFICAS):

Herbívoros

Carnívoros

Omnívoros e detritívoros

Decompositores

Regime alimentar

Produtores

Consumidores 1º nível

Consumidores de 2º nível

Consumidores de topo

Detritívoros

Posição trófica na cadeia

ESPÉCIES BASAIS
ESPÉCIES INTERMÉDIAS
PREDADORES DE TOPO

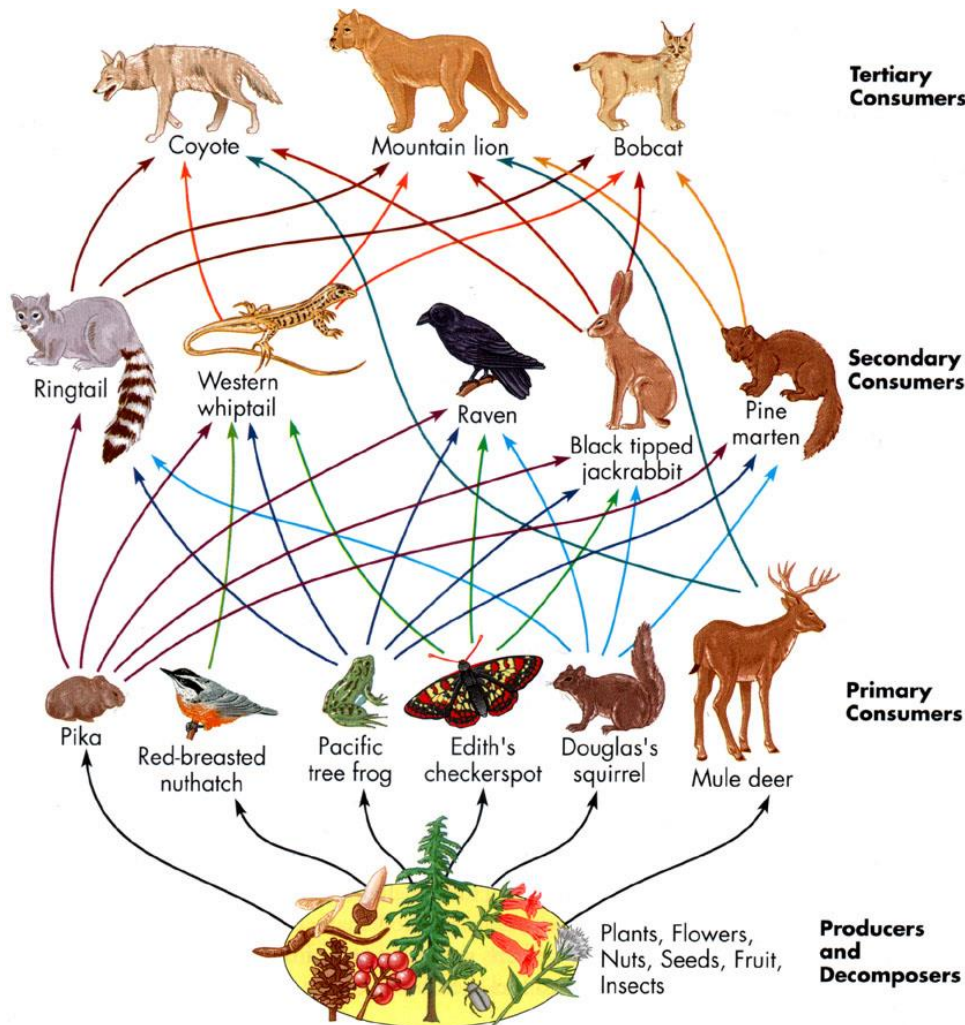
Nível trófico- número de ligações +1 entre uma espécie basal e uma espécie em estudo

Nós tróficos ou trofo-espécies- categorias ou posições tróficas constituídas por 1 espécie ou um conjunto de espécies

Posição das trofo-espécies- espécies basais, intermédias e predadores de topo

Comprimento das cadeias/teias tróficas -número total de níveis tróficos

Tamanho da rede(s): número de espécies presentes na rede



Predadores de topo

Espécies intermédias

Espécies basais

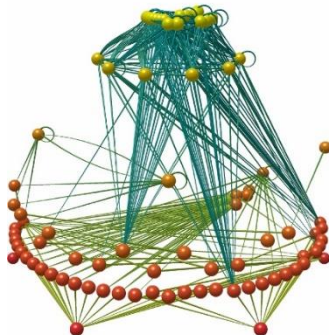
TEIAS TRÓFICAS NO PASSADO PRÉ-CÂMBRICO: mares quentes e pouco profundos



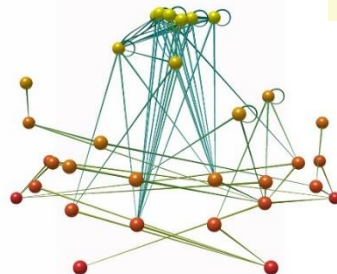
Chengjiang Shale

Burgess Shale

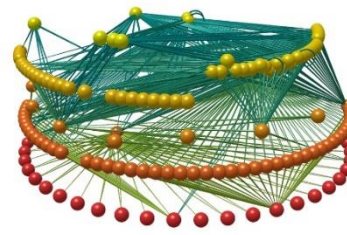
As trofo-espécies agregam espécies com mesmo regime alimentar



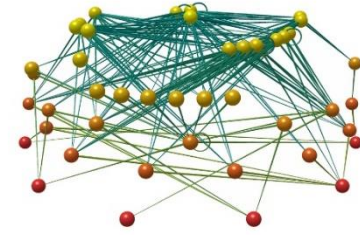
Original Species
 $S = 85$, $L = 559$, $C = 0.077$
 $TL = 2.99$, $MaxTL = 5.15$



Trophic Species
 $S = 33$, $L = 99$, $C = 0.091$
 $TL = 2.84$, $MaxTL = 4.36$

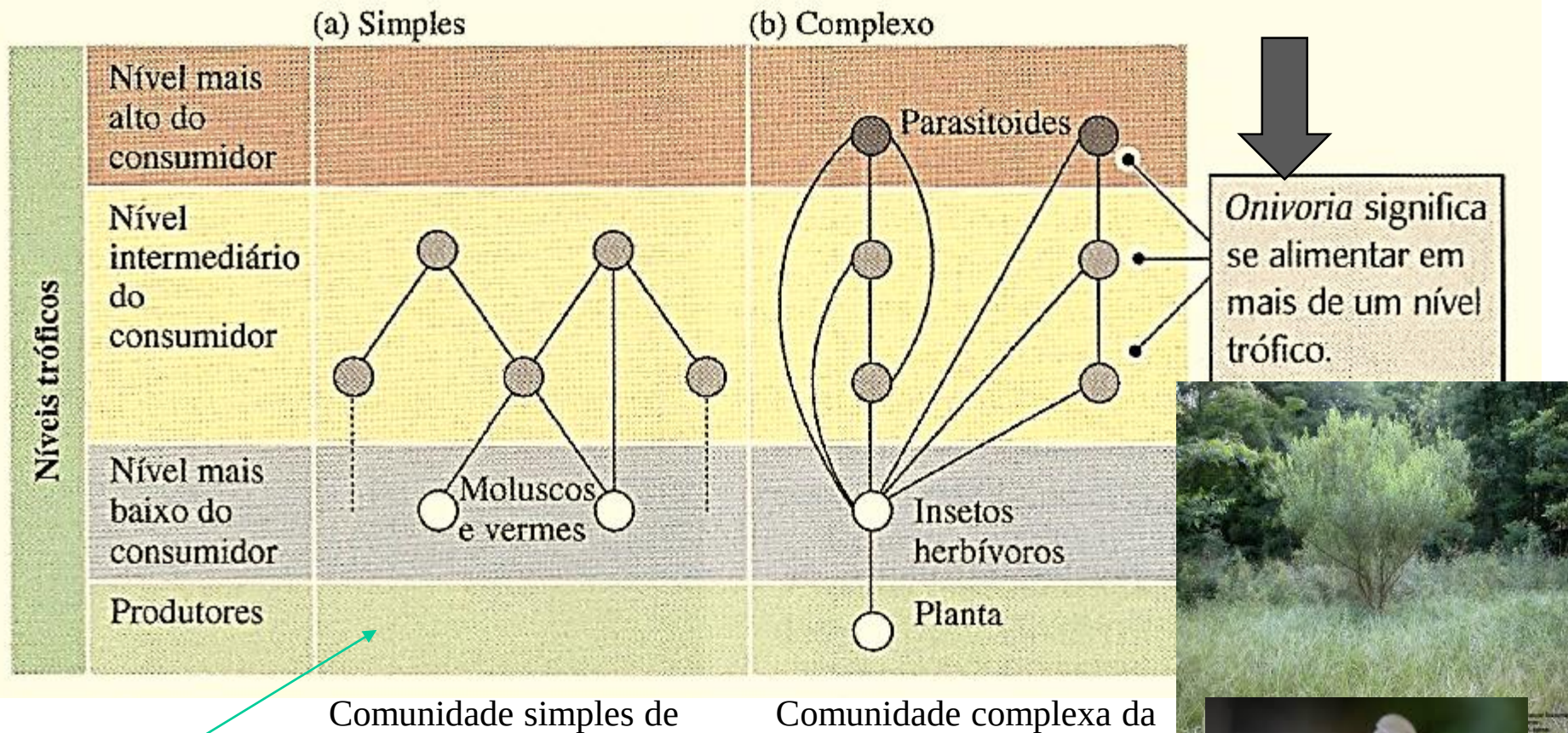


Original Species
 $S = 142$, $L = 771$, $C = 0.038$
 $TL = 2.42$, $MaxTL = 3.67$



Trophic Species
 $S = 48$, $L = 249$, $C = 0.108$
 $TL = 2.72$, $MaxTL = 3.78$

Comunidades diferentes com riquezas semelhantes podem ter estruturas tróficas diferentes

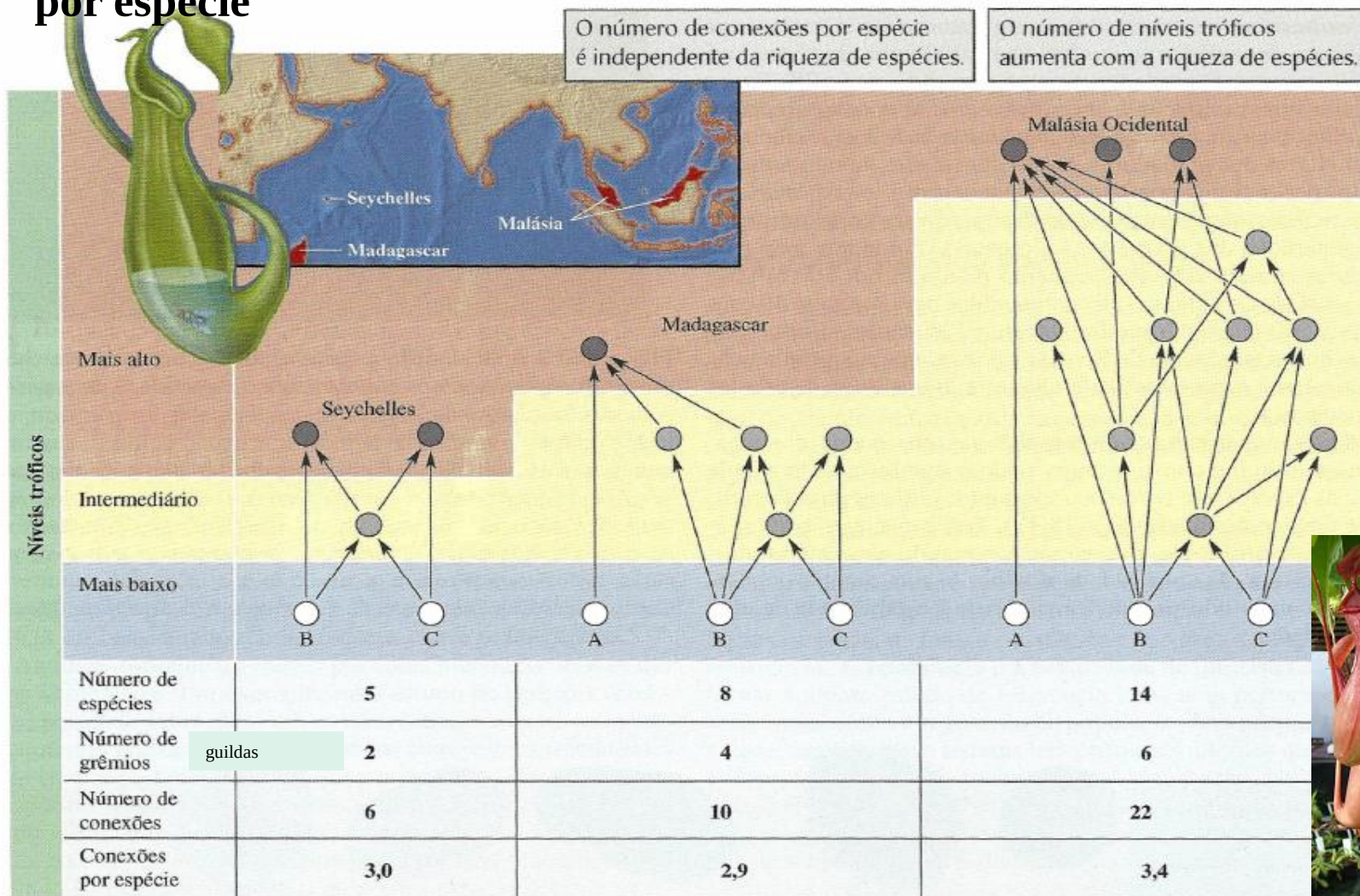


Não há produtores primários, só detritos

Comunidade simples de substratos móveis marinhos – 7 conexões entre 7 espécies

Comunidade complexa da espécie arbórea *Baccharis*, e seus insectos herbívoros e parasitóides – 12 conexões entre 8 espécies

O nº espécies tende a ser proporcional ao nº guildas e nº total de ligações (conexões) tróficas, mas não influencia o número de ligações tróficas médio por espécie



Riqueza e complexidade das teias alimentares em plantas-tanque carnívoras (Nepenthes) de diferentes ecossistemas. A-insectos vivos, B- insectos afogados, C- detritos

O nº ou tipo de espécies num dado nível trófico dentro da cadeia pode influenciar a densidade de ligações do nível trófico acima ou abaixo

CONSUMIDORES CHAVE – consumidores que mantêm a diversidade dos níveis tróficos inferiores

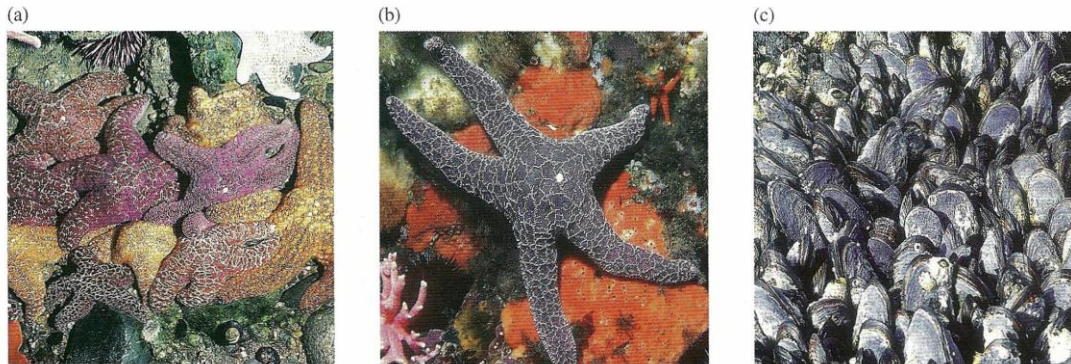


FIG. 16.17 Os predadores podem manter a diversidade de espécies de presas reduzindo as populações de competidores superiores. (a) Uma congregação de estrelas-do-mar (*Pisaster*) na maré baixa na costa da Península Olímpica, Washington. A estrela-do-mar (b) é um predador importante dos mexilhões. (c) Na ausência de estrelas-do-mar, a diversidade cai rapidamente até que somente mexilhões e cracas vivendo entre eles ou sobre eles permanecem. Fotografia (a) de Ken Lucas/Visuals Unlimited; fotografia (b) de Daniel W. Gotshall/Visuals Unlimited;

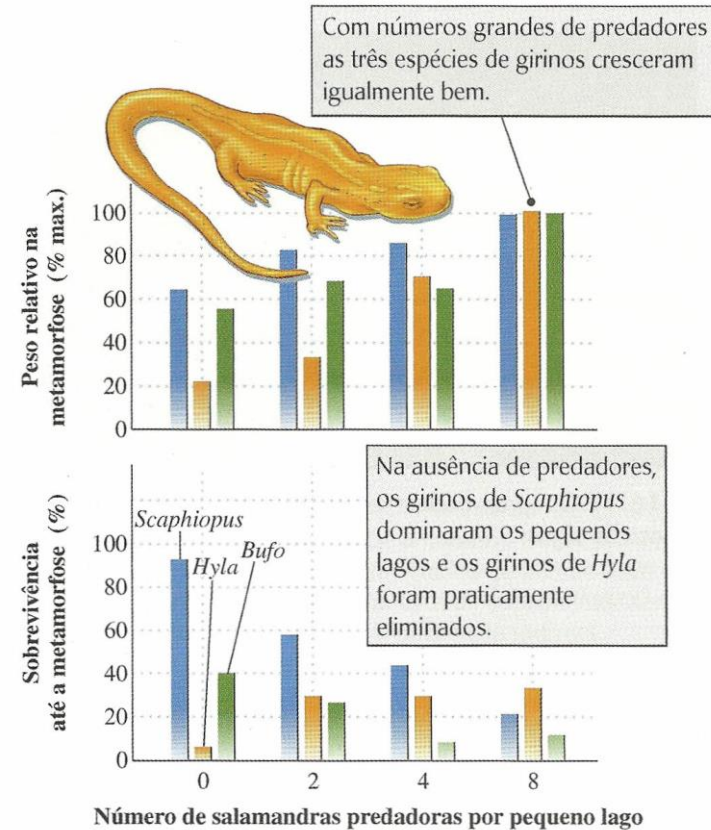


FIG. 18.15 A predação da raposa sobre aves marinhas transforma as comunidades de plantas numa ilha subártica. (a) Na Ilha Buldir, onde as raposas estão ausentes, a comunidade de plantas é dominada pelas gramináceas. (b) Na Ilha Ogangan, onde as raposas estão presentes, a comunidade é dominada por arbustos e euforbiáceas. De D. A. Croll et al., *Science* 307:1959–1961 [2005].



ESPÉCIES CHAVE: aquelas que, se desaparecerem, altera-se toda a cadeia alimentar e.g. coelho



ESPÉCIES BANDEIRA: aquelas que são características de um dado ecossistema, e.g. pica pau



ESPÉCIES SENTINELA: pela sua tolerância ou intolerância a qualquer factor de perturbação são usadas para indicar o estado de qualidade do ecossistema e.g. truta



ESPÉCIES ENGENHEIRAS; alteram fisicamente o ecossistema e portanto todas as interacções ecológicas, e.g. castor

DIAGRAMAS DE TEIAS ALIMENTARES UTILIZANDO AS LIGAÇÕES TRÓFICAS, O FLUXO DE ENERGIA E AS RELAÇÕES POPULACIONAIS FUNCIONAIS

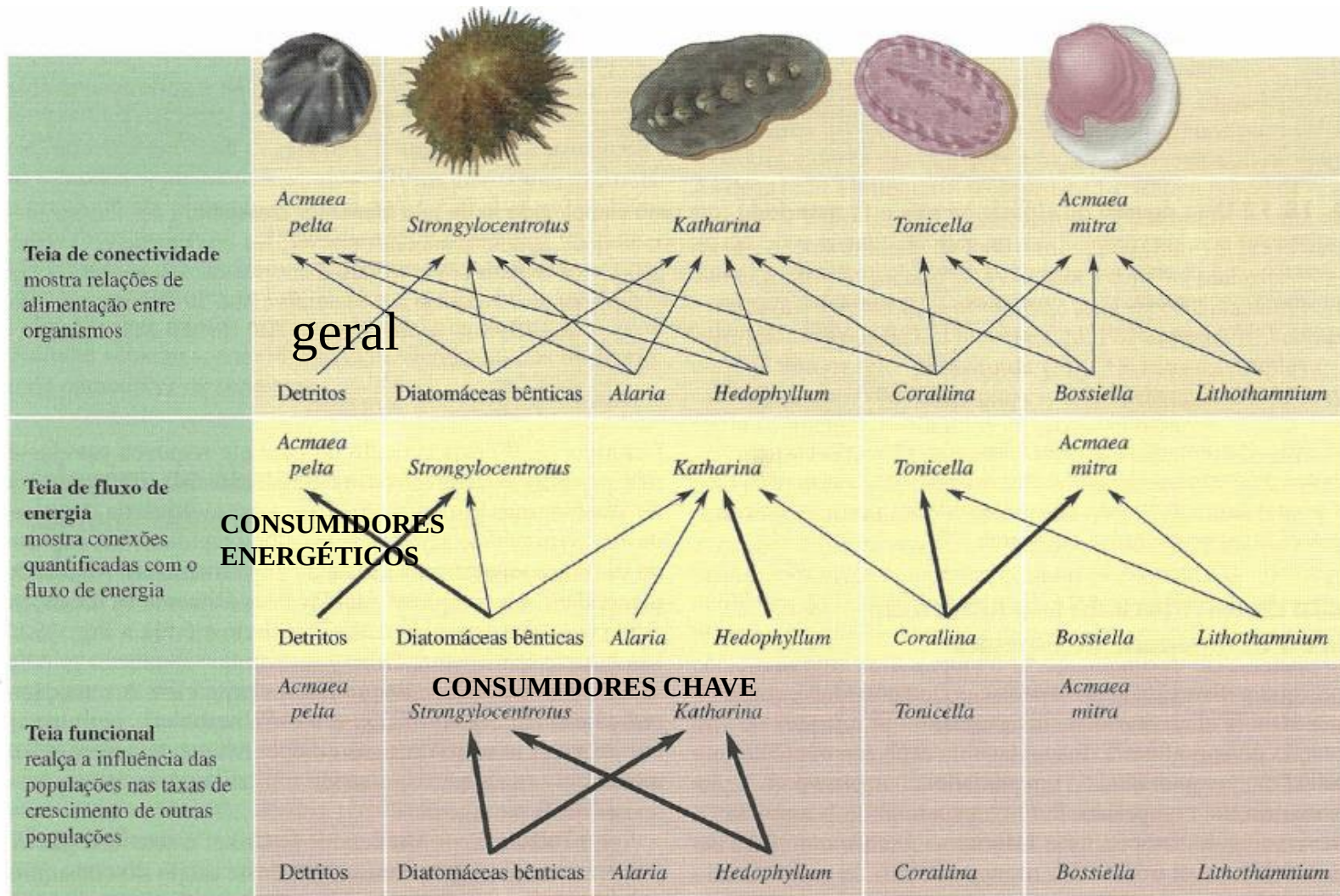
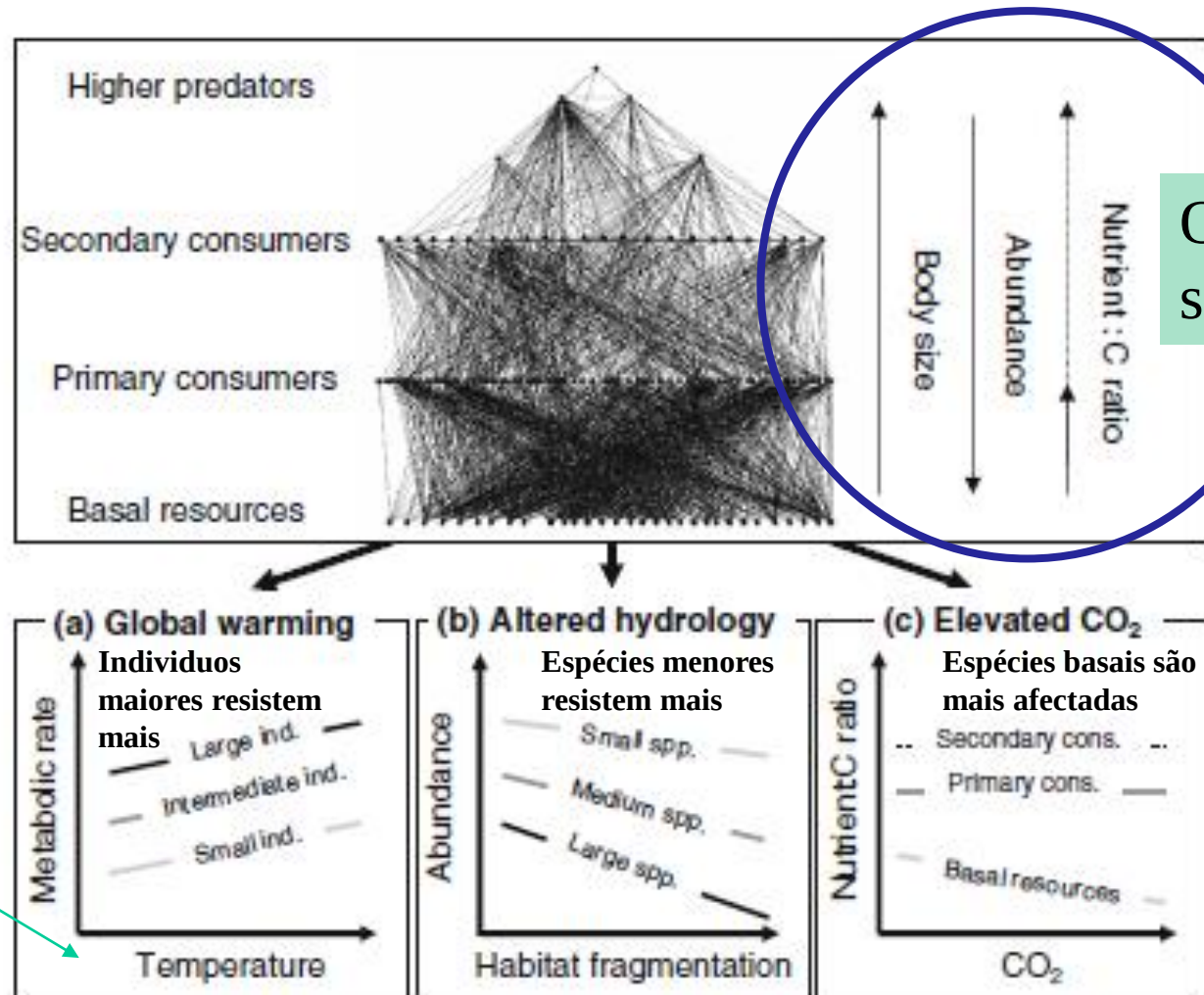


FIG. 18.14 Os ecólogos usam três abordagens para deduzir as relações tróficas. Três tipos de diagramas de teia alimentar, aqui aplicados às espécies de uma zona entremaré rochosa na costa de Washington, mostram diferentes formas pelas quais as espécies influenciam umas às outras dentro das comunidades. A espessura da seta reflete a intensidade da relação. Segundo R. T. Paine, *J. Anim. Ecol.* 49:667-685 [1980].

Proposta teórica de efeitos de alterações antropogénicas sobre as cadeias alimentares



O que se sabe

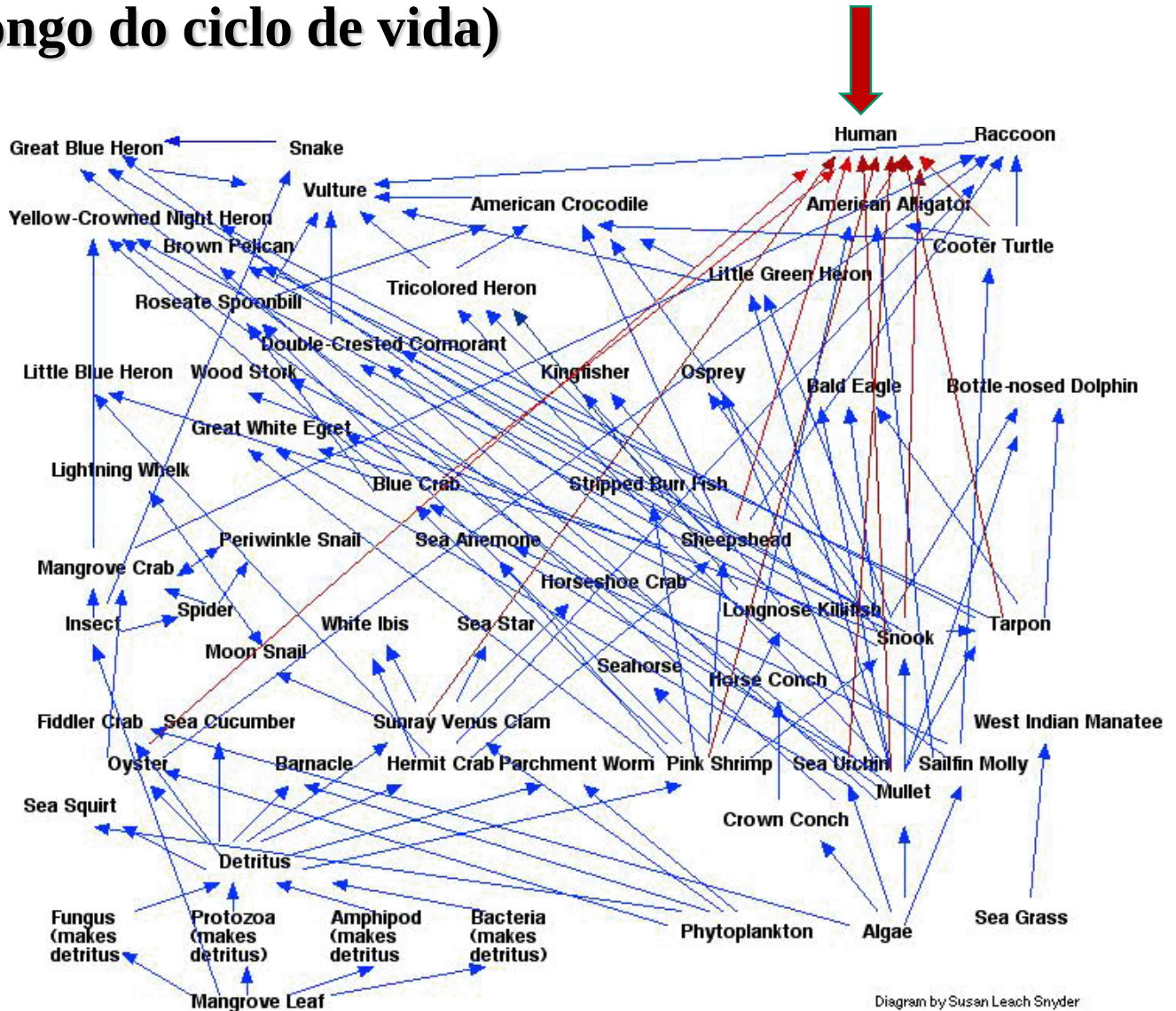
Fig. 1 Conceptual figure highlighting common characteristics of freshwater food webs and how components of climate change may affect these attributes. **Top panel:** an example of a highly-resolved stream food web, redrawn after Woodward et al. (2008). *Arrows* highlight hypothetical changes in body size, abundance and nutritional quality with trophic position. **a** The effects of global warming on the basal metabolic rates for large, intermediate and small-sized individuals, on log-log scales. Metabolic demands increase with temperature and are

higher for larger individuals in the food web. **b** The effects of habitat fragmentation on the abundance of different-sized species. Large species are disproportionately affected due to greater home ranges, limited dispersal ability, and reduced scope for adaptation. **c** Increasing levels of CO₂ and nutrient:carbon ratios for different trophic levels. Imbalances between consumers and resources arise via decreased nutrient:carbon ratios among basal resources and strict homeostasis by consumers

Omnivoria- uma espécie alimenta-se em presas localizadas em mais do que um nível trófico (em cadeias simples, em cadeias múltiplas e ao longo do ciclo de vida)

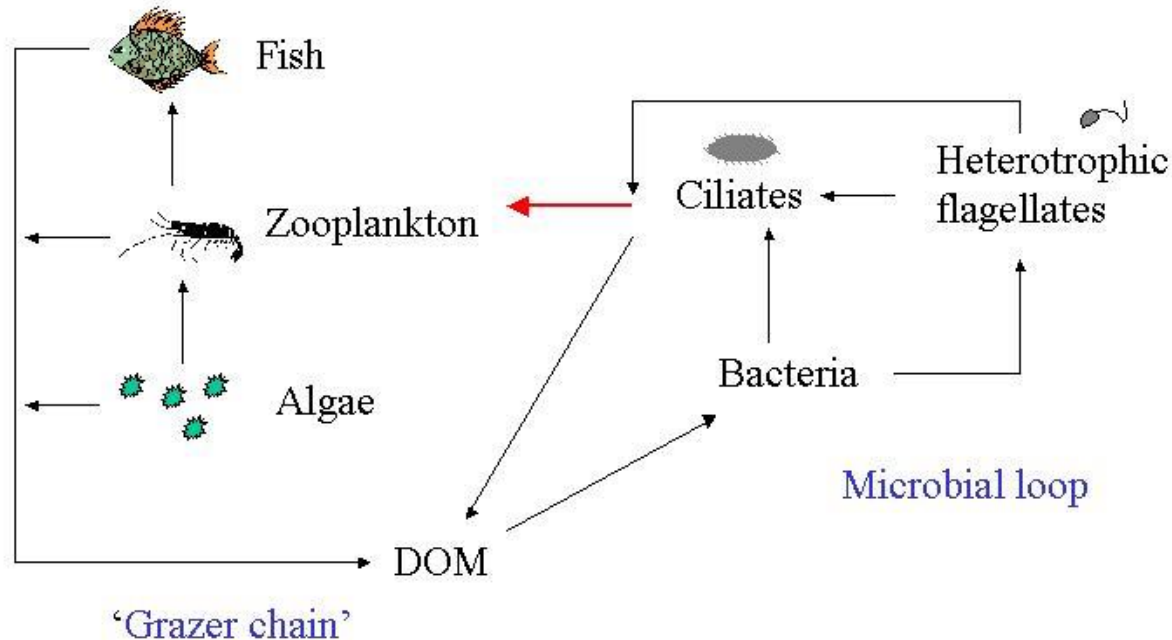
Papel do Homem nas teias alimentares: interfere a todos os níveis

Food web de um mangal da Florida



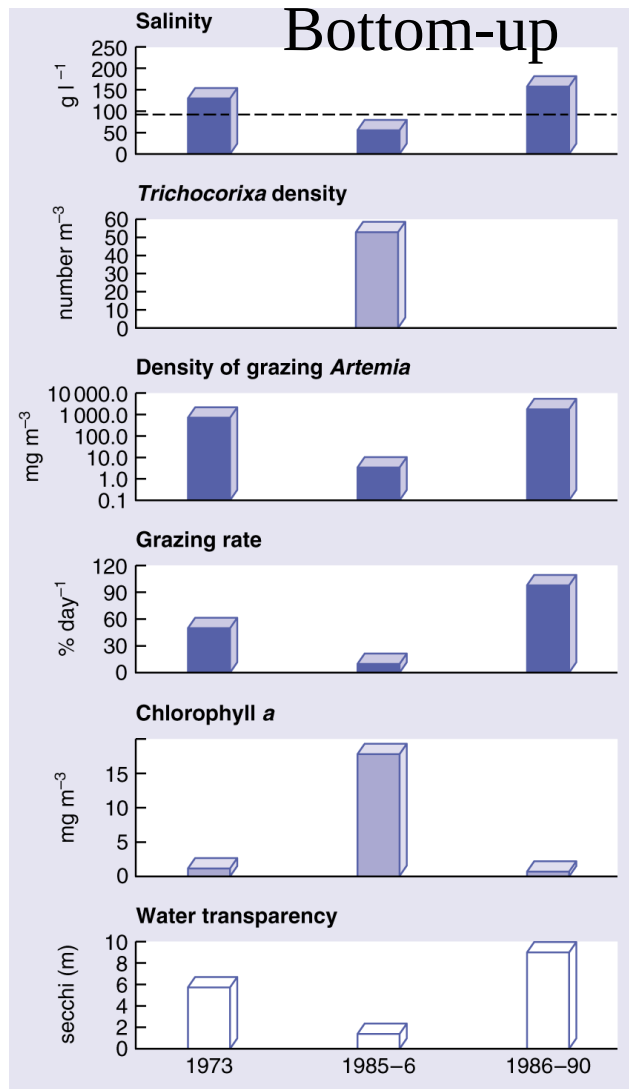
- **Círculos alimentares (loops) – rotas alternativas de alimentação**

Microbial loop

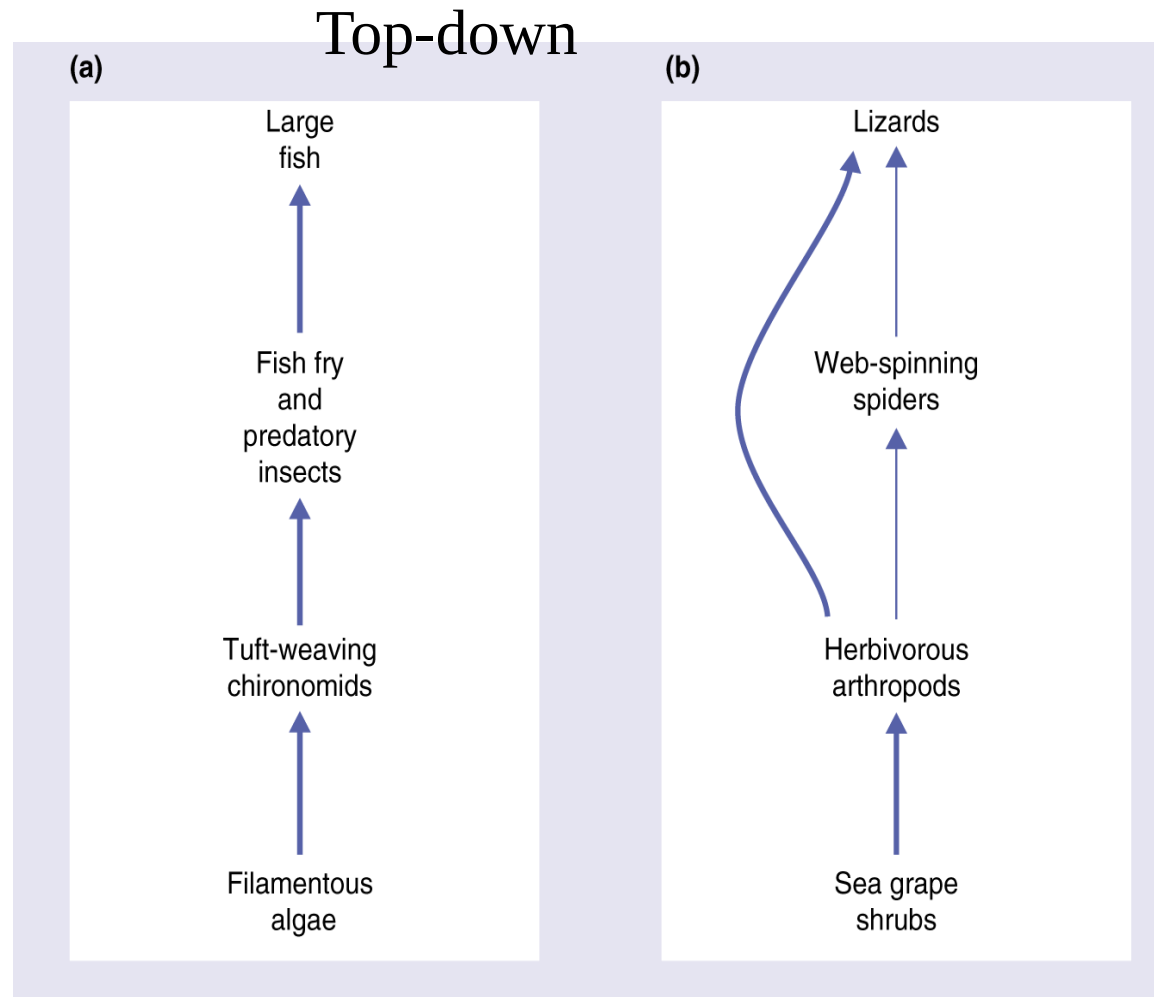


The most energy-efficient route in the food web occurs when zooplankton eat phytoplankton. However, in the microbial loop, bacterioplankton consume the dissolved organic compounds that leak from phytoplankton as well as dead phytoplankton cells. The bacterioplankton are then eaten by exceedingly small grazers like flagellated microplankton (tiny plankton with whip-like tails). These microplankton are in turn wolfed down by ciliate protozoans, which are then gulped by zooplankton.

CONTROLES BOTTOM-UP E TOP-DOWN DAS CADEIAS ALIMENTARES SIMPLES



Salinidade aumenta os invertebrados e logo os seus predadores Great Salt Lake



Comunidade fluvial de montanha: peixes grandes condicionam as algas

Comunidade terrestre das Bahamas: lagartos condicionam os frutos

CONTROLES BOTTOM-UP E TOP-DOWN DAS CADEIAS ALIMENTARES



Dependência da comunidade de factores como a concentração de nutrientes e abundância de níveis tróficos inferiores influenciando os níveis tróficos superiores a partir de baixo

Mecanismo chave: COMPETIÇÃO

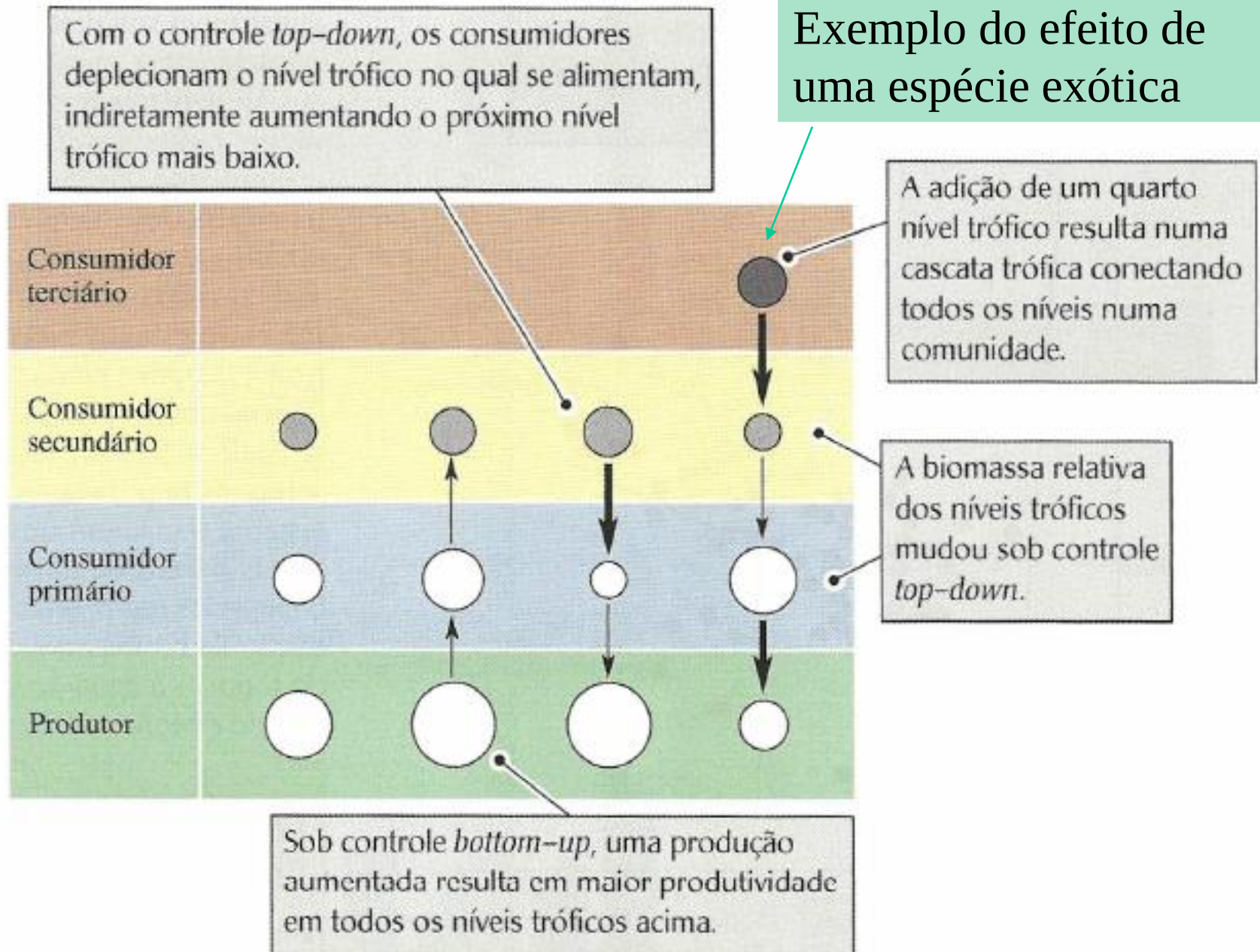


Estrutura dos níveis tróficos inferiores depende do efeito dos consumidores de níveis tróficos superiores

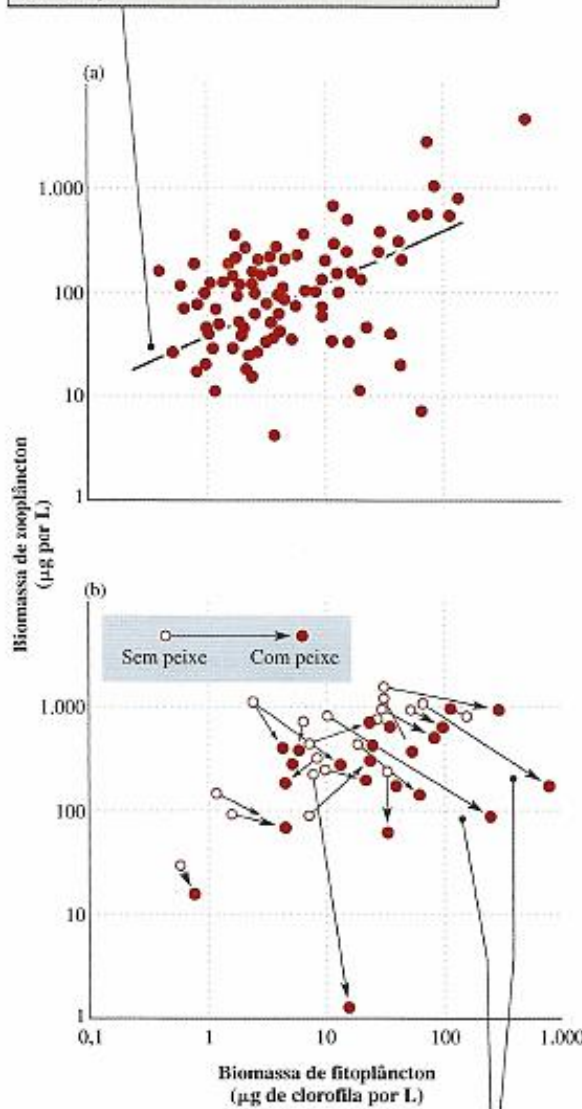
Mecanismo chave: PREDACÃO

Contudo, em muitas situações há um efeito de inversão sucessiva nestes controles: aumento dos predadores/predação > diminuição das presas > aumento dos recursos alimentares/habitat (top-down) > aumento das espécies basais/competição > aumento dos predadores (bottom-up)

Exemplo do efeito de uma espécie exótica



Os tamanhos relativos dos dois níveis tróficos estão positivamente correlacionados, indicando um controle *bottom-up*.



Quando peixes foram adicionados, o zooplâncton diminuiu e o fitoplâncton aumentou, indicando um controle *top-down*.

Relação proporcional directa entre a biomassa de zooplâncton consumidor e de fitoplâncton consumido em lagos sem predadores de topo

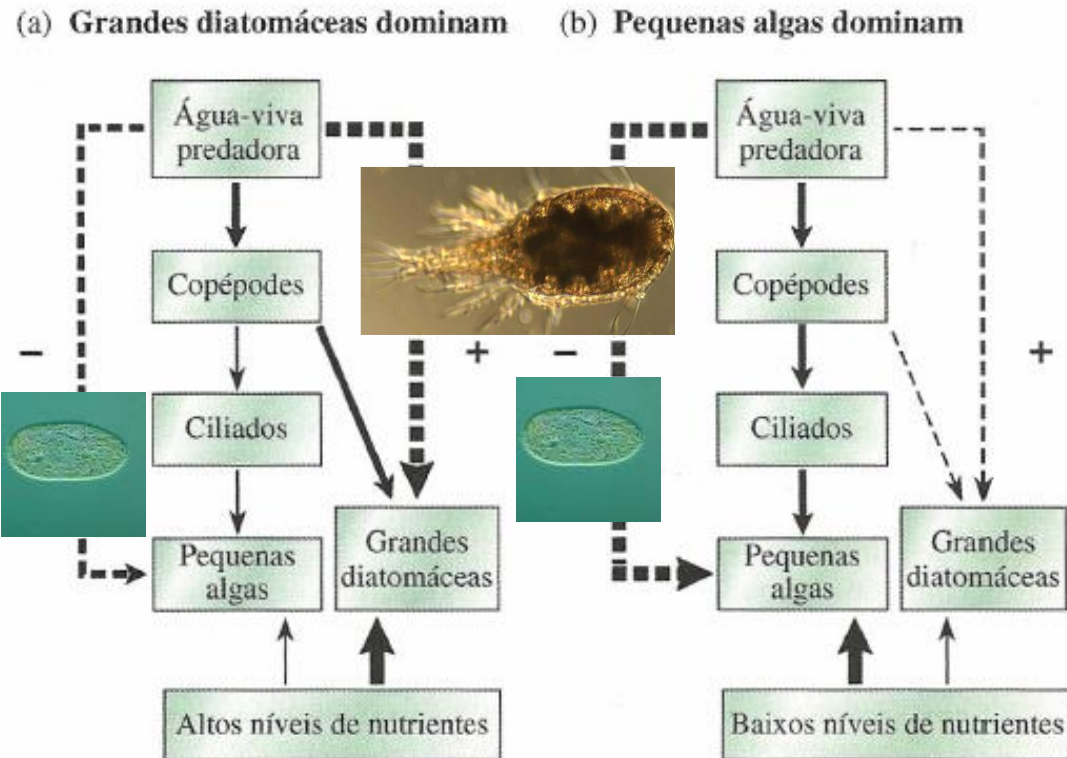
Relação entre a biomassa de zooplâncton consumidor e de fitoplâncton consumido em lagos com peixes predadores introduzidos torna-se diferente e menos predictível

Através de ligações tróficas, os predadores podem influenciar vários níveis tróficos inferiores

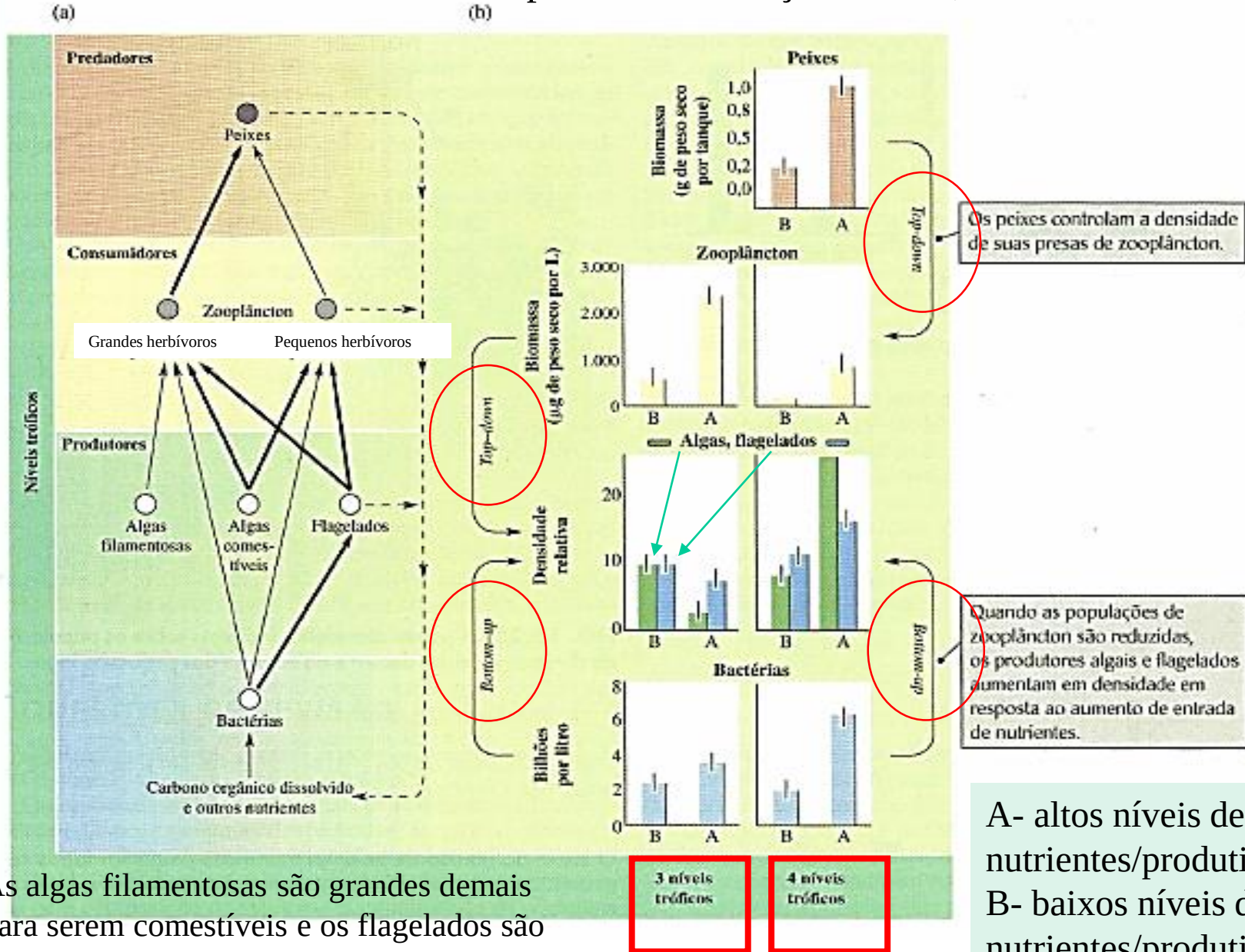
Espessura das setas proporcional ao efeito. Setas a cheio são ingestão directa, a tracejado são efeitos indirectos



FIG. 18.22 Mudança nos níveis de nutrientes pode trocar uma comunidade marinha entre estados estáveis alternativos. (a) Altos níveis de nutrientes favorecem as grandes diatomáceas como produtores primários, que alimentam directamente os copépodes. (b) Em baixos níveis de nutrientes, os copépodes se alimentam dos ciliados, que por sua vez se alimentam das pequenas algas. As setas tracejadas indicam efeito indirectos dos predadores sobre as algas. A espessura da seta é proporcional ao tamanho do efeito. Segundo H. Stibor et al., *Ecol. Lett.* 7:321-328 (2004).



Estrutura da comunidade em resposta a mudanças de produtividade dependem do nº de níveis tróficos. Setas espessas - interações fortes, finas- fracas



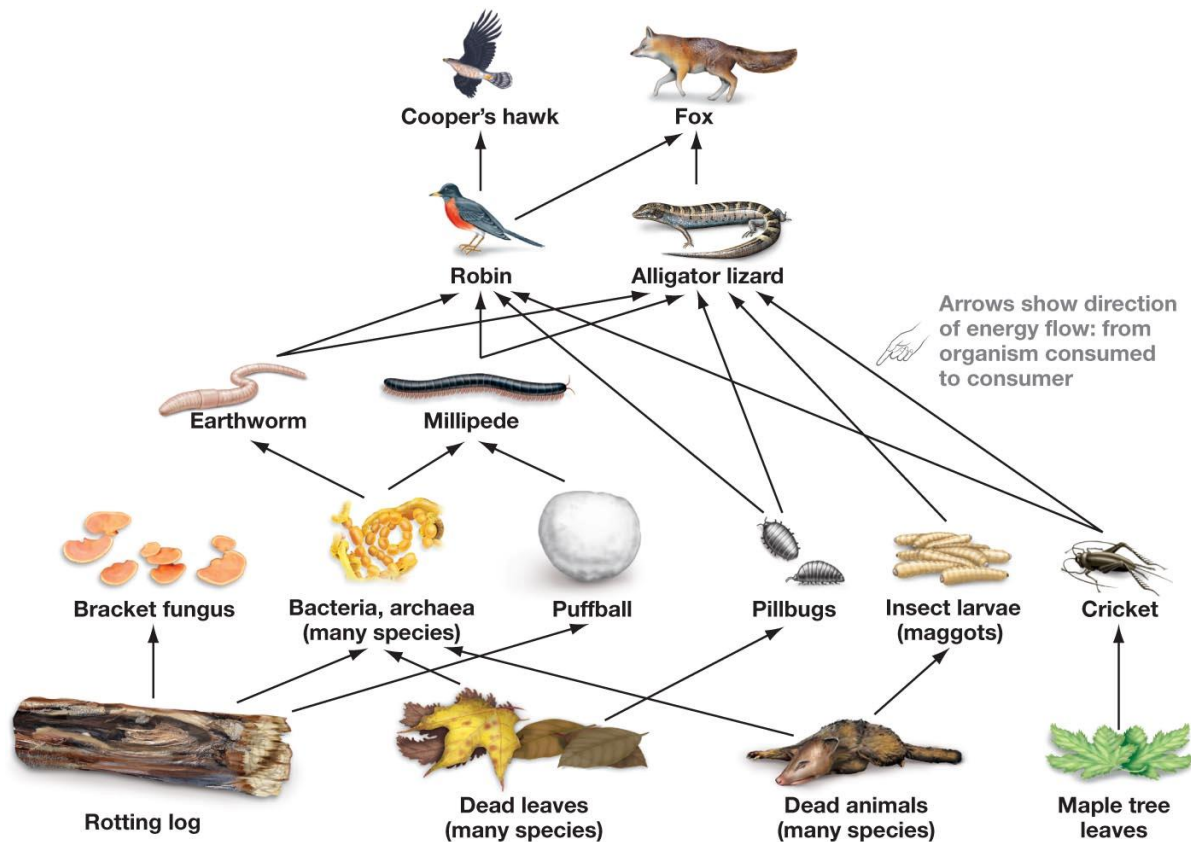
Número dos nós (ou trofo-espécies) é geralmente inverso da posição trófica

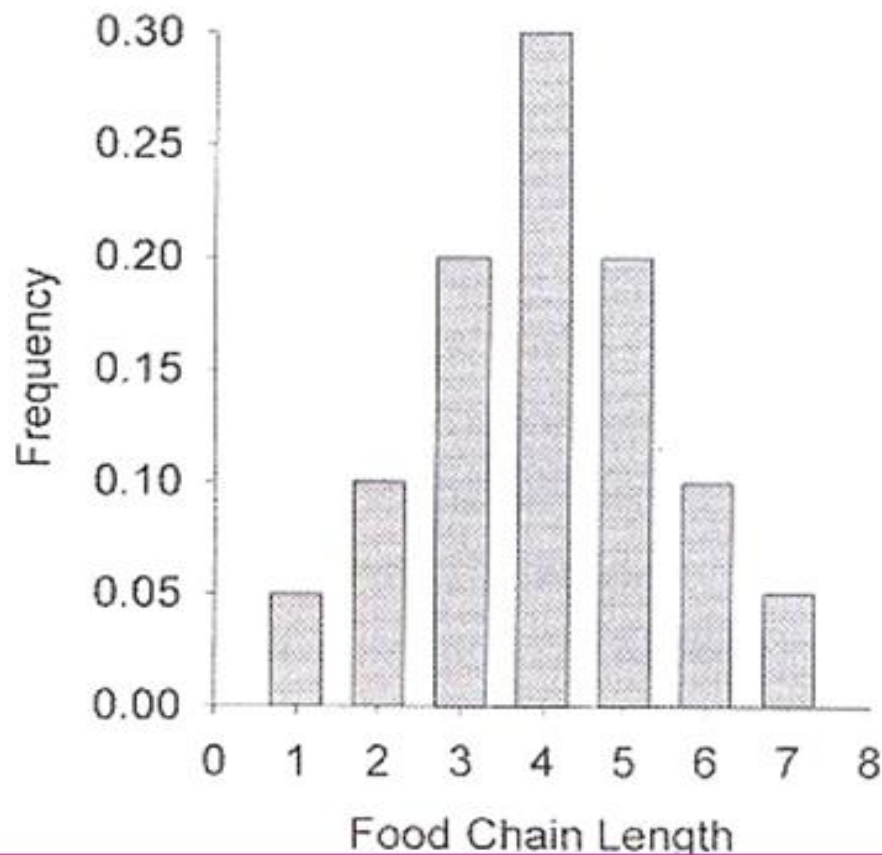
Tamanho da população num dado nível trófico é geralmente inversa da posição trófica

Conetividade- quantas ligações existem numa cadeia trófica

Densidade de ligações tróficas –média de ligações numa cadeia trófica por nó

Conectância (C): representa o número de ligações tróficas existentes (L) dividido pelo número de interações tróficas possíveis (S). $C = L / S.(S-1)$





A maior parte das cadeias são relativamente curtas em termos de níveis tróficos, 3 a 5

PADRÕES RELEVANTES DAS TEIAS TRÓFICAS PARA A PRODUTIVIDADE

- **Maior parte das teias alimentares apresentam um número pequeno de níveis tróficos, não mais do que 5 ou 6 (grandes cadeias parecem ser energeticamente instáveis)**
- **A maior parte dos trofo-níveis predatórios apresenta grande **invalidade** (ou seja, as presas são comuns)**
- ****Omnivoria** parece ser uma posição trófica mais comum do que se pensava (e determinante para a estrutura das cadeias)**
- **As cadeias alimentares de ambientes mais instáveis apresentam menor conectividade e menores interações biológicas por trofo-espécies mas maior estabilidade/resiliência**

ESTABILIDADE DAS TEIAS ALIMENTARES

•As cadeias alimentares podem ser caracterizadas (i) pelo **número de espécies ou de trofo-espécies**, (ii) pela **conetividade** e (iii) pela **densidade das ligações**

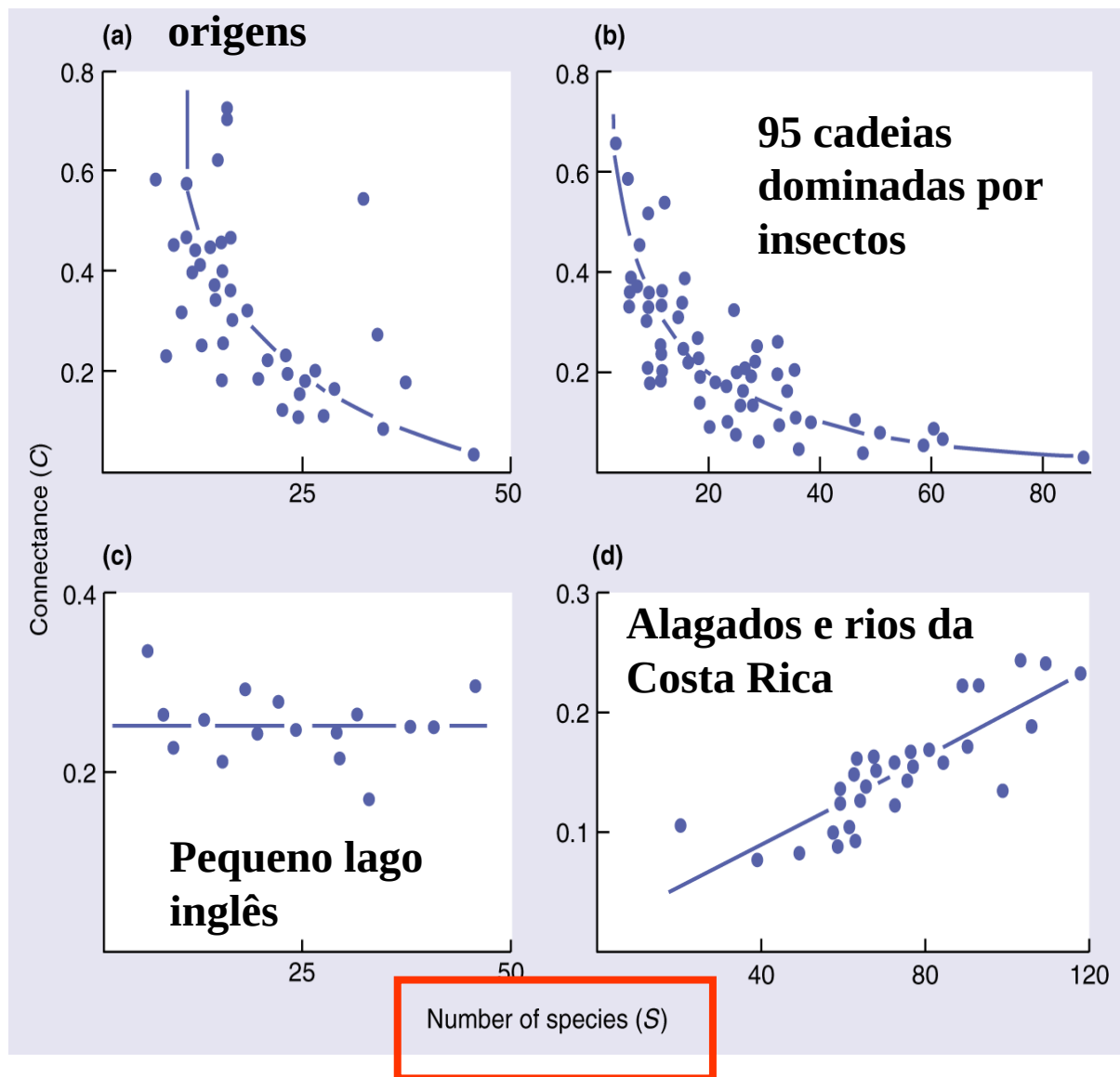
•Nem sempre os sistemas mais complexos e ricos em espécies e trofo-espécies apresentam maior conetividade

Conectância- quantas ligações existem numa cadeia

Densidade de ligações tróficas –

média de ligações por nó numa cadeia trófica

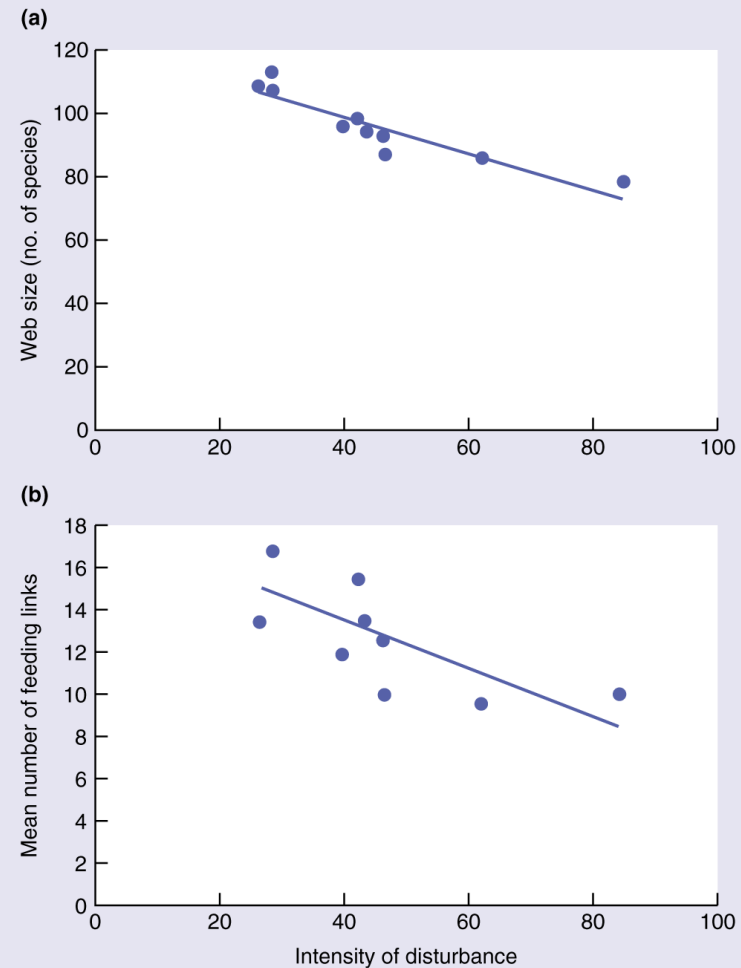
40 casos de várias



Densidade das ligações em relação com a intensidade de perturbação num rio neo-zelandês

Estabilidade de uma teia alimentar é a capacidade de manter a estrutura das suas ligações. Tem dois componentes:

- a) Resistência – capacidade de resistir a mudanças
- b) Resiliência – capacidade de retornar ao estado inicial (de referência) depois da mudança (e.g. por aumento de taxas de natalidade)

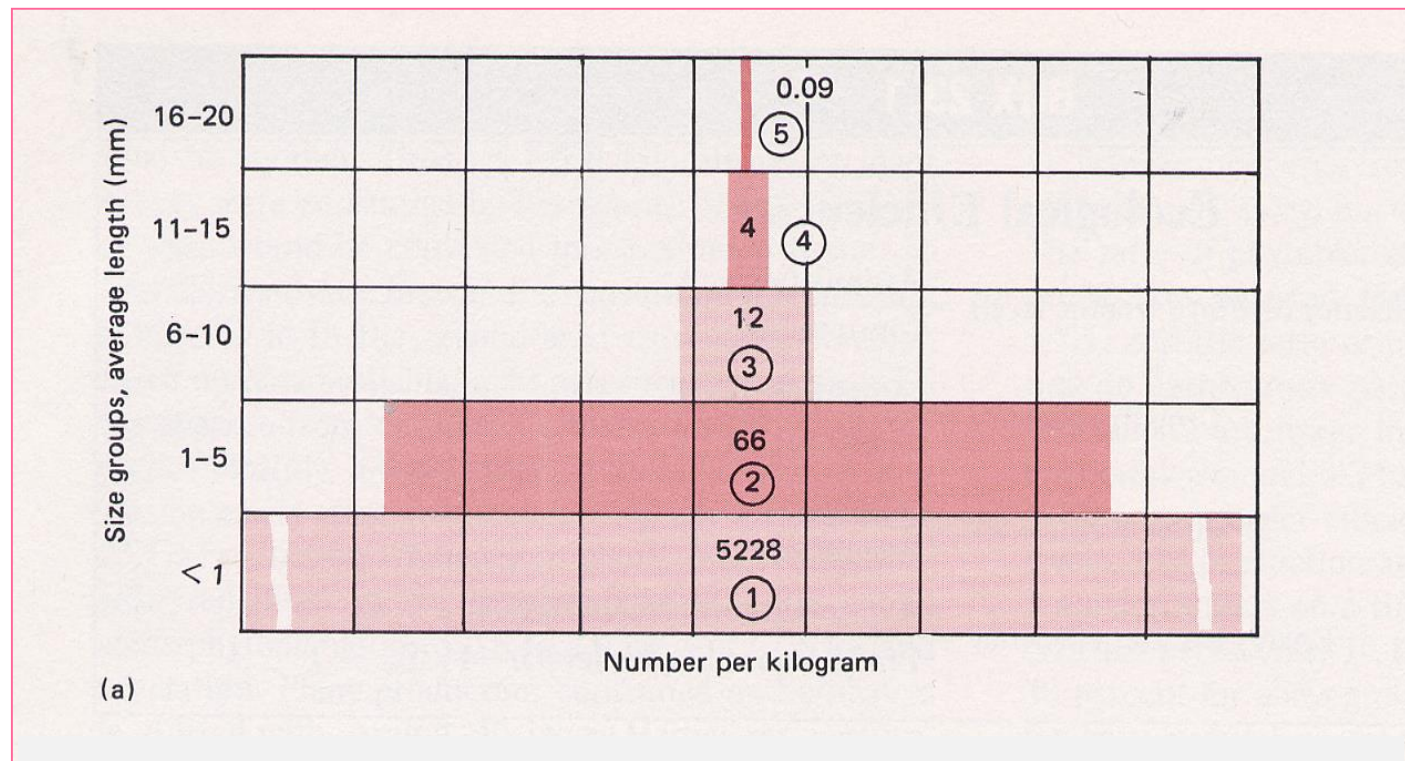


Comunidades mais complexas exibem uma estabilidade de resistência, ou seja, são mais dificilmente perturbadas porque existem mais vias alternativas para o fluxo de energia. No entanto, quando são perturbadas, por serem mais complexas, demoram mais a recompor sua estrutura inicial.

Comunidades mais simples são perturbadas com mais facilidade. Contudo, uma vez perturbadas, por serem mais simples, conseguem recompor a sua estrutura inicial mais rapidamente, sendo portanto mais resilientes do que comunidades complexas

EXPRESSÃO NUMÉRICA DOS NÓS NAS CADEIAS ALIMENTARES E SEU SIGNIFICADO

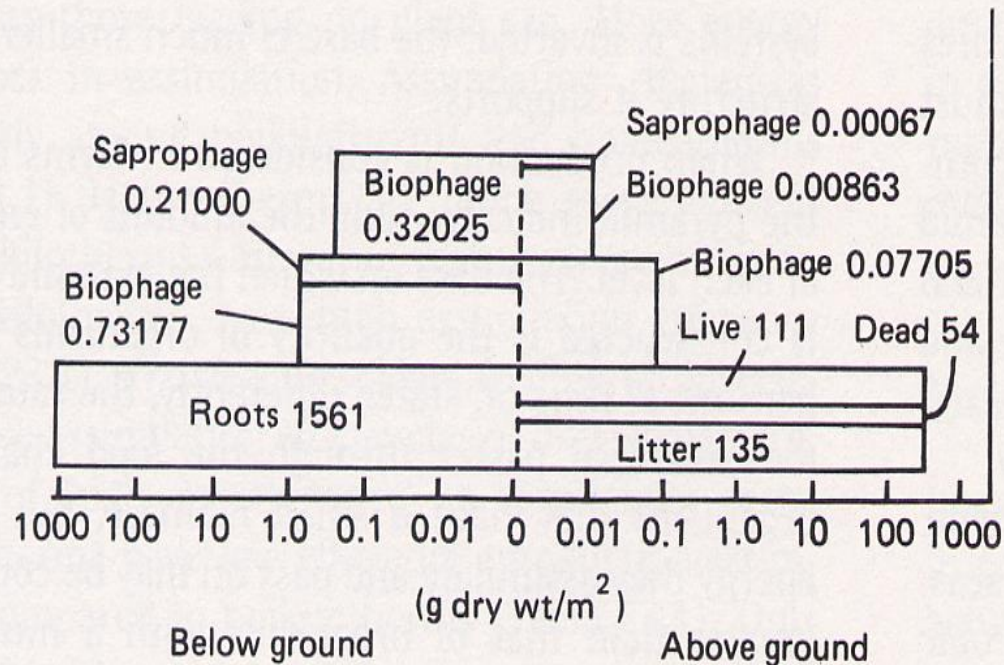
PIRÂMIDES DE NÚMERO (ELTONIANAS) indivíduos/ área



Metazoários da manta morta de floresta caducifólia

EXPRESSÃO NUMÉRICA DOS NÓS NAS CADEIAS ALIMENTARES E SEU SIGNIFICADO

PIRÂMIDES DE BIOMASSA peso/área

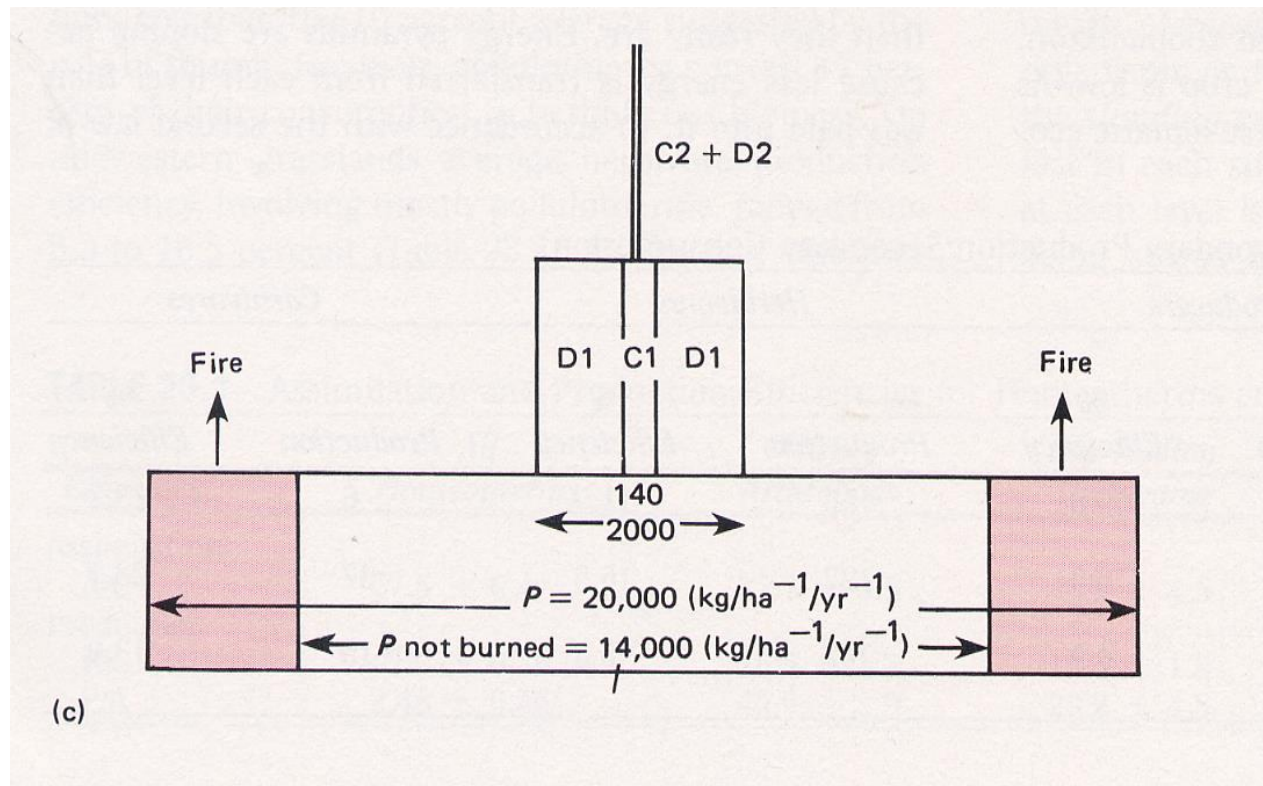


Comunidade de herbáceas em pradaria do norte dos EUA

Incluindo biomassa morta e viva, acima e abaixo do solo, em escala logarítmica

EXPRESSÃO NUMÉRICA DOS NÓS NAS CADEIAS ALIMENTARES E SEU SIGNIFICADO

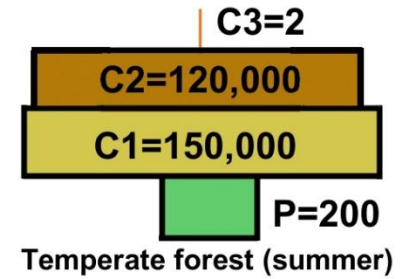
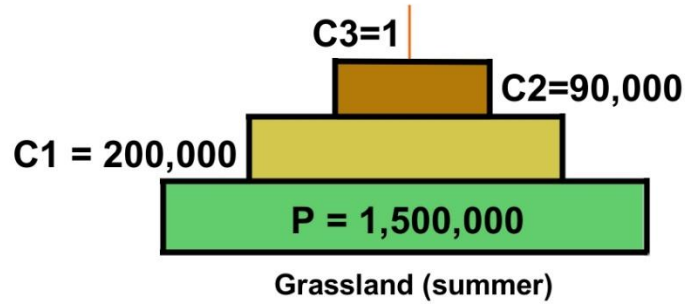
PIRÂMIDES DE PRODUTIVIDADE peso/área/tempo



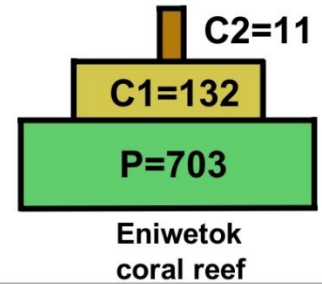
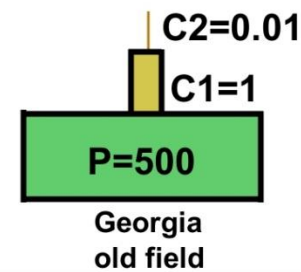
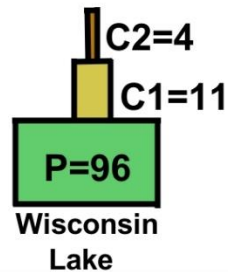
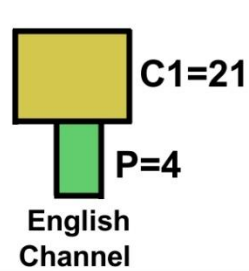
Comunidade de savana em Lamto, Costa do Marfim

P-produção primária; C1- consumidores primários; C2-consumidores secundários; D1- decompositores de material vegetal; D2- decompositores de material animal

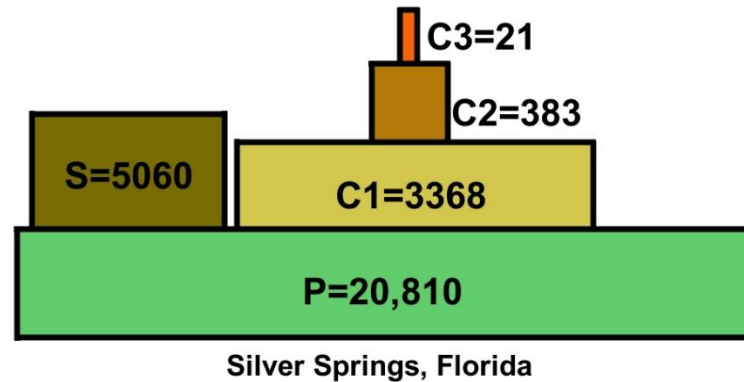
Numbers
(Individuals / 0.1 ha)



Biomass
(g / m²)

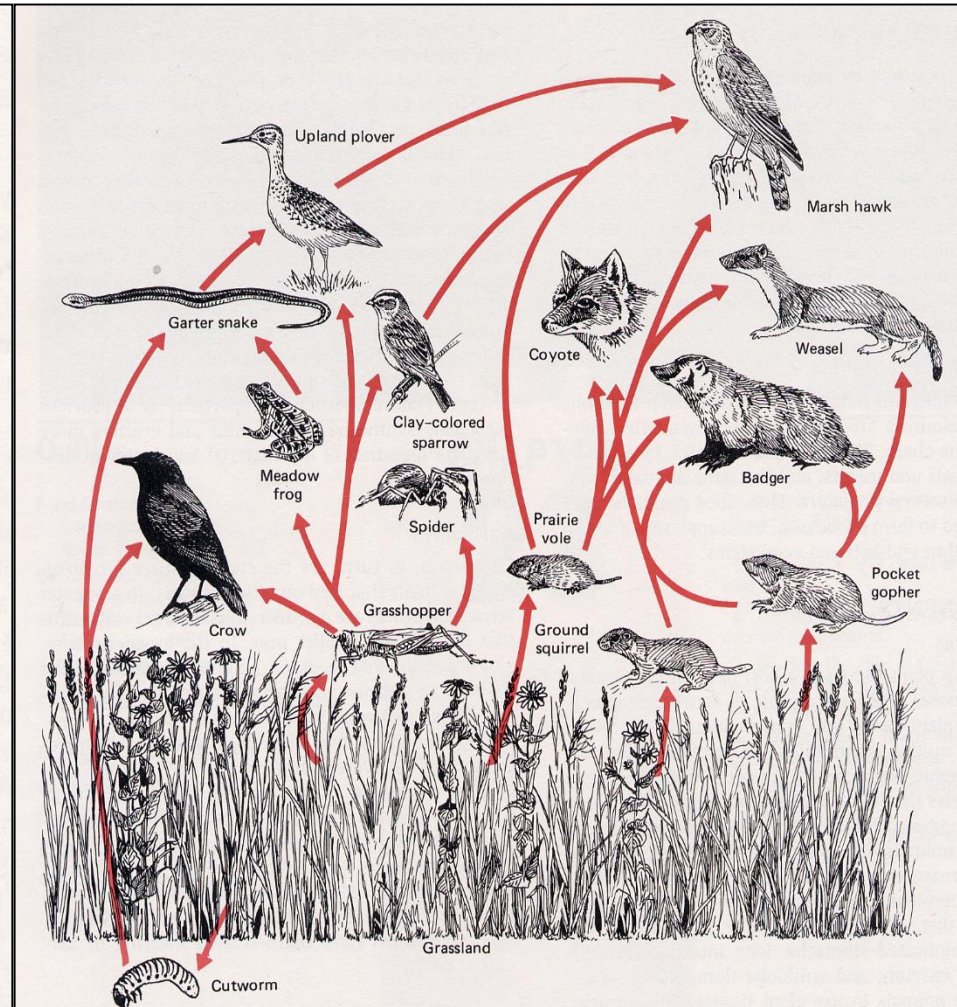
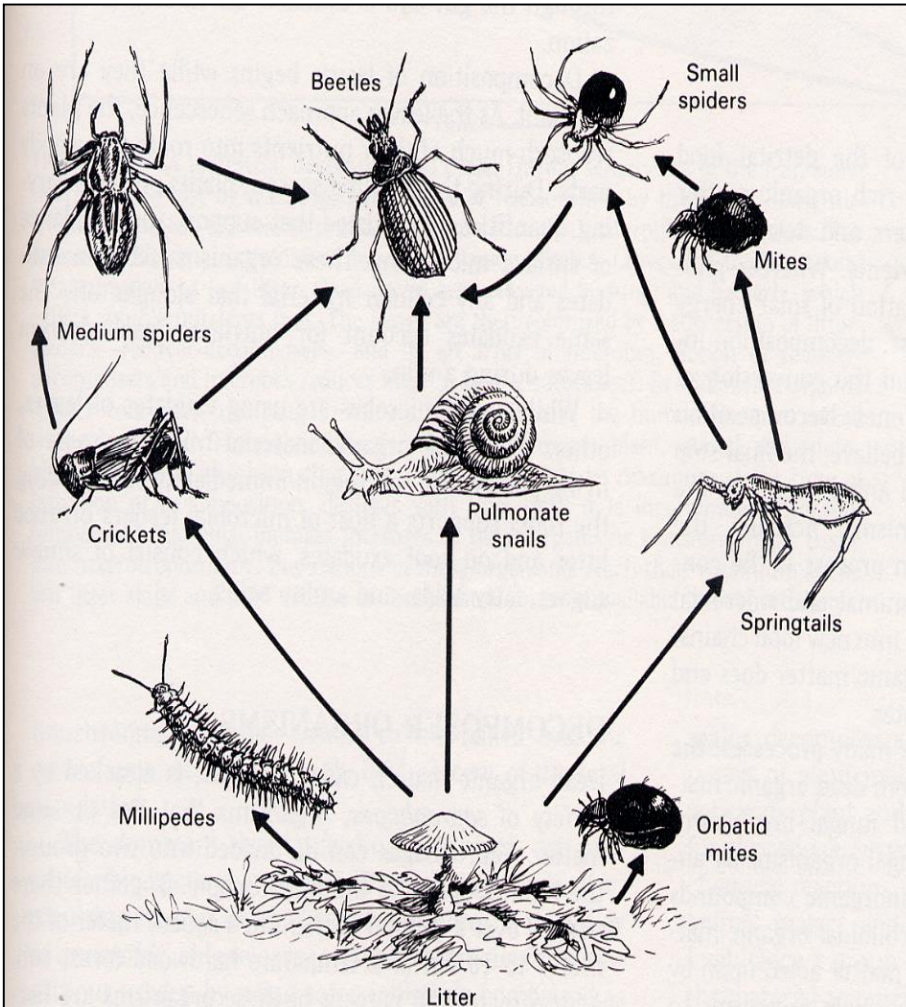


Energy
(kcal m⁻² yr⁻¹)

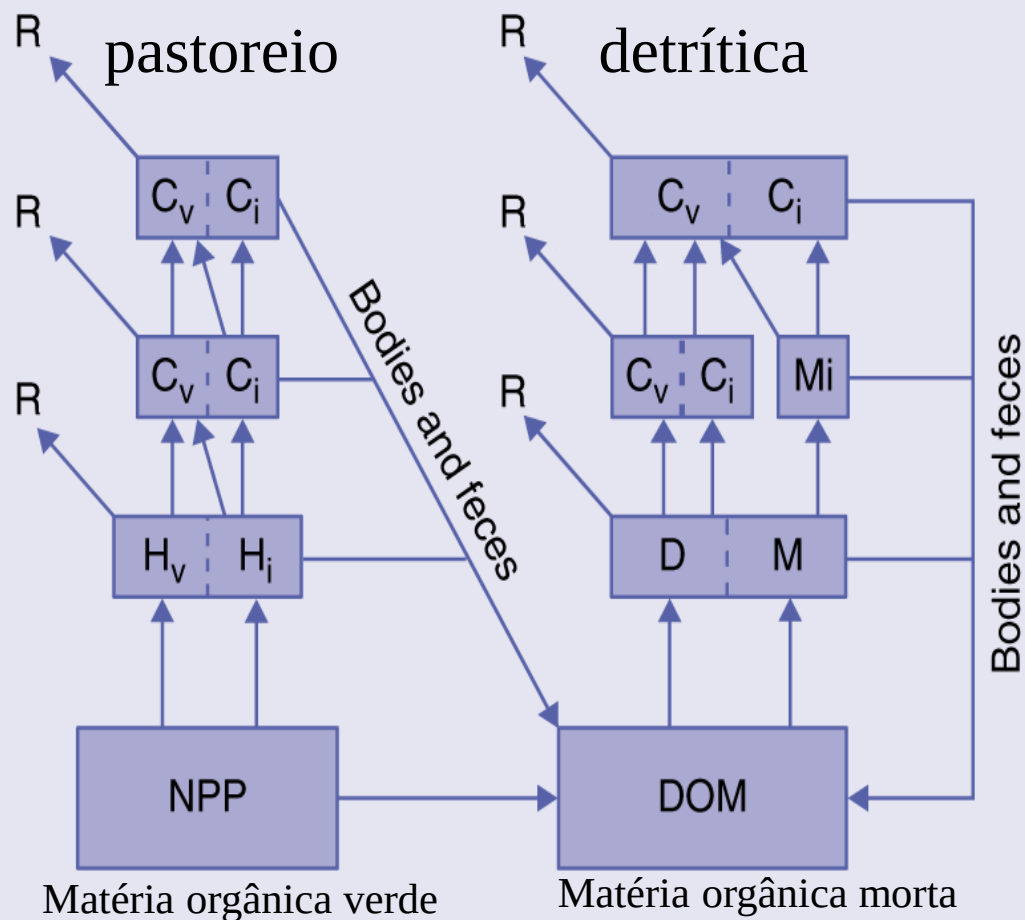


DUAS VIAS ALIMENTARES NAS TEIAS:

DETRÍTICAS detritic (baseadas em material não vivo) E DE **PASTOREIO** grazing (baseadas em organismos vivos)



Modelo geral da estrutura trófica integrando as cadeiras detriticas e de pastoreio



v	Vertebrate
i	Invertebrate
NPP	Net primary production
DOM	Dead organic matter
H	Herbivore
C	Carnivore
D	Detritivore
M	Microorganisms
Mi	Microbivore
R	Respiration

Importância relativa dos sistemas de pastoreio e detrítico em diferentes sistemas ecológicos

