

CENTRO CULTURAL LIGHT

CURSO SOBRE

ECOSSISTEMAS DO RIO DE JANEIRO

Horário: segunda-feira, 13-14:00 hs

Período: 28/07 a 01/09

Prof. Claudio Belmonte de Athayde Bohrer, Eng. Florestal MSc PhD

Email: bohrer@vm.uff.br

Lab. Ecologia e Biogeografia - Departamento de Geografia

Instituto de Geociências - Universidade Federal Fluminense

Campus da Praia Vermelha - Niterói

ECOLOGIA

- “Oikos” (casa) + “Logos” (estudo); “economia da natureza” (E. Haeckel, 1870).
- Estudo científico das interações entre os organismos e o seu ambiente
- Ambiente = ambiente físico (temperatura, umidade, etc.) + ambiente biótico (influência de outros organismos)
- Mestres gregos e romanos já discutiam como as plantas e animais estão relacionadas ao ambiente
- Princípios ecológicos atuais: raízes no trabalho de naturalistas, agrônomos, geógrafos e demógrafos (séc. XVII e XVIII), fitogeógrafos, biólogos aquáticos e zoólogos (nascimento da disciplina no final do séc. XIX); Século XX: aceleração e ampliação, trabalhos sobre comportamento animal, evolução, zoogeografia, comunidades vegetais, estatística, física e matemática (modelos)

Conceitos Básicos (critérios, níveis de abordagem)

- **População:** “grupo de indivíduos de um espécie que ocupam uma determinada área”

A Ecologia de Populações (Autoecologia) estuda os fatores bióticos e abióticos que determinam a abundância e flutuações populacionais de uma determinada espécie.

- **Comunidade (Biocenose):** “mistura de populações de diferentes espécies em uma área definida”

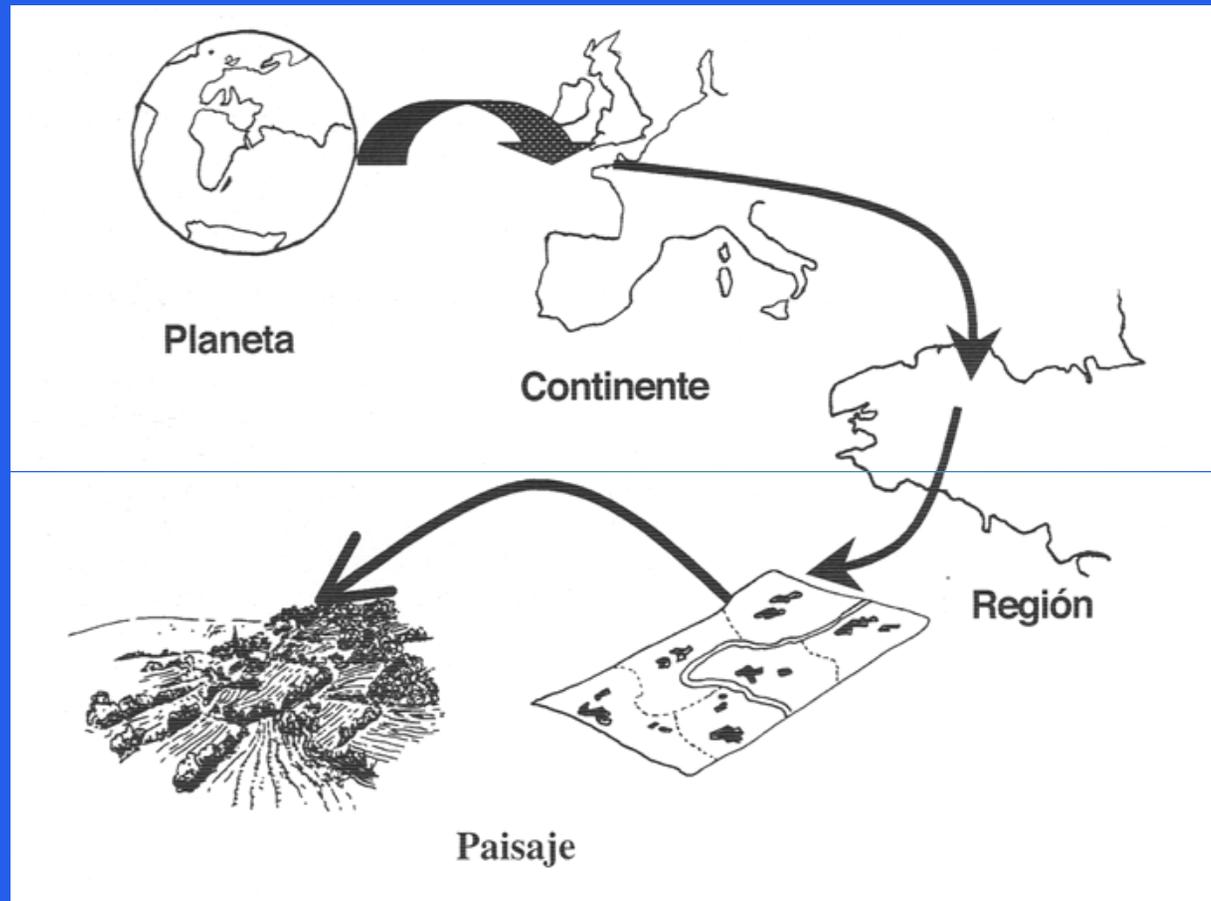
A Ecologia de Comunidades (Sinecologia) estuda os padrões de alocação de recursos entre as espécies, sua abundância espacial e temporal (dinâmica e sucessão)

- **Ecossistema (Biogeocenose):** “sistema aberto que combina comunidades de plantas e animais com o ambiente físico”

A Ecologia dos Ecossistemas estuda a circulação, transformação e acumulação de matéria e energia através dos organismos e de suas atividades, enfocando a identificação das vias (estrutura), como funcionam (função) e a quantificação dos processos (produtividade, ciclagem de nutrientes)

Principais conceitos ecológicos geralmente ordenados (hierarquia espacial)

Biosfera > bioma > paisagem > ecossistema > comunidade > população > organismo > célula



Ordem não corresponde a níveis definidos pela escala dos sistemas ou fenômenos observados (não são estritamente relacionados hierarquicamente)

Propriedades da População

- **Natalidade:** % de nascimento / população total
- **Mortalidade:** % de óbitos / população total
- **Tabela / pirâmide de vida:** distribuição etária da população
- **Taxa de crescimento (R):** mede a variação da população no tempo (depende dos fatores ambientais, da taxa intrínseca da população, e da competição intra- e interespecífica): $R = dN/dt$
- **Potencial biótico:** capacidade reprodutiva máxima (R_{max})
- **Curva de crescimento populacional:** exponencial (J) ou logística (sigmoidal)
- **Oscilações cíclicas:** anual, sazonal, explosões populacionais
- **Capacidade de suporte (K):** limite superior da curva (população em equilíbrio)

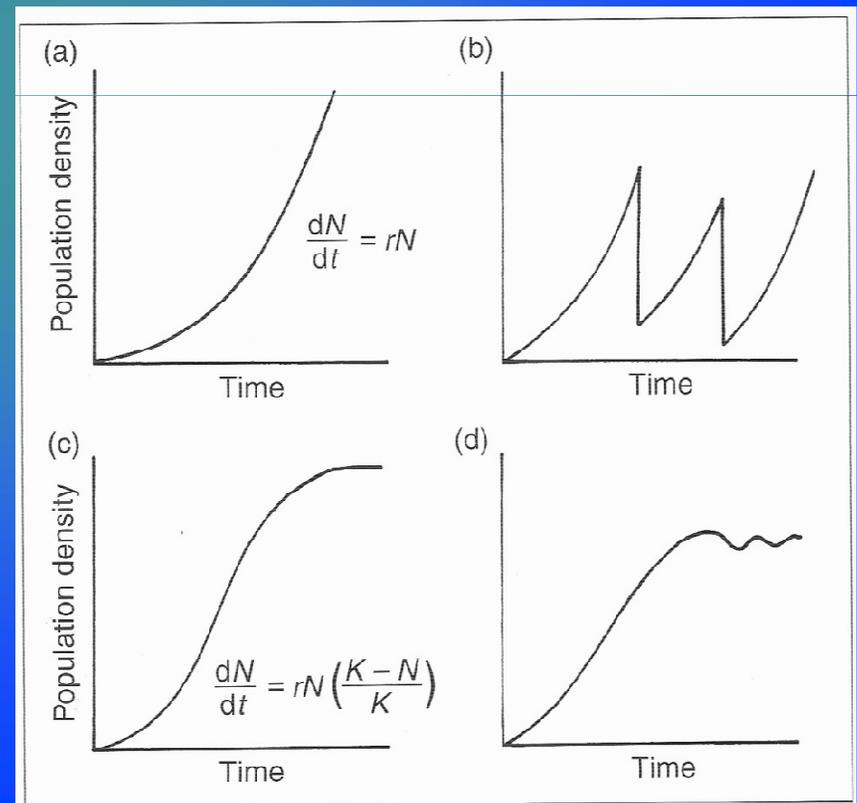




Figure 4.29 Idealised age pyramids for (a) stable, (b) increasing and (c) declining populations. Populations with high proportions of young or old organisms are indicative of increasing and decreasing populations respectively. However, this conclusion will only hold if survivorship is not markedly different between the age classes.

Pirâmide de Vida (faixa etária)

- População estável, em crescimento ou declínio
- Mudanças em população teórica de aves (modelo), resultado do aumento na sobrevivência de ovos em 4 gerações (mortalidade de 50% em cada faixa etária)

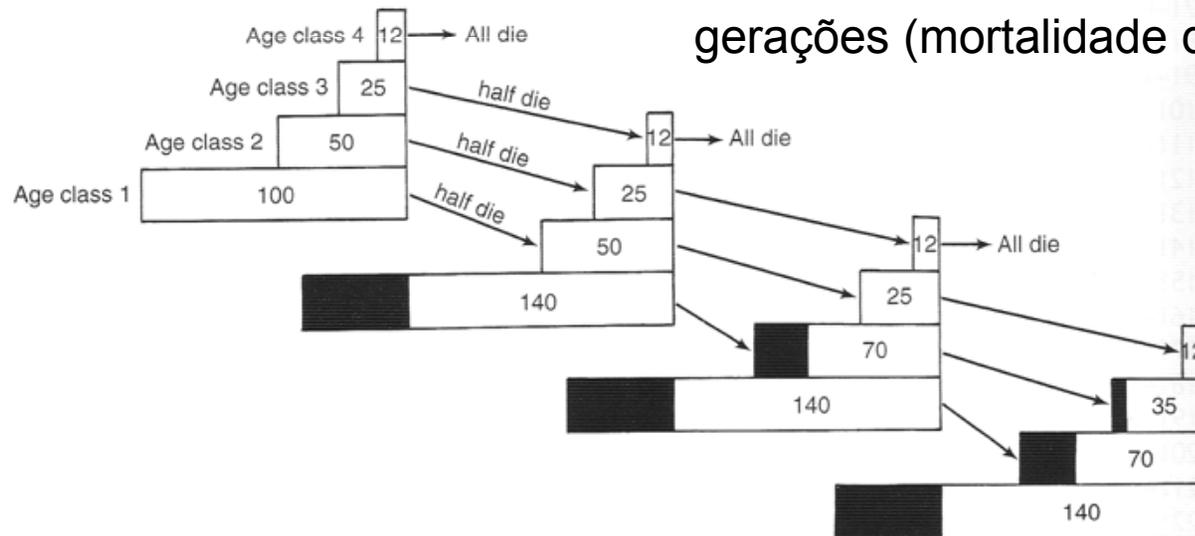


Figure 4.30 Age pyramids for a theoretical bird population showing change in pyramid shape as a result of increased egg survival over four generations. In the model, half the individuals in each age class die (adapted from Whittaker 1975).

Curvas de sobrevivência e variação populacional

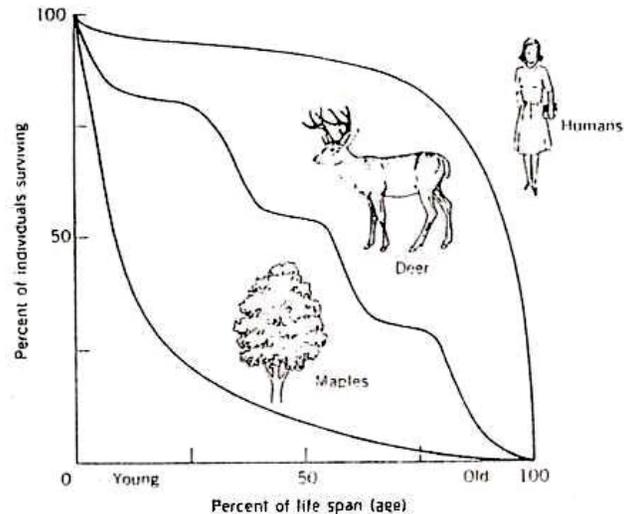


Figura 7 Curvas de sobrevivência de três espécies.

Efeito das interações com o ambiente físico (clima, nutrientes), outros organismos (competição, predação, parasitas) e da biologia da espécie (taxa de natalidade, comportamento)

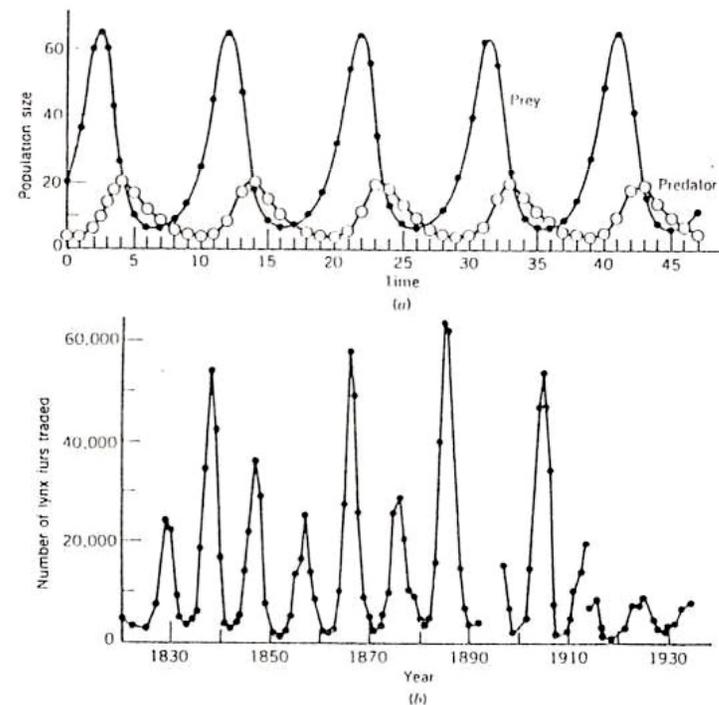


Figura 8 Ciclos de predador e presa. As curvas em (a) são predições a partir de equações, enquanto a curva (b) representa dados da população de lince estimados a partir do comércio de peles em parte do Canadá.

- **Territorialidade:** auxilia a busca e manutenção do estoque alimentar, proteção contra predadores e doenças, treinamento da prole, controle populacional (competição intra-específica)

- território: área (perímetro), espaço defendido por indivíduo, casal ou família

- comportamento de grupo (dominância): aves, mamíferos (primatas)

- **Dispersão:** padrão de distribuição espacial (aleatório, uniforme/sistemático, agrupado), devido a diferenças locais entre habitats, variações climáticas sazonais ou diárias, processos reprodutivos, e atrações sociais (animais)

- **Controle da população:**

- dependente da densidade: "*feedback*" (retroalimentação)

- independente: clima, recursos, alimentos

- predação: impede dominância de poucas espécies (indução da diversidade)

- controle biológico: práticas de controle populacional por parasitas e predadores

- **Habitat:** " local " onde vive a população (ambiente físico)
- **Nicho:** " conjunto de recursos necessários para a sobrevivência e reprodução de um indivíduo de uma população específica "
- **Função:** papel funcional da espécie numa comunidade, incluindo as variáveis ambientais que afetam a espécie.
- **Definição de espécie:** conjunto de habilidades de extrair recursos, de sobrevivência à competição, associado a um conjunto correspondente de necessidades
- Qualidade do ambiente (**amplitude do nicho**): conjunto de condições ecológicas em que uma espécie pode explorar uma fonte de energia suficiente para reproduzir-se e colonizar novas áreas; pacote de recursos (fatores ambientais) que podem ser medidos e descritos quantitativamente; totalidade das variáveis ambientais e papéis funcionais para os quais uma espécie está adaptada (**nicho fundamental**)
- Diferença entre o nicho fundamental e o nicho realizado: competição e outros fatores ambientais
- Nicho largo (ampla gama de recursos): espécie **generalista**
- Nicho estreito (**especialista**): explora eficientemente uma estreita faixa de recursos; especialização reduz a competição.
- Equivalente ecológico: organismos com nichos semelhantes em diferentes ecossistemas ou regiões; ex: tatu/pangolim (Africa), onça/leopardo.

COMUNIDADES ECOLÓGICAS

- **Comunidade:** reunião de populações de espécies em um tempo e local em particular.
- Interações entre as espécies e agrupamentos distintos de espécies
- **Composição de espécies:** que espécies estão presentes
- **Diversidade de espécies** (riqueza): número de espécies
- **Dominância:** que espécies são mais abundantes e em quanto
- **Espécies raras e formas de crescimento** (biológicas): árvores, arbustos, suculentas, epífitas
- **Equivalentes ecológicos:** grupos de espécies que utilizam um tipo de recurso de um modo similar (mesmo nicho)

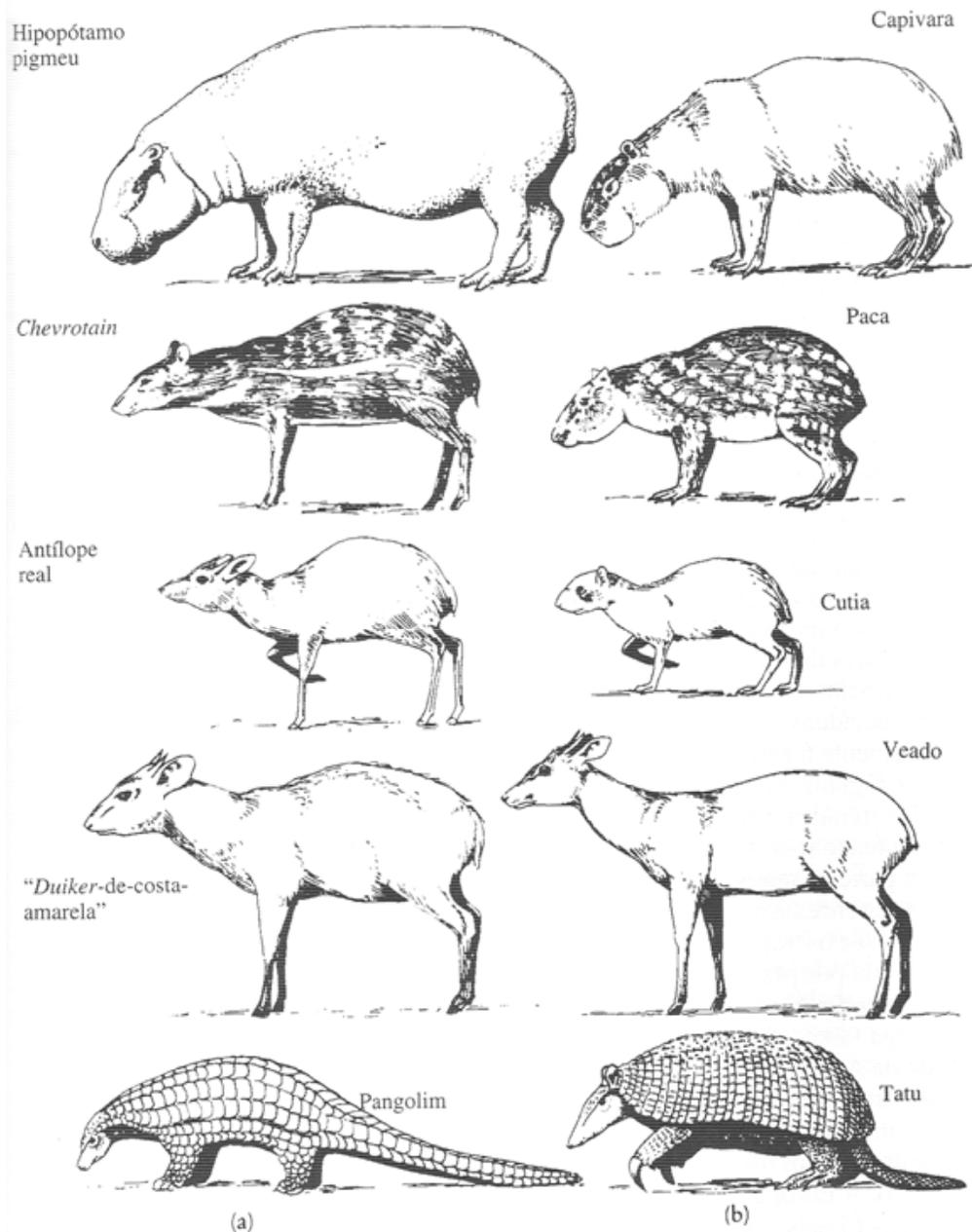
Interações Populacionais entre Duas Espécies

Tipo de interação	Espécie		Natureza da interação
	1	2	
Neutralismo	0	0	nenhuma esp. afeta a outra
Competição: interferência direta (alelopatia)	-	-	inibição direta de cada espécie pela outra
Competição: utilização de recursos	-	-	inibição indireta
Amensalismo	-	0	esp. 1 inibida; esp. 2 não é afetada
Parasitismo	+	-	esp. 1 (parasita) geralmente menor que esp. 2 (hospedeiro)
Predação (inclui herbivoria)	+	-	esp. 1 (predador) geralmente maior que esp. 2 (presa)
Comensalismo	+	0	esp. 1 (comensal) é beneficiada e esp. 2 (hospedeiro) não é afetada
Protocooperação	+	+	interação favorável a esp. 1 e 2, não-obrigatória
Mutualismo	+	+	interação favorável a esp. 1 e 2, obrigatória

+ : espécie é afetada favoravelmente

- : espécie é afetada desfavoravelmente

0 : espécie não é afetada



Convergência evolutiva
(ocupação do mesmo nicho
ecológico) entre espécies
de mamíferos sem
parentesco próximo das
Regiões Neotropical e
Afrotropical

FIGURA 25.6 Convergência morfológica entre mamíferos africanos não-aparentados de floresta úmida (a) e sul-americanos (b). Cada par foi desenhado na mesma escala. Segundo F. Bourlière, em B. J. Meggars, E. S. Ayensu, e W. D. Duckworth (eds.), *Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America: A Comparative Review*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. (1973), pp. 279-292.

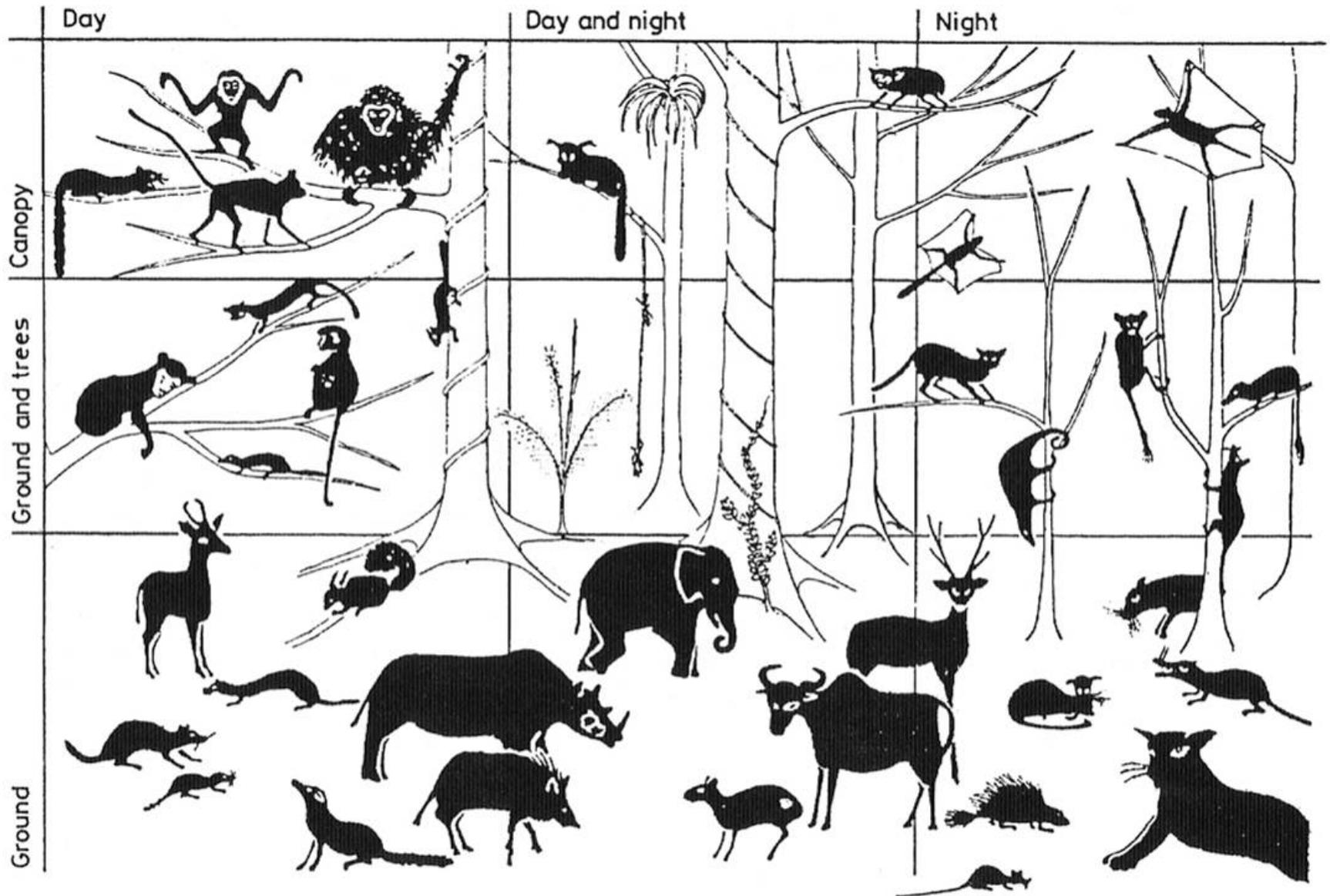
- **Estrutura vertical** (comunidade vegetal terrestre): um produto do tamanho e das características dos ramos e folhas das plantas, dependente da penetração de luz.
- Estratos mais ou menos distintos de vegetação: dossel arbóreo superior, intermediário e inferior (sub-bosque), estratos arbustivo e herbáceo, cada qual recebendo progressivamente menos luz.
- Espécies animais distribuídas verticalmente: certos animais ocupam o dossel superior, outros o sub-bosque, etc.
- Comunidades aquáticas: estratificação vertical pronunciada, em grande parte ligada aos gradientes de temperatura, luz e oxigênio
- Distribuição horizontal das espécies: padrões complexos.
- Limite abrupto entre dois tipos de vegetação (ex. campo e floresta): zona de sobreposição (**ecotono**) estreita e composta principalmente por uma mistura de espécies de ambos os tipos.
- Zona de sobreposição larga: mosaico de manchas de cada tipo de vegetação intercalados (enclave).
- Mudança gradual na composição de espécies através do espaço: **continuum** ou **série contínua**.

Estrutura vertical e horizontal de um ecossistema de floresta tropical



Fig. 2.3 Profile diagram of mixed forest, Moraballi Creek, Guyana. From Davis & Richards (1933–34, p. 368). The diagram represents a strip of forest 135 ft (41 m) long and 25 ft (7.6 m) wide. Only trees over 15 ft (4.6 m) high are shown.

Nichos da fauna



Zonas de alimentação
de cinco espécies de
aves em floresta de
coníferas

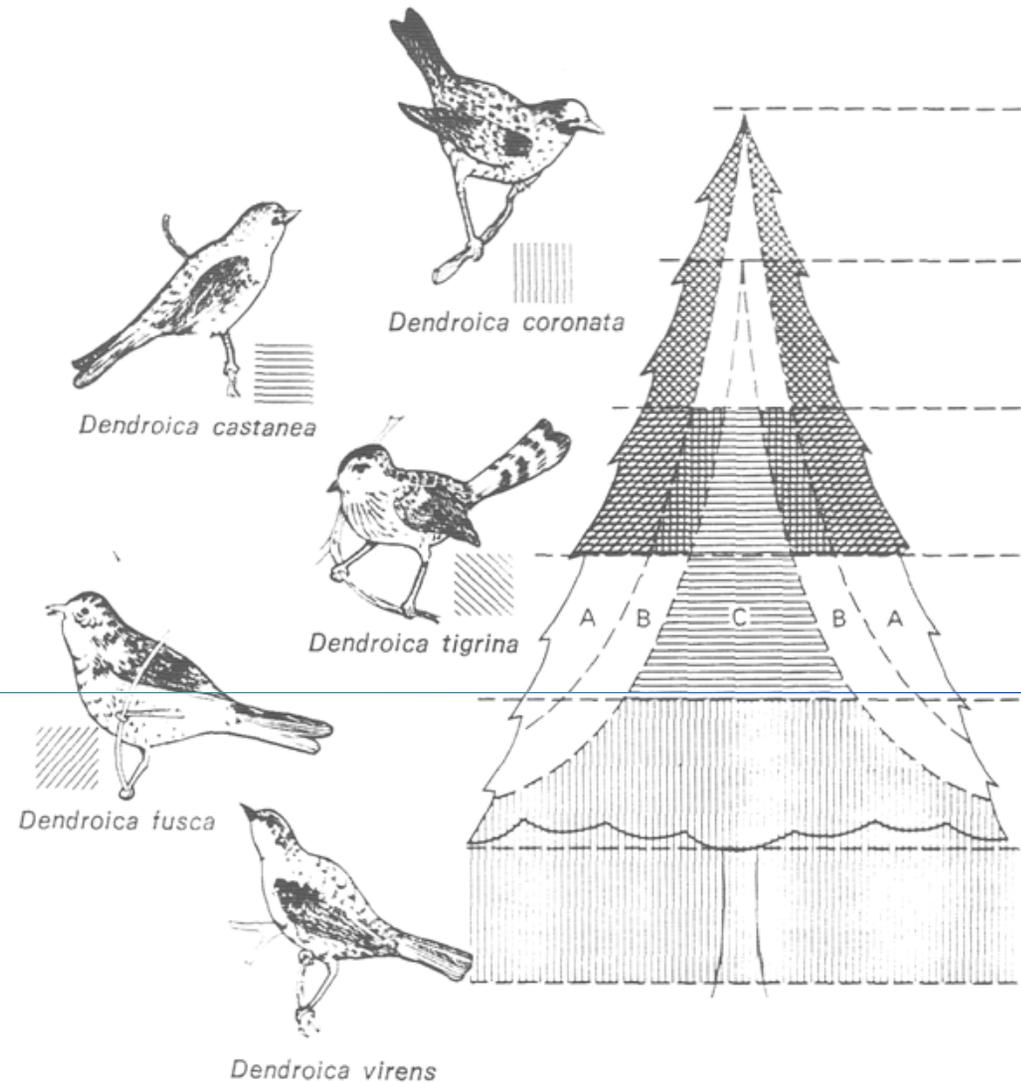


FIG. 1.21

Una picea ocupada por cinco especies de picajollas norteamericanos, indicando las zonas de alimentación de cada especie. No sólo existen zonas verticales, sino también zonas concéntricas: A, zona externa de agujas y yemas nuevas; B, zona media de agujas viejas; C, zona interna de ramas desnudas o cubiertas por líquenes. El sombreado indica dónde cada especie pasa como mínimo la mitad de su tiempo. (Procedencia: Hanson, 1964.)

Evolução do Conceito e Estudo do Ecossistema

- Elton (1927): conceito de teia alimentar, resumindo as relações de alimentação entre plantas, herbívoros e carnívoros
- Tansley (1936): sistema que engloba o complexo de organismos com o complexo de fatores físicos
- Lotka (1925): uso de princípios da termodinâmica, enfocando as transformações de massa entre os seus componentes
- Lindeman (1942): ecossistema como unidade fundamental da Ecologia, juntamente com o conceito de teia alimentar (níveis tróficos), incluindo os nutrientes inorgânicos na base, e as transformações energéticas entre os níveis (pirâmide)
- Evans (1956): ecossistema envolve a circulação, transformação e acumulação de energia e matéria pelos organismos e suas atividades; processos biológicos (fotossíntese, decomposição, herbivoria, predação, parasitismo, simbiose) responsáveis pelo transporte e armazenagem de energia e materiais; interações dos organismos (teia alimentar) como vias de distribuição

- Odum (1953): ecossistemas representados através de diagramas de fluxo, com cada nível trófico equivalente a um compartimento, representando sua biomassa (ou o seu equivalente em energia ou nutrientes), com vias através do compartimento representando o fluxo de energia e de elementos
- Van Dyne (1966), Watt (1968): uso de modelos (analogia matemática) que levam em consideração as propriedades dinâmicas do ecossistema e o efeito de perturbações alterando condições ambientais e abundância de espécies; enfoque holístico, enfatizando o comportamento do sistema como um todo
- Odum (1968), Margalef (1963): desenvolvimento (sucessão) na direção de um ecossistema estável, com um máximo de biomassa (ou alto conteúdo de informação) e funções simbióticas mantidas em relação à unidade de energia disponível (“homeostasis”); diversidade biológica como medida do teor de informação contida no sistema
- Allen & Starr (1982): estrutura hierárquica do sistemas, do organismo ao ecossistema, com cada nível da hierarquia possuindo sua própria escala espacial e temporal

Pirâmide ecológica de energia (níveis tróficos)

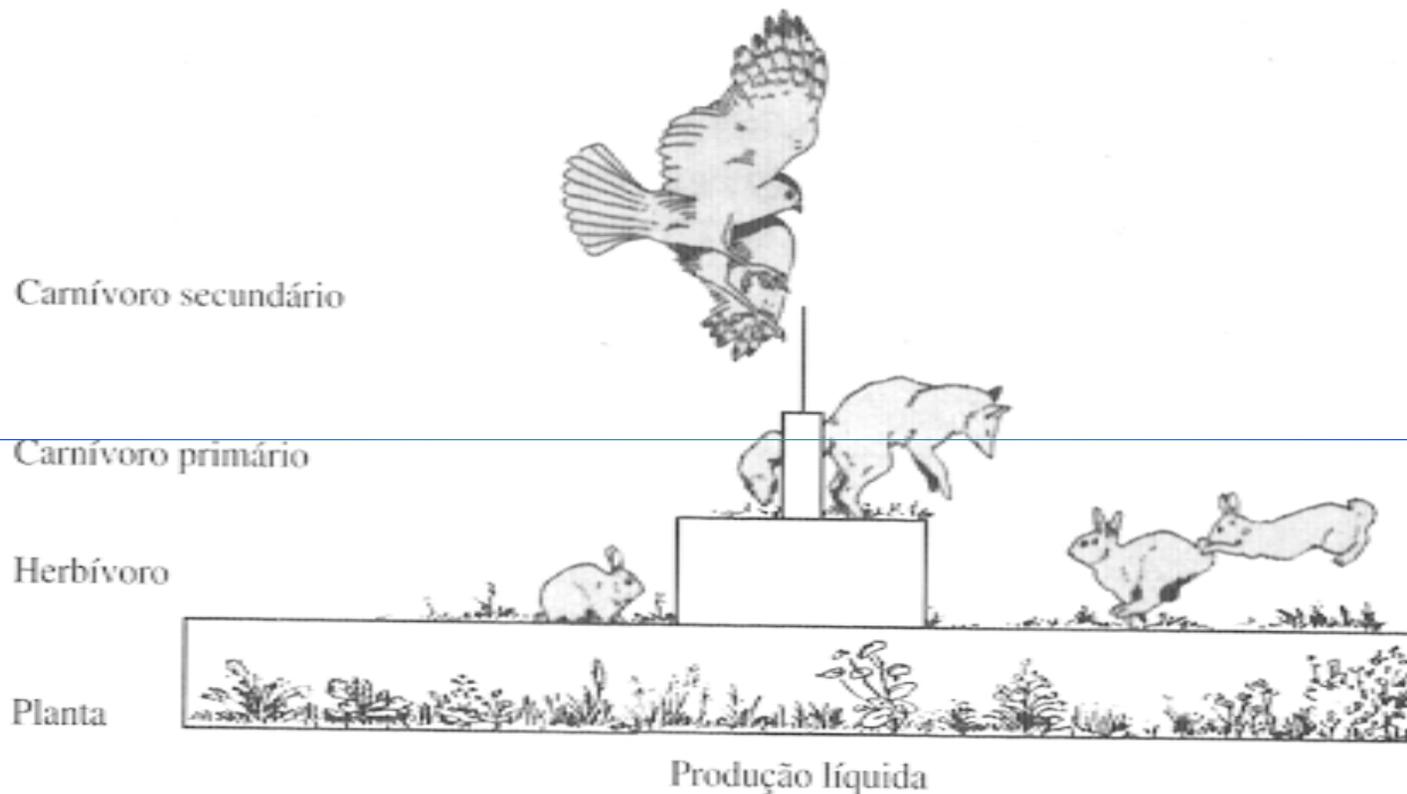


FIGURA 6.8 Uma pirâmide ecológica de energia na qual a espessura de cada barra representa a produtividade líquida de cada nível trófico no ecossistema. Para este sistema em particular, as eficiências ecológicas são 20, 15 e 10% entre os níveis tróficos, porém esses valores variam largamente nas diferentes comunidades.

Energia nos Sistemas Ecológicos

Leis da Termodinâmica

1ª Lei (conservação da energia): "energia não pode ser criada nem destruída, só transformada"

2ª Lei (entropia): "nenhum processo que envolve transformações de energia ocorre espontaneamente, só quando há degradação de energia de uma forma concentrada para uma forma dispersa"

Ecossistema: troca contínua de energia e matéria com o ambiente para diminuir a entropia interna, aumentando a entropia externa; "sistema termodinâmico aberto"

Luz solar: 2 gcal/cm²/min - biosfera

1,34 gcal/cm²/min (62%) - superfície terrestre, oceano

- Nível autotrófico (produtores): 1.000-8.000 Kcal/m²/dia (média 3.000-4.000 Kcal/m²)
- ultra-violeta (UV, < 400 nm) - 10%
- visível (400-700 nm) - 45%
- infra-vermelho (IV, > 700 nm) - 45%

Radiação líquida: 0,6 milhões Kcal/m²/ano (continente)

1,0 milhões Kcal/m²/ano (oceano)

Fluxo de Energia no Ecossistema

- **Produtividade primária:** taxa de conversão da energia radiante em substâncias orgânicas (atividade foto e quimiossintética)
- **Produção Primária Bruta** (PPB, assimilação total): energia total fixada pela fotossíntese
- **Produção Primária Líquida** (PPL, assimilação líquida): acumulação de energia através da biomassa vegetal (PPB menos respiração).
- **Produção Líquida da Comunidade:** taxa de armazenamento de matéria orgânica não utilizada pelos organismos heterotróficos
- **Produção Secundária:** taxa de armazenamento energético pelos consumidores
- **Medição:** colheita, troca de gases (CO_2 , O_2), assimilação de carbono radioativo (C^{14}), índices baseados no teor de clorofila (ambientes aquáticos)
- **Taxa de fotossíntese:** relação direta com a intensidade de luz, até o ponto de saturação (30-40 W/m^2)
- **Eficiência** (produção bruta / energia luminosa total incidente): 1-2% na maioria dos habitats

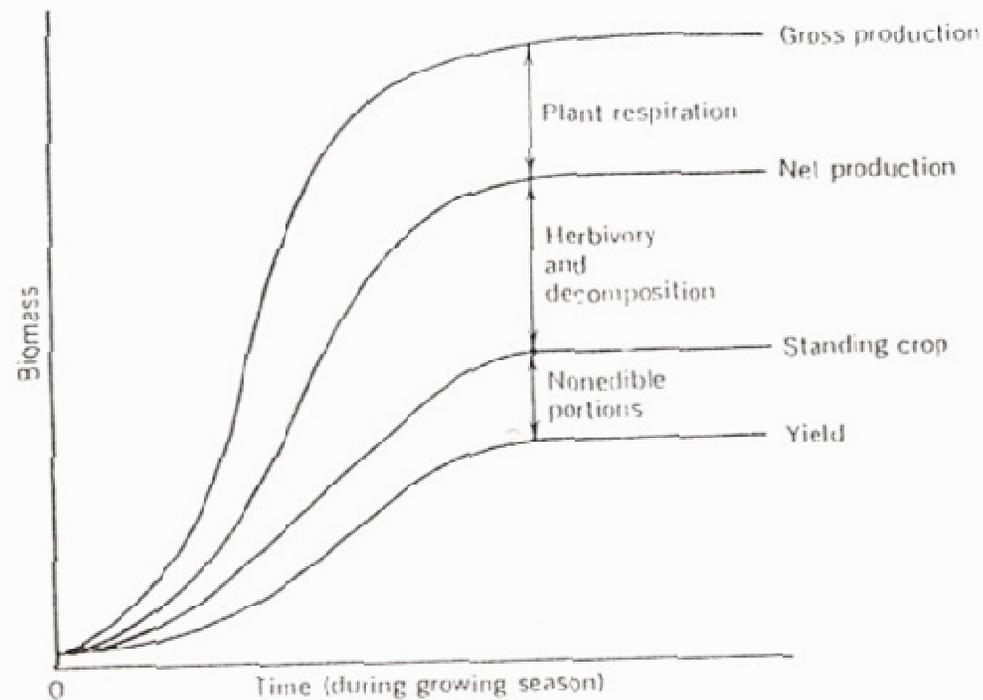


Figura 15 Perdas de biomassa (ou de energia) na produção primária. As quantidades relativas de perda diferem em cada ecossistema. O foco atual da agricultura e da silvicultura está no aumento da produção bruta e na diminuição da herbivoria (pragas).

- **Alta produção:** fatores físicos favoráveis e subsídios energéticos (ex., vento, chuva, maré, combustíveis, trabalho)
- **Ambientes secos:** produção vegetal limitada pela disponibilidade de água (perda de água proporcional à quantidade de carbono assimilada); plantas xerófitas
- Ambientes terrestres e aquáticos: produção induzida pela aplicação de nutrientes (N e P): disponibilidade limita produção (ex. cerrados)
- Relação entre a entrada de energia solar e Produtividade Primária

	PPB	PPL
Energia radiante* máxima	50.000	40.000
média (regiões férteis)	10.000	5.000
regiões oceânicas e semi-áridas	1.000	500
média da biosfera	2.000	1.000

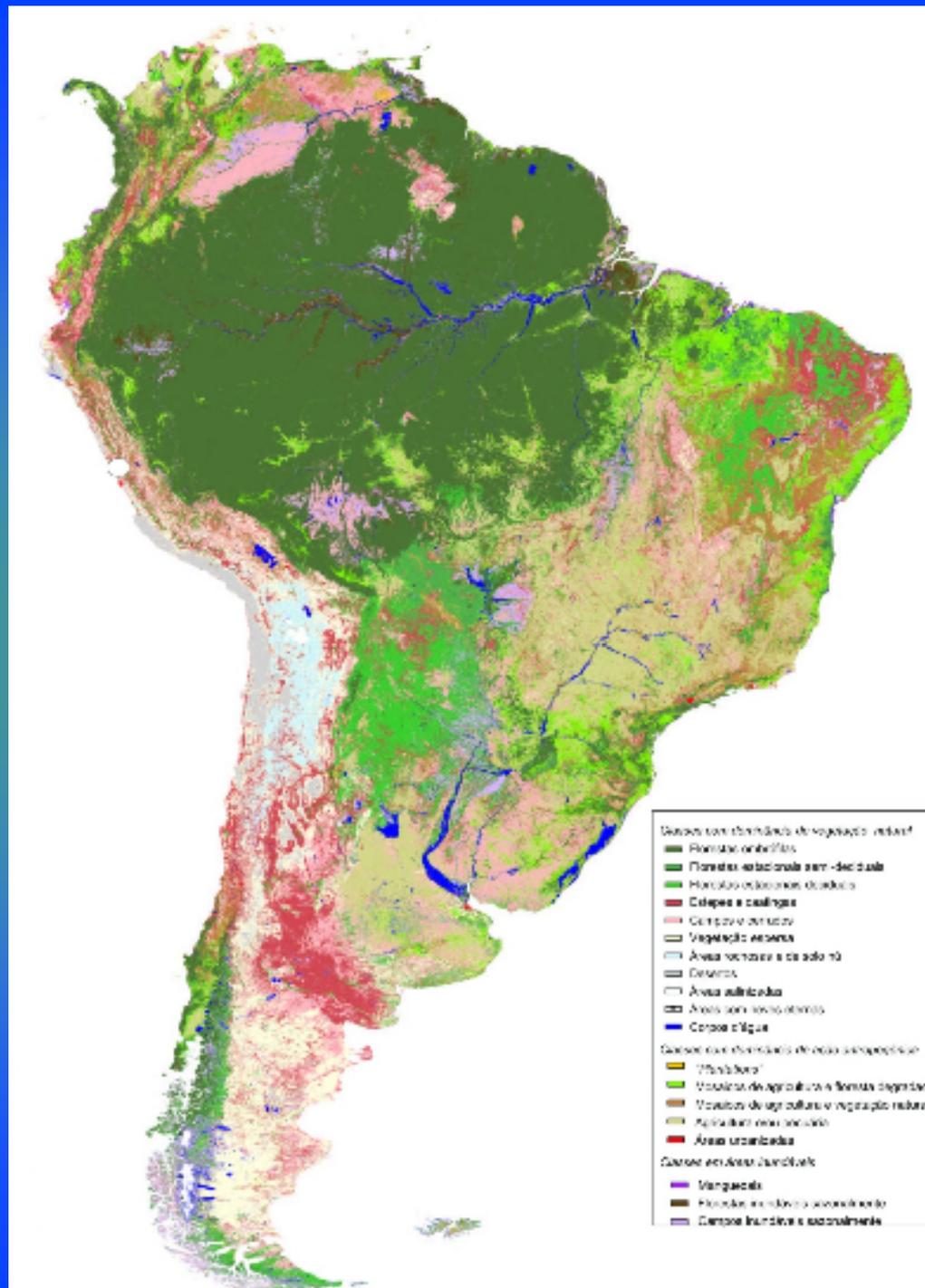
*1.000.000 kcal/m²/ano

** 50% da energia radiante é absorvida, 10% (5% do total) pode ser convertida como fotossíntese bruta

Alta PPB: floresta tropical úmida, estuários, recifes de coral, alfafa

Alta PPL: alfafa, plantios agrícolas, floresta em crescimento (*Eucaliptus*)

Vegetação da América do Sul



- Movimento de energia e materiais através da cadeia alimentar: eficiência de assimilação (assimilação/digestão) e produção líquida (produção/assimilação). Materiais não assimilados entram em cadeias alimentares baseadas em detritos (ex. manguezal).
- Eficiência da assimilação: depende da qualidade da dieta; varia de 15-90%, sendo menor em vertebrados de sangue quente (1-5%) do que em invertebrados (15-45%).
- Tempo médio de residência de energia ou biomassa em uma única ligação da teia alimentar = razão da biomassa para a taxa de produção líquida: 20 anos (florestas) a 20 dias ou menos (comunidades aquáticas)
- Parte da energia se move imediatamente após assimilação pelas plantas; outra parte fica retida na serrapilheira, em sedimentos orgânicos, ou é transportada para fora do (eco)sistema.
- Fluxos de energia x eficiência ecológica: mais alto nível trófico no qual uma população de consumidores pode ser mantida, varia do terceiro (ambientes terrestres) até o sétimo (comunidades baseadas no *plancton*, oceano aberto).

Pirâmides de biomassa e de fluxo de energia – rio e lago

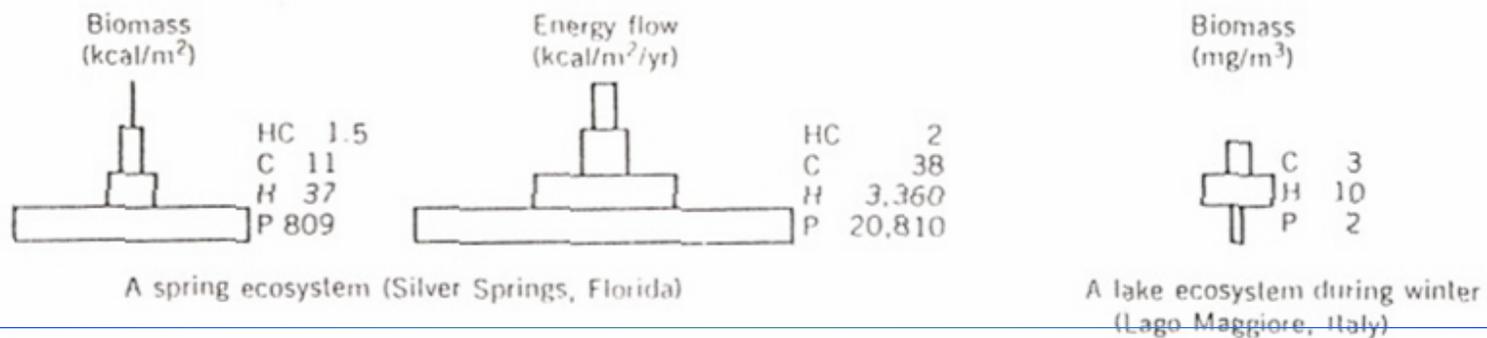


Figura 14 Pirâmides de biomassa e de fluxo de energia. Cada camada da pirâmide é um nível trófico, e sua largura é aproximadamente proporcional à quantidade de biomassa ou de fluxo de energia presentes. P = produtores; H = herbívoros; C = carnívoros; HC = carnívoros superiores.

Ciclagem de Nutrientes nos Ecossistemas

- **Nutrientes:** elementos químicos associados com o fluxo de energia, movimentados através de três tipos de ciclos, geoquímico, biogeoquímico e bioquímico (interno)
- **Ciclo biogeoquímico:** troca de nutrientes dentro do ecossistema (cadeia alimentar, absorção por raízes, decomposição, ação de microrganismos); elementos podem ser redistribuídos no interior do ecossistema (maior parte permanece no ecossistema)
- Demanda de nutrientes variável (macro + micro), concentração relativa varia entre diferentes partes da planta, e em diferentes estações.
- Peso seco da planta (biomassa): em média 96% de H, O e N (45% O, 6% H, e 1,5% N).
- **Ambientes terrestres:** plantas desenvolveram adaptações morfológicas (raízes) para retirar nutrientes da solução do solo. Grande área superficial de contato (raízes finas) com partículas do solo, reforçada pela ação de micorrizas (associações simbióticas entre fungos e raízes de plantas, até 15% da P.P.L.)
- **Suprimento de nutrientes:** depende da sua abundância relativa e disponibilidade, demandas nutricionais das espécies vegetais, e condições