

# Ciências do Ambiente

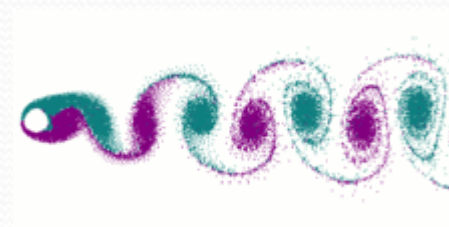
## Aula 3: Água

Prof.Dr. Rhainer Guillermo Ferreira



$$Fr = \frac{u_0}{\sqrt{g_0 l_0}}$$

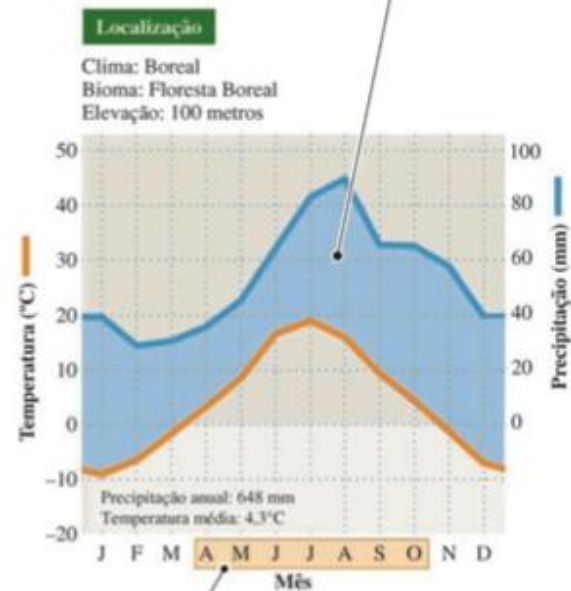
$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$



- v - velocidade média do fluido
- D - longitude característica do fluxo, o diâmetro para o fluxo no tubo
- u - viscosidade dinâmica do fluido
- ρ - massa específica do fluido

# Diagramas climáticos de Walter

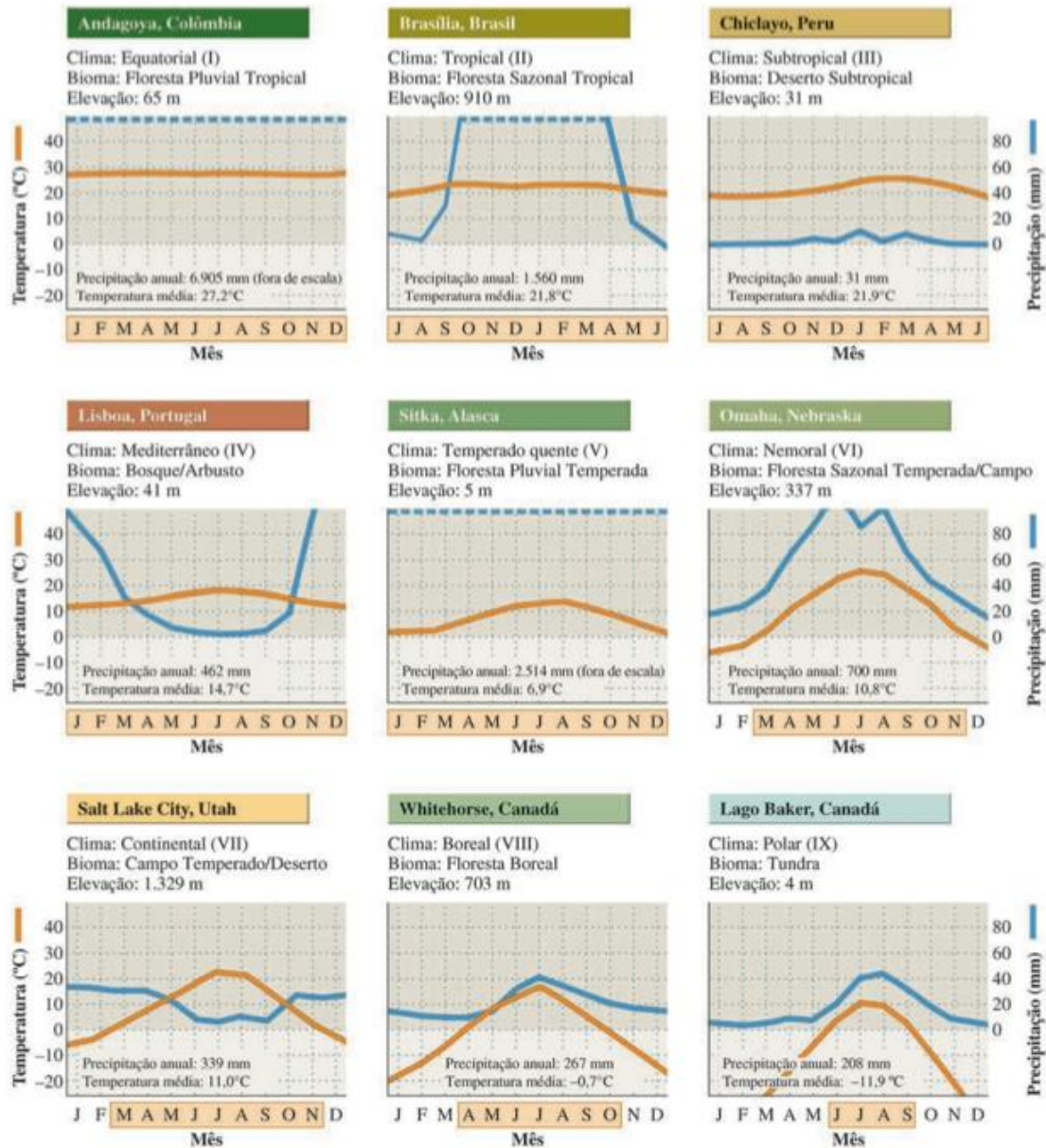
Como regra geral, cerca de 20 mm de precipitação mensal para cada 10°C na temperatura proporcionam umidade suficiente para as plantas crescerem. Isso ocorre sempre que a linha de precipitação (azul) se encontra acima da linha de temperatura (laranja) no gráfico.



Estes meses de temperaturas acima do congelamento são as estações de crescimento efetivas para as plantas.

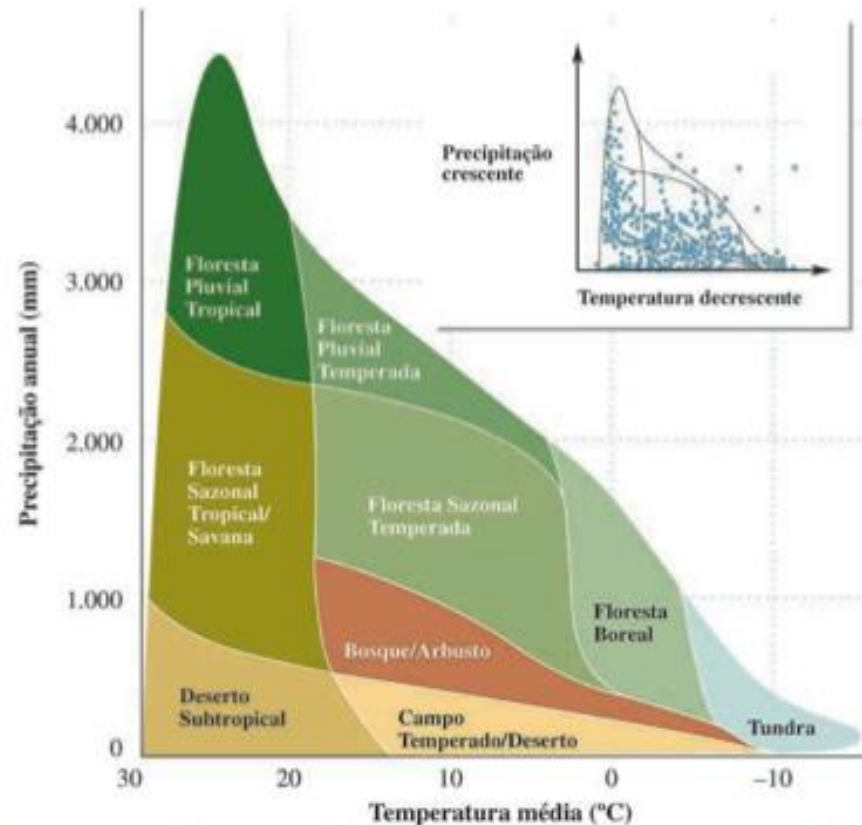
**FIG. 5.6** Os diagramas climáticos de Walter permitem comparações de significado ecológico entre as localidades. Estes diagramas, como o ilustrado aqui para uma localidade hipotética em um bioma de Floresta Boreal, retratam a progressão anual da temperatura (escala da esquerda) e precipitação (escala da direita) mensais médias.





**FIG. 5.7** Cada zona climática tem um padrão sazonal típico de temperatura e precipitação. Os diagramas climáticos de Walter para locais representativos em cada uma das nove grandes zonas climáticas estão mostrados. A linha azul tracejada no topo dos gráficos para as zonas climáticas I, II e V indica a precipitação mensal excedente de 100 mm ao longo do ano. De H. Walter e S.-W. Breckle, *Ecological Systems of the Geobiosphere, I, Ecological Principles in Global Perspective*, Springer-Verlag, Berlim (1985).

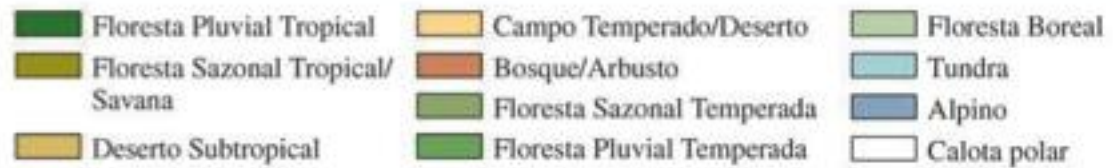
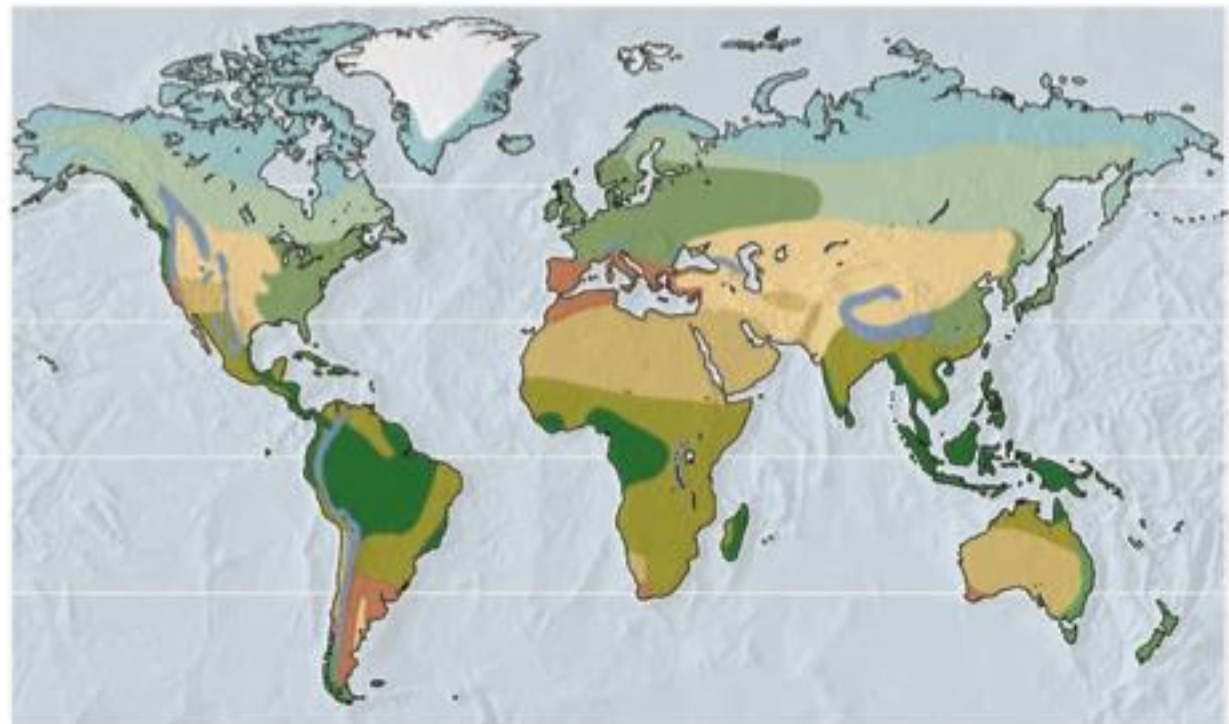
# Zonas climáticas



**FIG. 5.5** Os biomas de Whittaker são definidos de acordo com a temperatura e precipitação médias. Whittaker plotou as fronteiras de tipos de vegetação observadas em relação à temperatura e precipitação médias. Nos climas intermediários entre os de bioma de floresta e de deserto, o fogo, o solo e a sazonalidade determinam se um campo, bosque ou arbustos vão se desenvolver. *Inserção:* Temperatura e precipitação anual médias para uma amostra de lugares uniformemente distribuídos sobre a superfície sólida do planeta. A maioria dos pontos caem numa região triangular, que inclui quase todos os intervalos de climas. Apenas os climas das altas montanhas não caem no triângulo. De R. H. Whittaker, *Communities and Ecosystems*, 2ª ed., Macmillan, New York (1975).



# Biomas



**FIG. 5.8** Distribuição global dos grandes biomas.

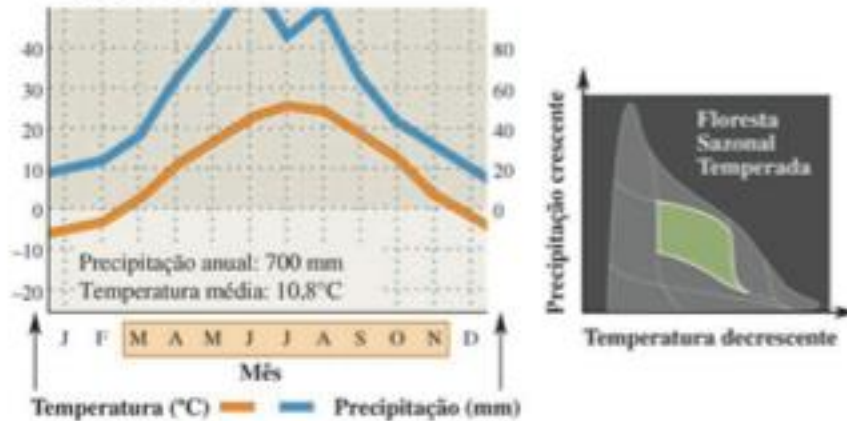
## Bioma: Floresta Sazonal Temperada



(a) Floresta bordo-faixa no outono, Nova York.

## Omaha, Nebraska

Clima: Nemoral (VI)  
Elevação: 337 m



(b) Floresta decídua jovem, no inverno, Massachusetts

**FIG. 5.9** Características principais do bioma de Floresta Sazonal Temperada. Fotografias de R. E. Ricklefs.



## Bioma: Floresta Pluvial Temperada

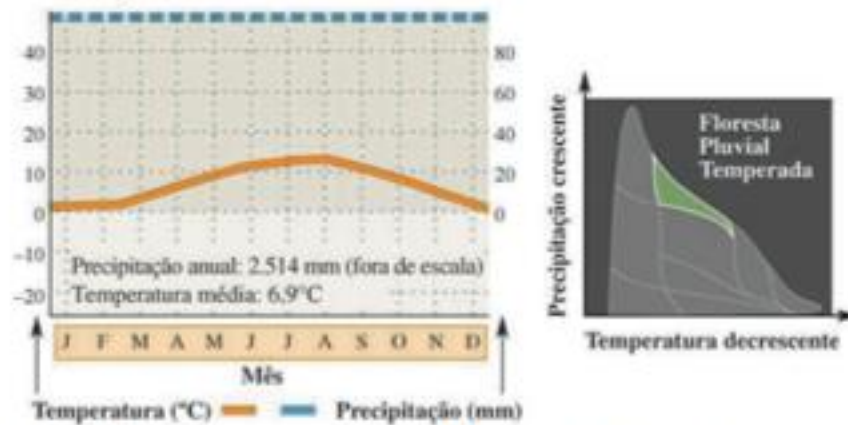


(a) Sequoias da Califórnia.

## Sitka, Alasca

Clima: Temperado quente (V)

Elevação: 5 m



(b) Floresta madura do abeto-douglas, Pacífico noroeste.

**FIG. 5.10** Características principais do bioma de Floresta Pluvial Temperada. Foto (a) de PhotoSphere Images/PictureQuest; foto (b) de Tom e Pat Leeson/Photo Researchers.



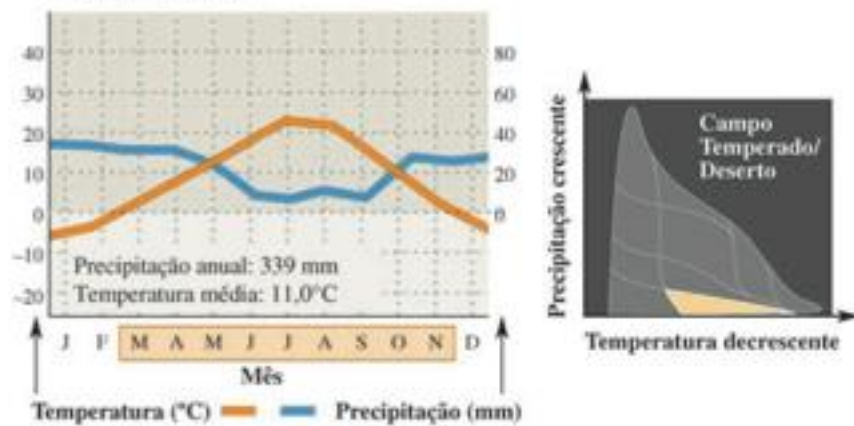
### Bioma: Campo Temperado/Deserto



(a) Campo da *Great Basin*, oeste do Colorado.

### Salt Lake City, Utah

Clima: Continental (desertos frios) (VII)  
Elevação: 1.329 m



(b) Artemísia, leste de Washington.

**FIG. 5.11** Características principais do bioma de Campo Temperado/Deserto. Fotografias de R. E. Ricklefs.

# E sistemas aquáticos?

**FIG. 5.19** Grandes rios carregados de nutrientes são altamente produtivos. Este rio é um afluente na grande área alagada da bacia inferior do Rio Amazonas no Estado do Pará, Brasil. Fotografia de Jacque Jangoux/Peter Arnold.





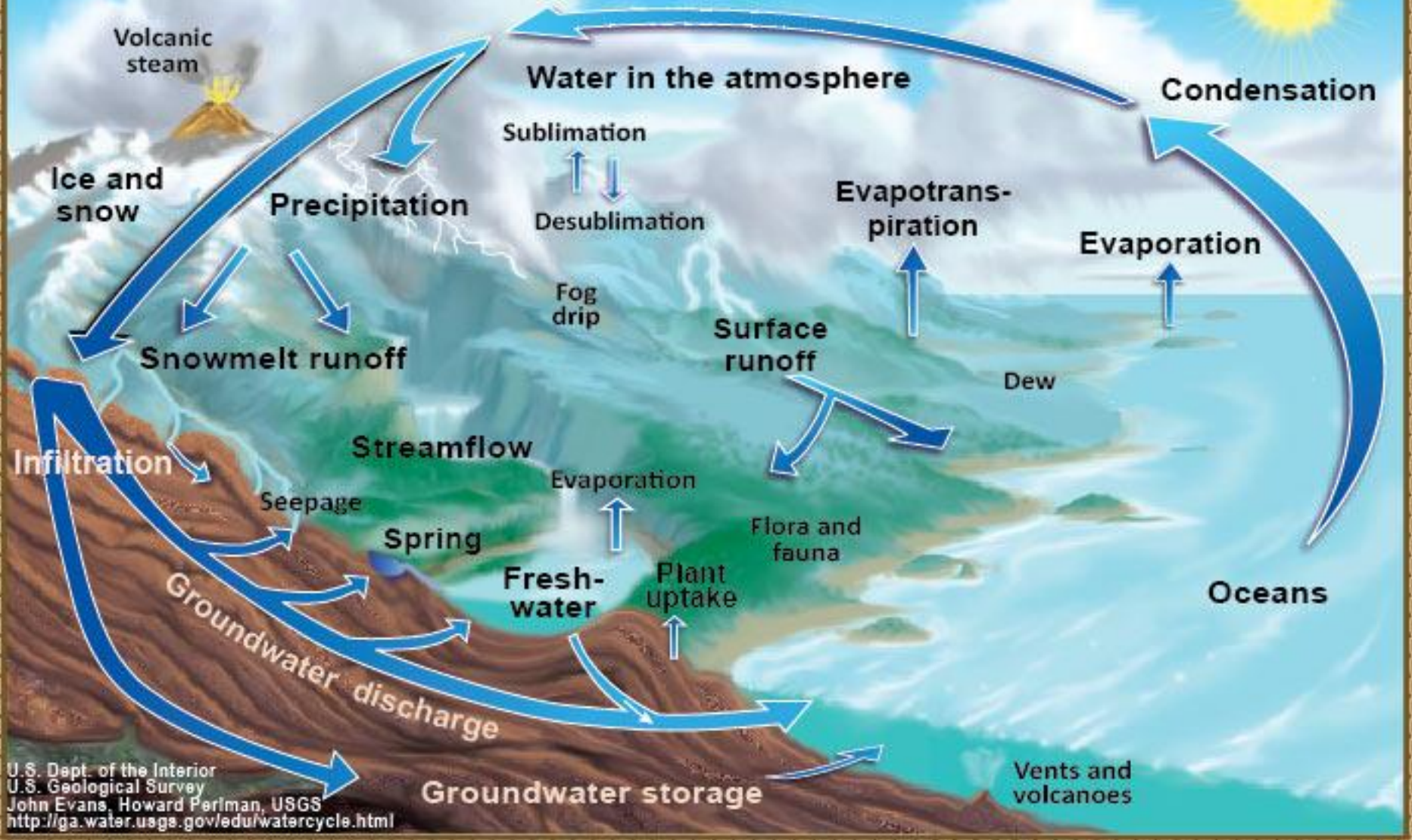
# E sistemas aquáticos?



**FIG. 5.21** Estuários são ecossistemas extremamente produtivos. Os estuários se desenvolvem na foz dos rios e são normalmente limitados por extensos alagados salgados, como nesta vista da costa da Georgia. Fotografia de S. J. Krasemann/Peter Arnold.

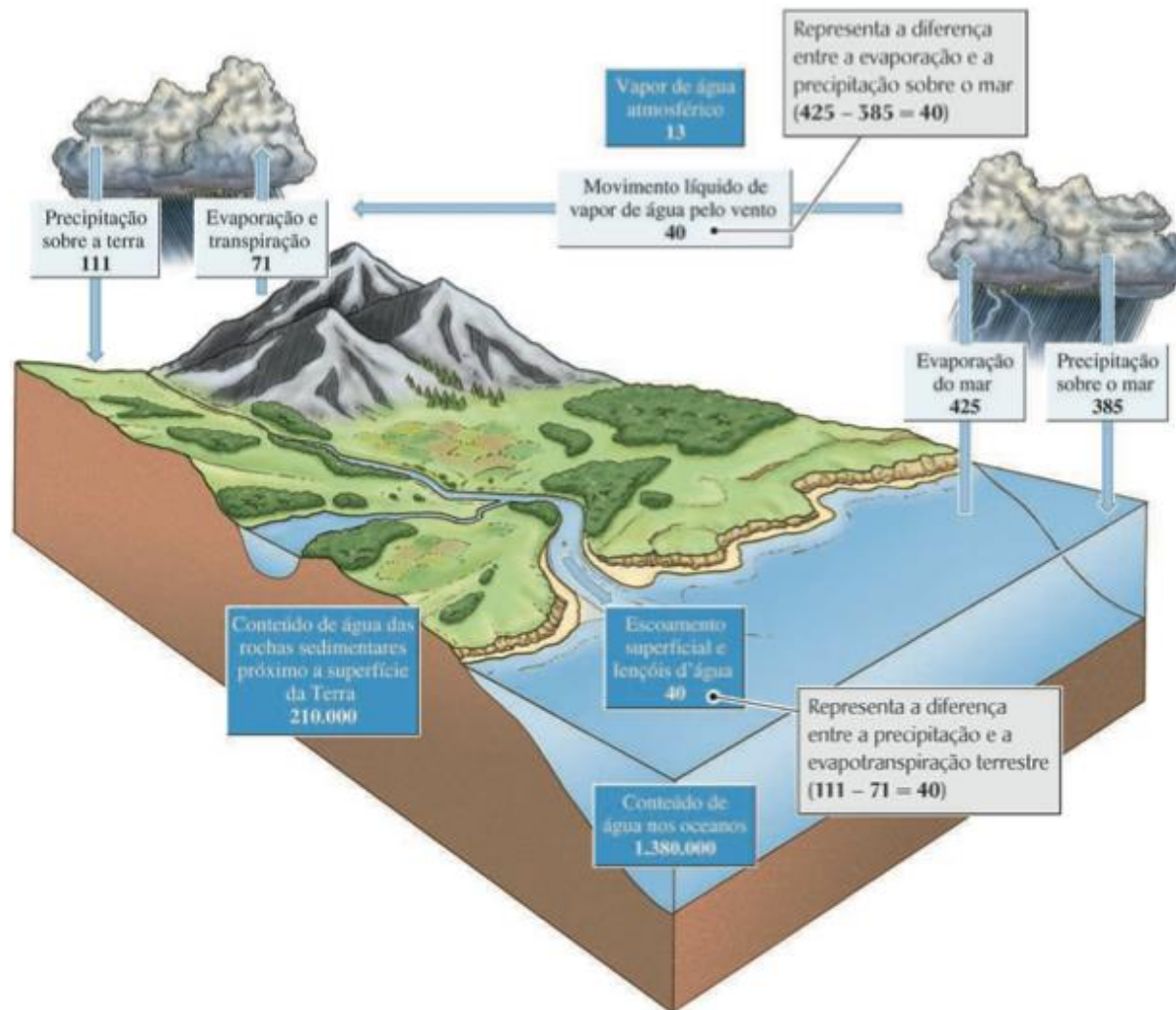


# The Water Cycle



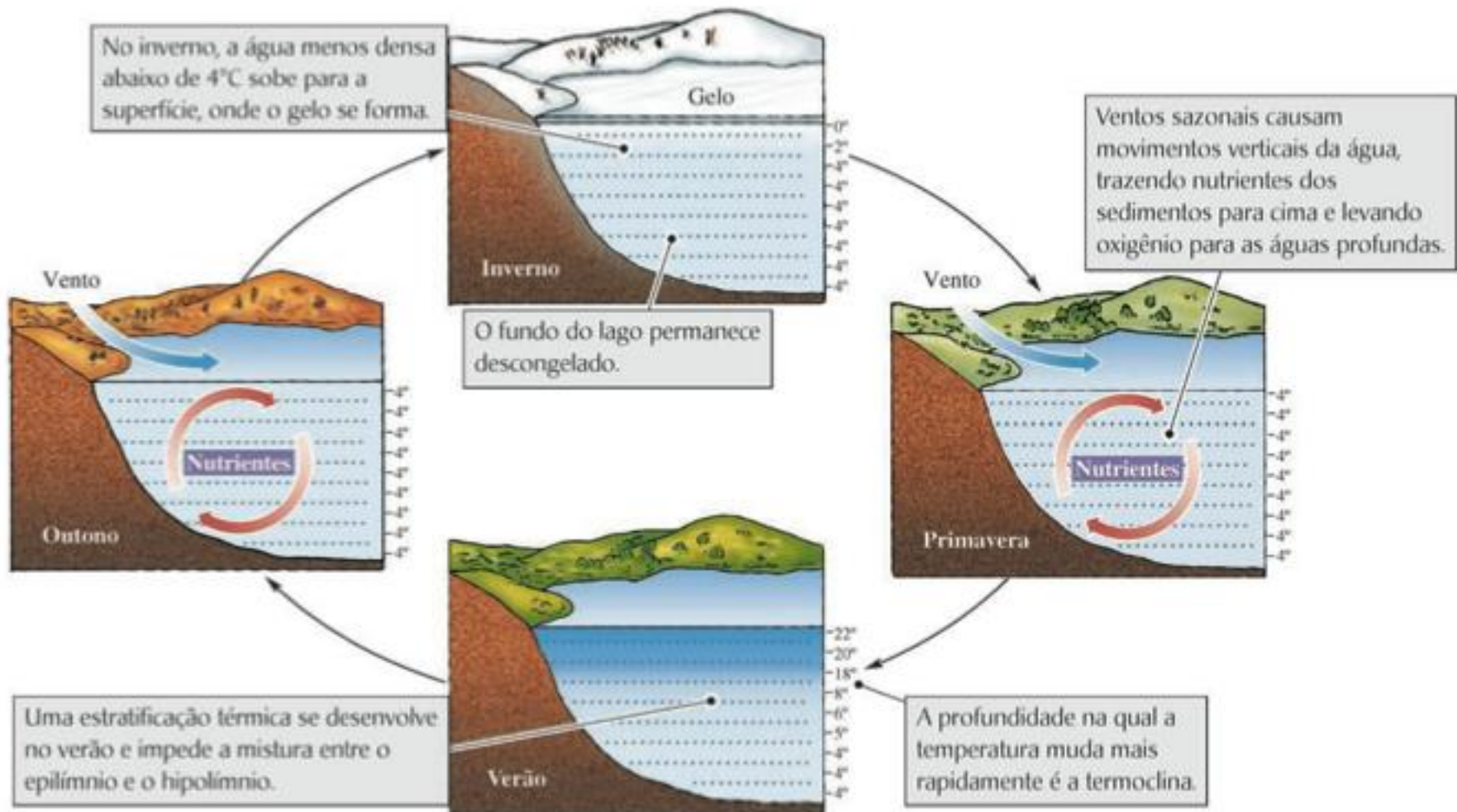


# Ciclo da água



**FIG. 23.4 O ciclo hidrológico global é análogo aos ciclos dos elementos químicos.** Os tamanhos estimados dos compartimentos (caixas escuras) e as transferências entre os compartimentos (caixas claras) são expressados em teratoneladas (Tt) e Tt/ano, respectivamente. Tamanhos de compartimentos, de R. G. Barry e R. J. Chorley, *Atmosphere, Weather and Climate*, Holt, New York (1970); fluxos, de T. E. Gradedal e P. J. Crutzen, *Atmosphere, Climate and Change*, Scientific Library, New York (1995).

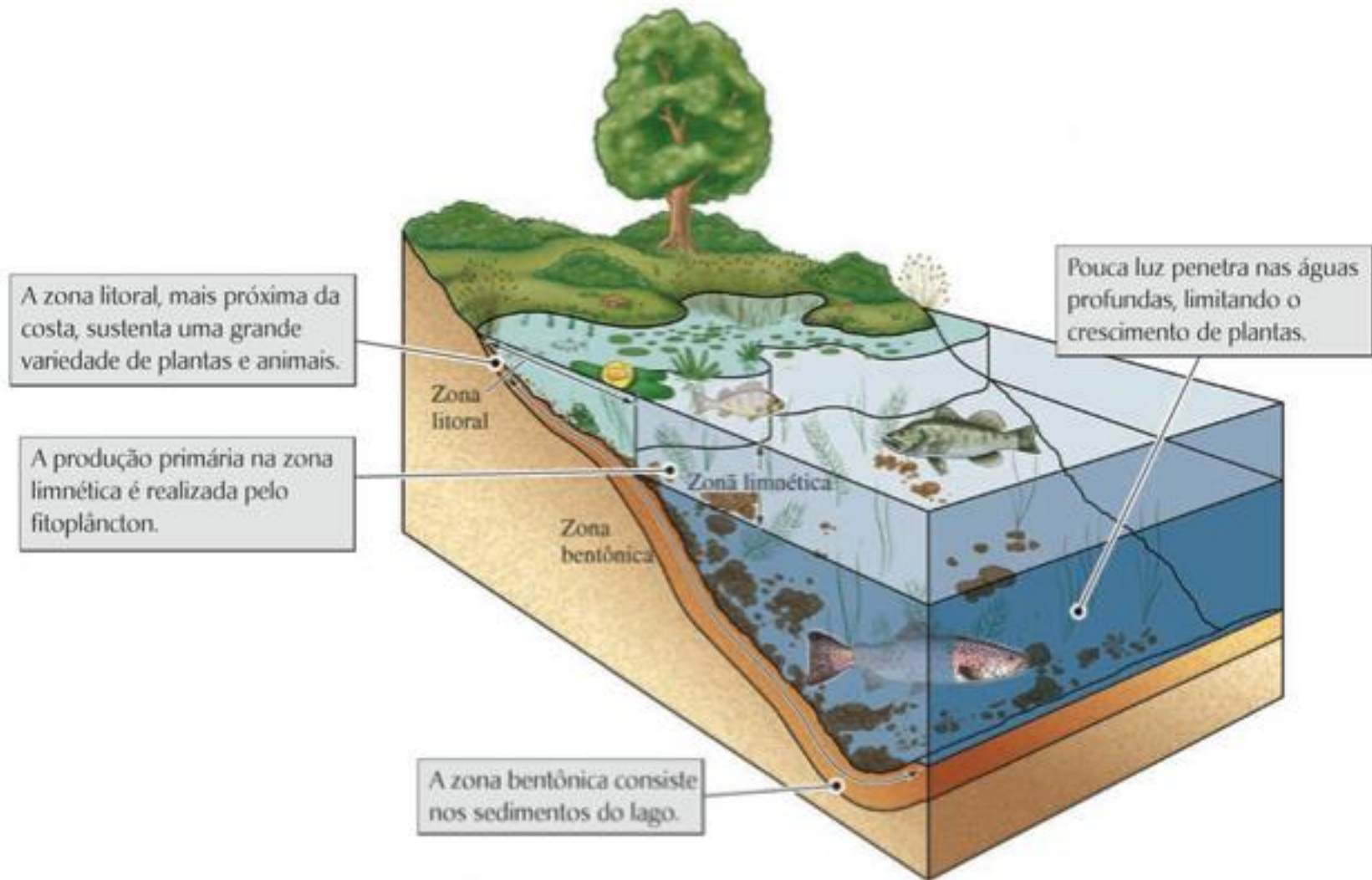
# Dinâmica sazonal em lagos



**FIG. 4.12** As mudanças sazonais no perfil de temperatura de um lago temperado influenciam a mistura vertical das camadas de água. A mistura vertical é intensificada pelas correntes geradas pelos ventos quando a temperatura da água é uniforme da superfície até o fundo do lago.

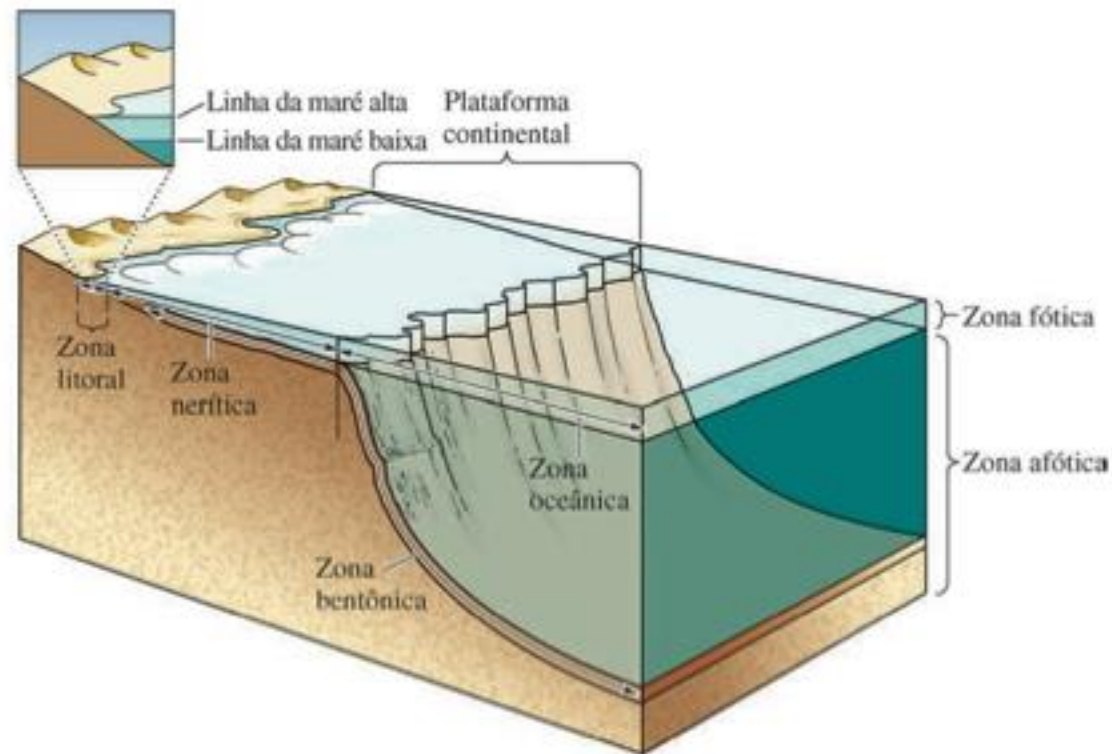


# E sistemas aquáticos?



**FIG. 5.20** Um lago pode ser dividido horizontalmente ou verticalmente em zonas ecológicas.

# E os oceanos?



**FIG. 5.22** Os oceanos podem ser divididos em algumas zonas ecológicas principais. Essas variações resultam de diferenças nos fatores como temperatura, profundidade e imersão da maré.





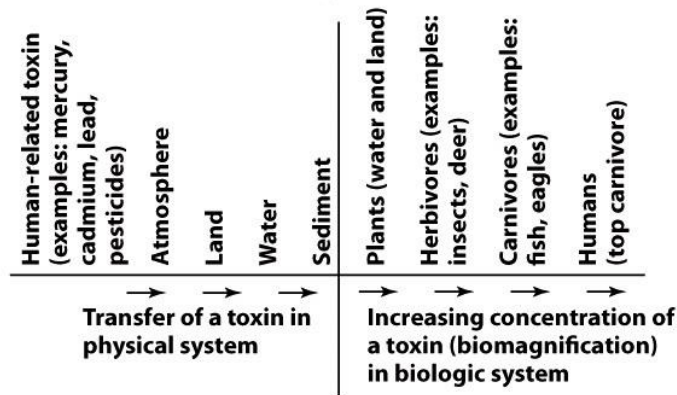
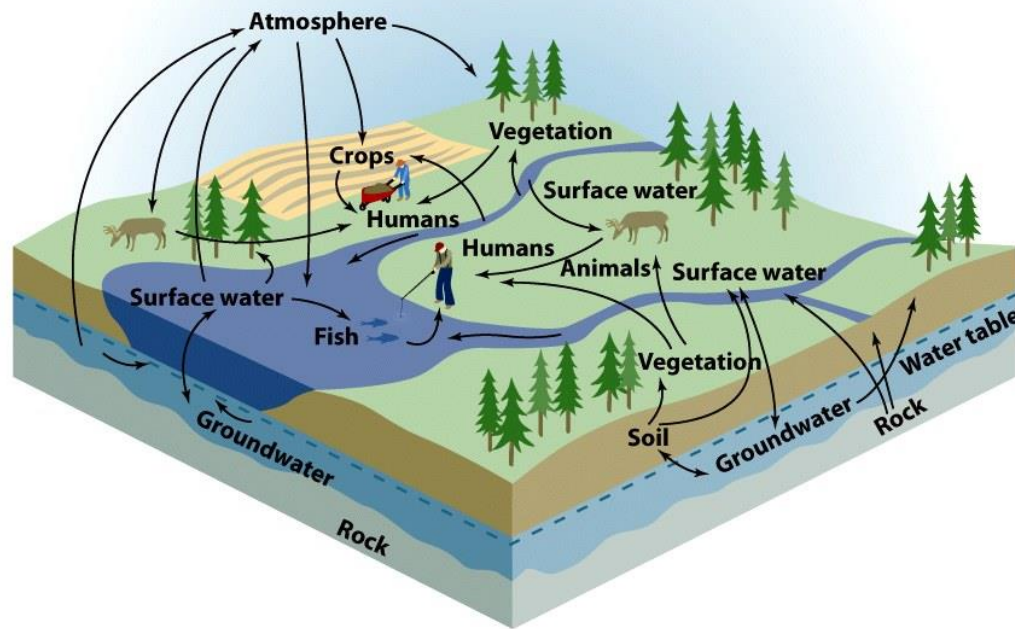
**FIG. 5.23** A zona litoral é exposta a condições terrestres duas vezes por dia. Contudo, pode sustentar um crescimento prolífico de algas e diversos animais marinhos, como nesta área da costa de New Brunswick no Canadá. Fotografias de R. E. Ricklefs.



**FIG. 5.24** Os recifes de coral são ecossistemas altamente produtivos. Ao contrário do oceano aberto, onde a produtividade é baixa, o ecossistema de recife de corais proporciona alimento abundante para diversas comunidades biológicas. Esta fotografia foi tirada no Mar Vermelho, próximo ao Egito. Fotografia de Eric Hanauer.

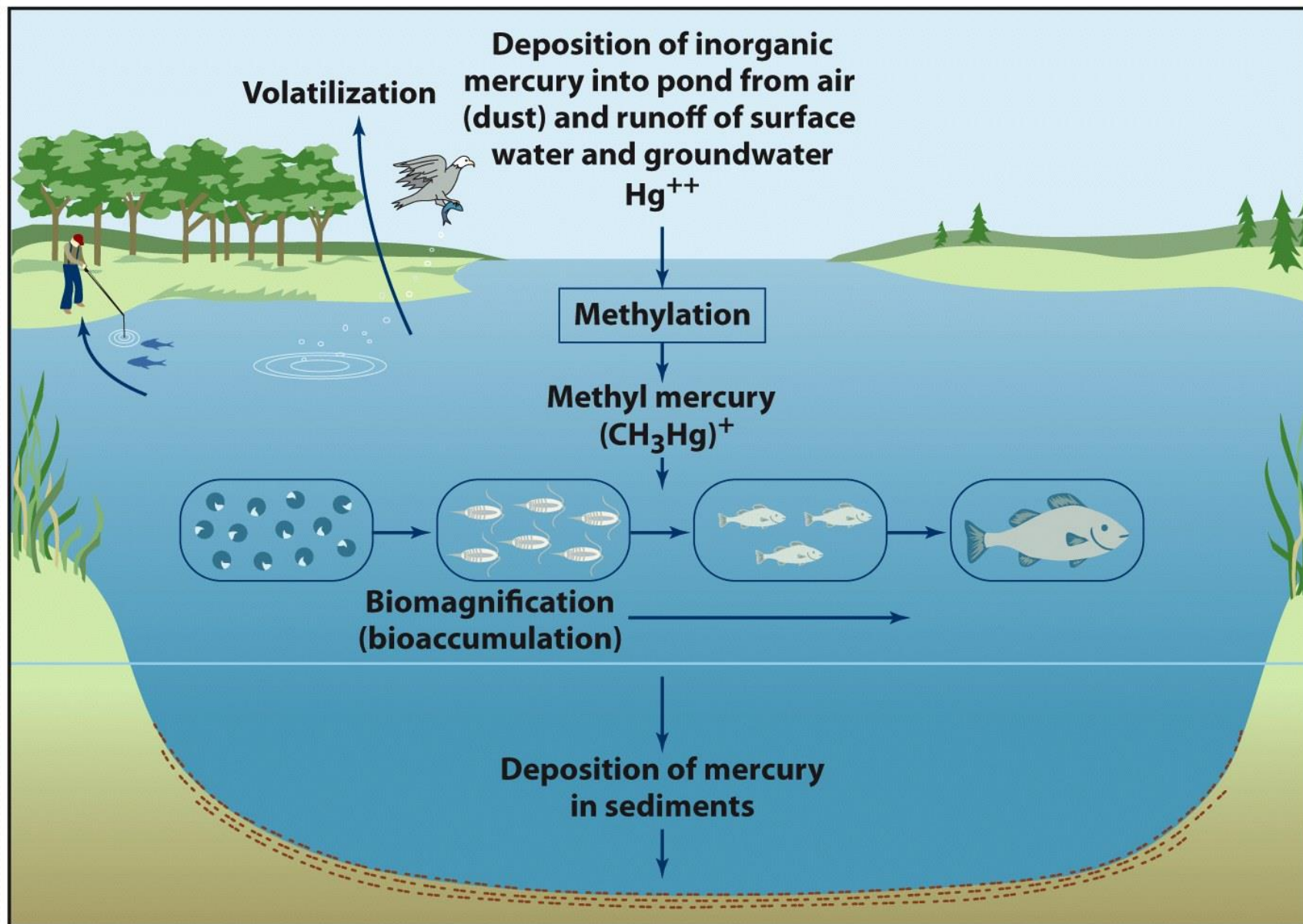


# Poluentes transitam do ambiente físico para sistemas biológicos





# Contaminação por mercúrio: bioacumulação



# Definição de Poluição

- Alteração do ambiente natural devido às atividades humanas?
- Uma perturbação do meio natural que limita o uso de água?
- Em que casos podemos dizer que a água está poluída?

**Uma definição completa refere-se tanto a uma interferência na integridade do meio ambiente como ao uso de água por seres humanos**



# Como quantificar a poluição

- **Análise físico-química da água**
- **... e sistemas de interpretação ou padrões**
- **Problemas:**
  - **representatividade das análises**
  - **custo elevado**
  - **caráter pontual**
  - **Sem avaliação dos efeitos sobre o ambiente**

**Análise da biota aquática para avaliar os efeitos biológicos e ecológicos = efeitos sobre o meio ambiente**

# Poluição orgânica: fontes e avaliação de resíduos

- **Fontes:** descarga de efluentes contendo MO biodegradável, decomposto por bactérias heterotróficas
- **Efluente contém MOP e MOD, a biodegradabilidade é variável (MO "rápido" e MO "lento")**
  - **DBO5:** carência biológica de oxigênio - medida da concentração de MO no efluente (ou de superfície) pelo oxigênio consumido pelas bactérias durante 5 dias a 20° C
  - **DQO:** Demanda Química de Oxigênio - medida da concentração de MO no efluente (ou de superfície), medindo a quantidade de oxidante consumido pela amostra
  - **COT:** carbono orgânico total



# Poluição orgânica: mecanismos de auto-purificação

## - Físicos:

dispersão

diluição

sedimentação

Química de oxidação-redução

## - Biológicos

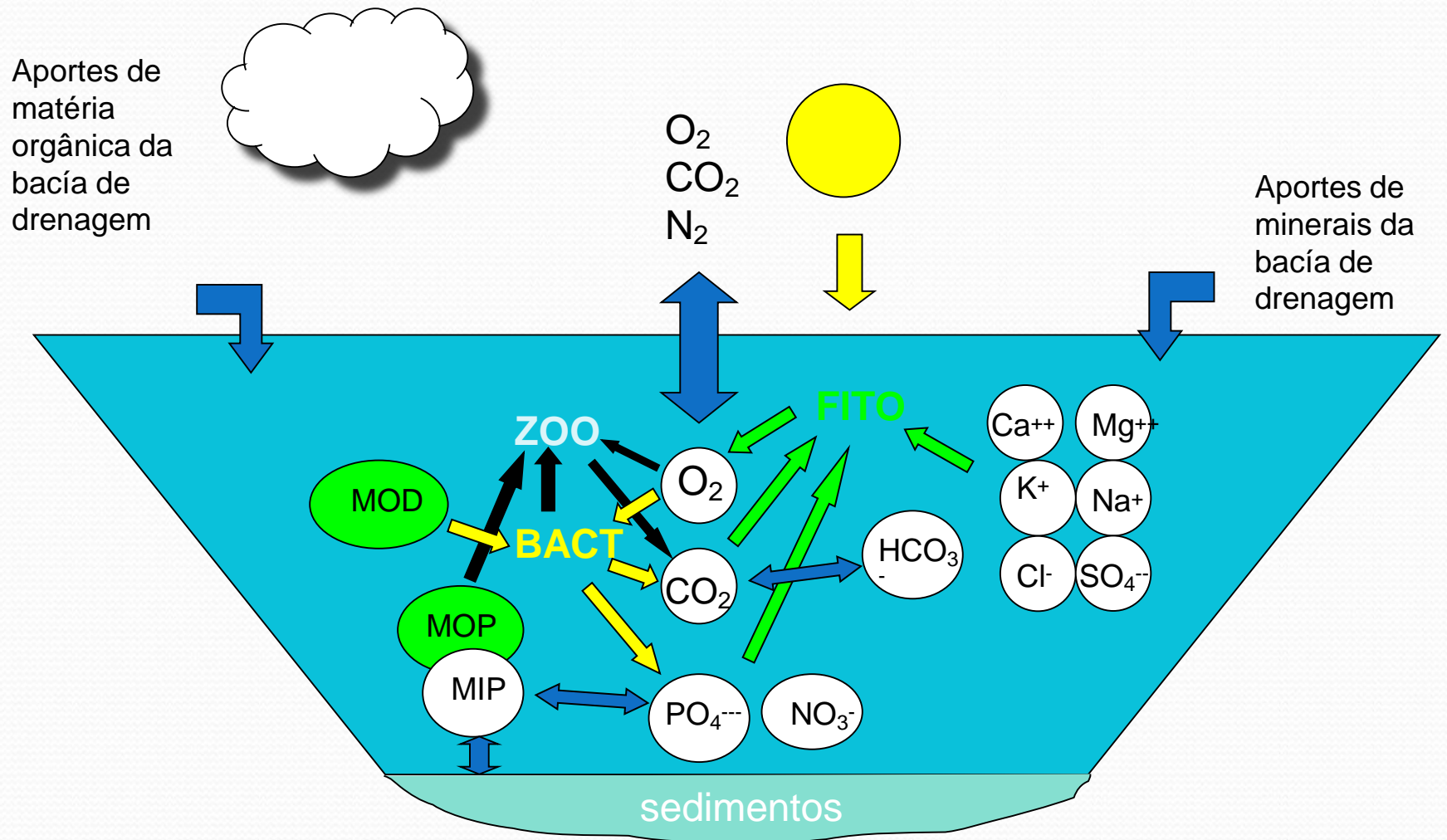
Bio-degradação da MO por bactérias heterotróficas

Fotossíntese (produção de O<sub>2</sub>) e respiração (consumo de O<sub>2</sub>)

Assimilação de nutrientes (de mineralização MO) pelas plantas (algas, macrófitas)

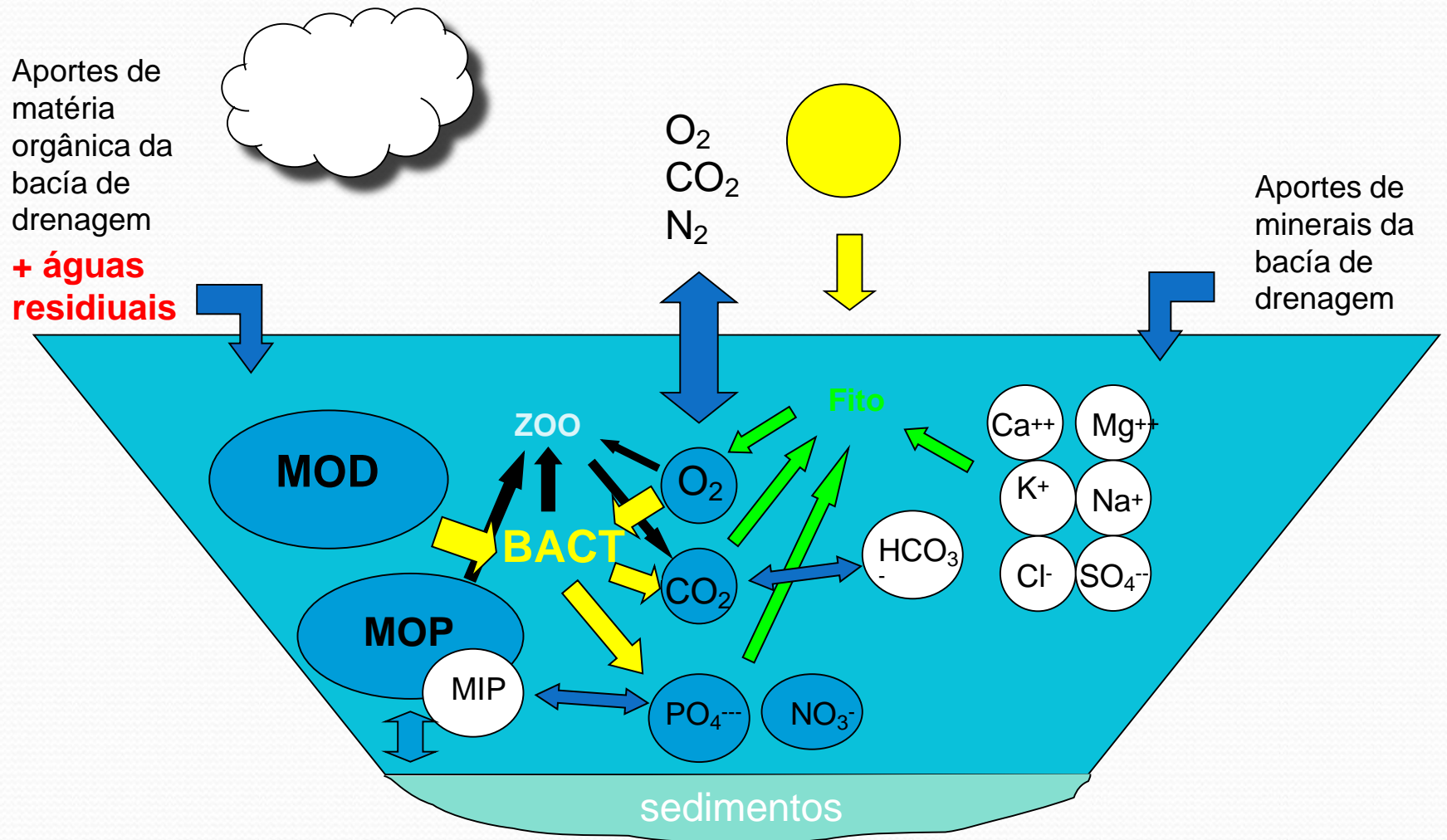
**Desaparecimento gradual da MO, mas produz efeitos sobre o meio receptor**

# Poluição orgânica

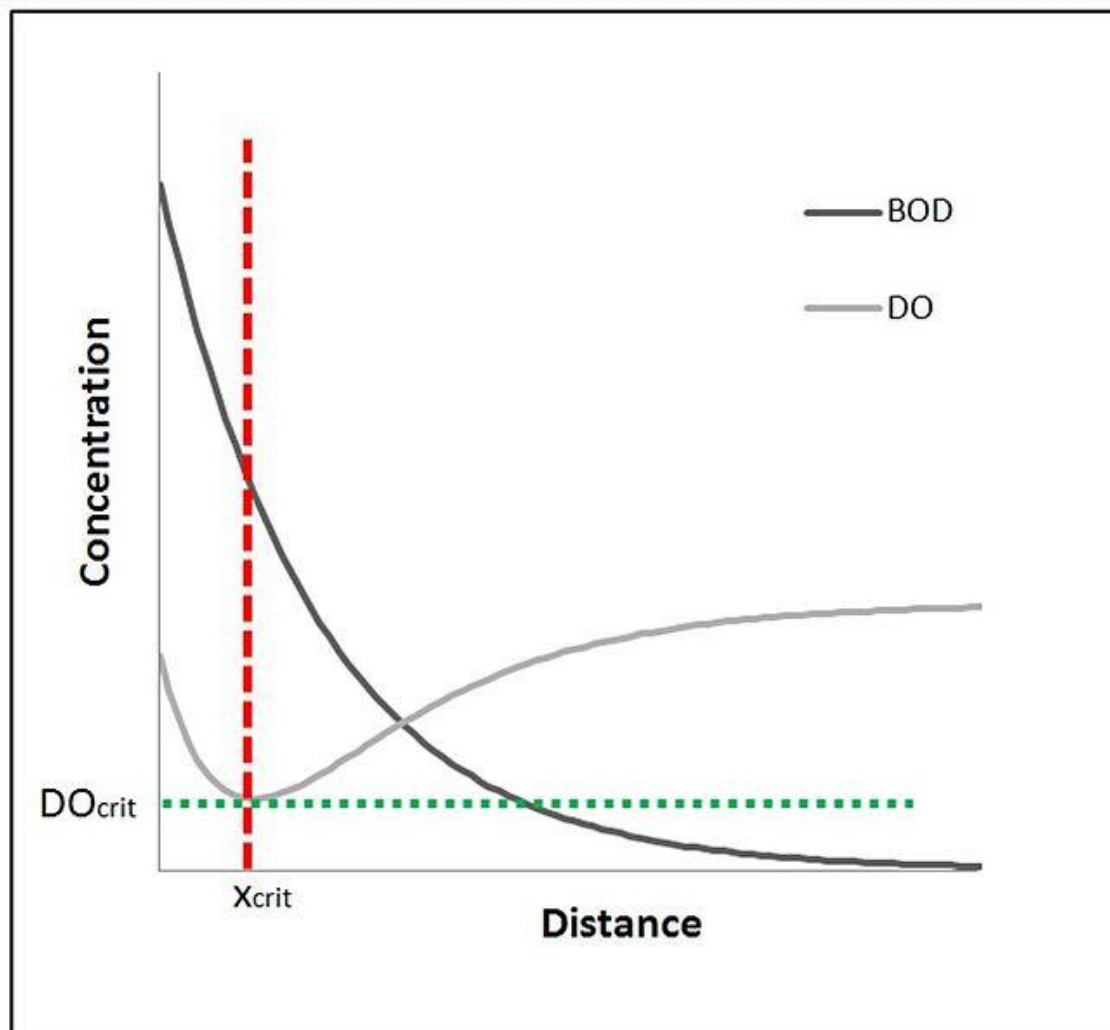




# Poluição orgânica



# Equação Streeter-Phelps





# Poluição orgânica: Consequências para o meio receptor

- **Efeito no balanço de oxigênio**
  - Decomposição de matéria orgânica, o crescimento de bactérias
  - Nitrificação
  - Equação Streeter-Phelps
- **Efeitos sobre a biota:**
  - equilíbrio autotrofia/ heterotrofia
  - desaparecimento de espécies sensíveis
- **Avaliação em classes de qualidade:**
  - Concentração e saturação de O<sub>2</sub>
  - DBO<sub>5</sub>, DQO, TOC
  - Amônio, nitritos, ortofosfatos

# Eutrofização: definição

## **Perturbação do ecossistema aquático causada por fonte externa de nutrientes**

Crescimento excessivo de produtores primários: plantas aquáticas / fitoplâncton (algas, por vezes tóxicas)

Efeitos ligados ao metabolismo das plantas: variação diurna de oxigénio dissolvido e pH

Efeitos ligados à produção interna de MO e à biodegradação interna dessa MO: deficiência de oxigênio, produção de subprodutos tóxicos



# Definição

- **Eutrofização natural**

- Envelhecimento dos corpos d'água – aportes de rios, chuvas, etc → processo lento e natural.

- **Eutrofização artificial**

- Fontes antrópicas – esgotos, fertilização agrícola, indústrias de alimentos, ... processo rápido.

# Eutrofização: Fontes e avaliação de resíduos

- **Fontes:**

**Pontuais:** de efluentes domésticos e industriais que contenham nutrientes e MO biodegradável

**Difusos:** nutrientes da bacia de drenagem de agricultura, pecuária, ...

- **Aportes pontuais: geralmente ricos em Fósforo (P)**

- **Aportes difusos: geralmente ricos em Nitrogénio (N)**







# Nutrientes e Crescimento

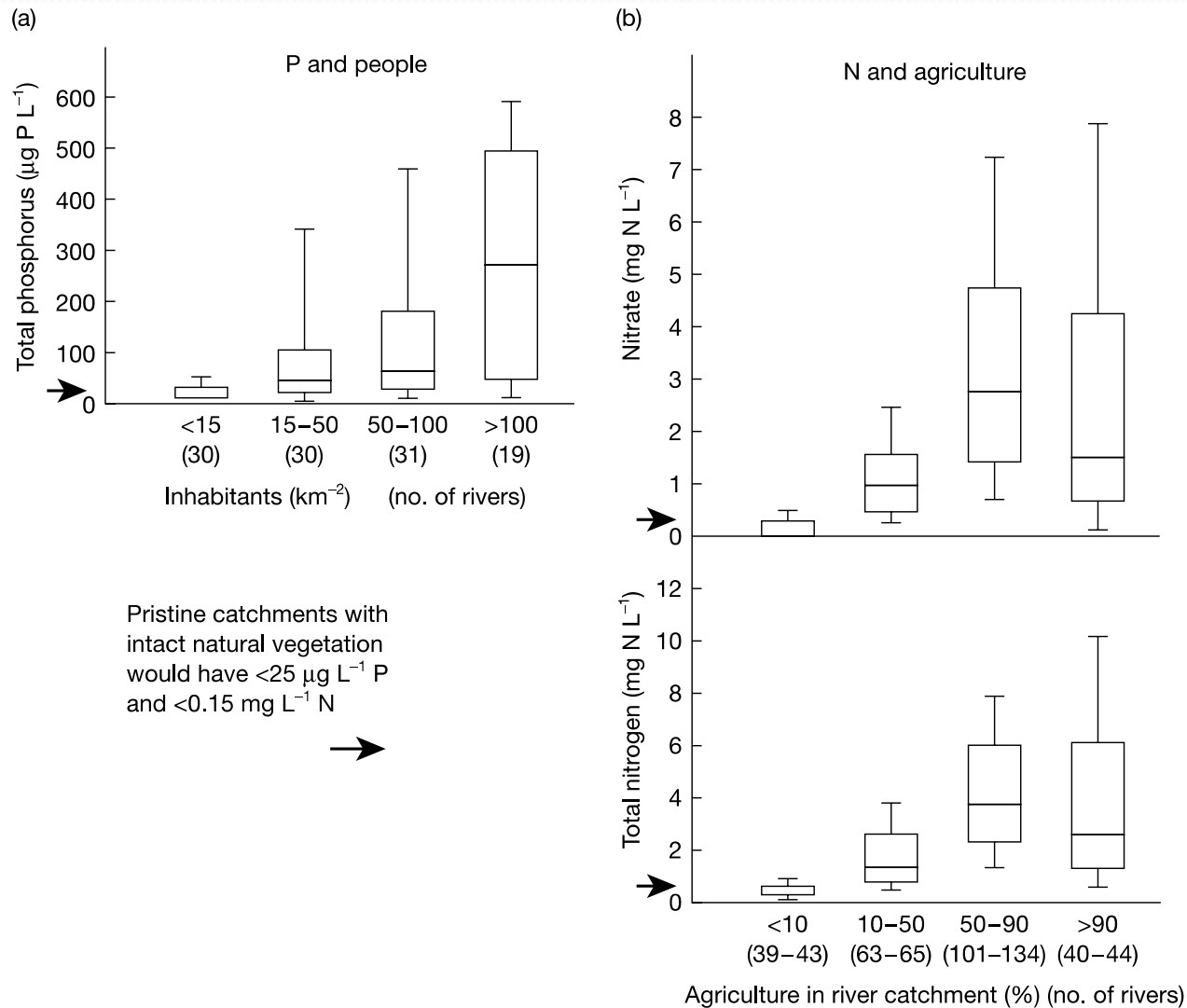
- **Carbono (C):**
  - “preenchimento” básico dos organismos;
  - Nutriente mais abundante.
- **Nitrogênio (N):**
  - Composição de proteínas;
  - Código genético.
- **Fósforo (P):**
  - Energia (ATP);
  - Ribossomos – síntese de proteínas.



**CRESCIMENTO**

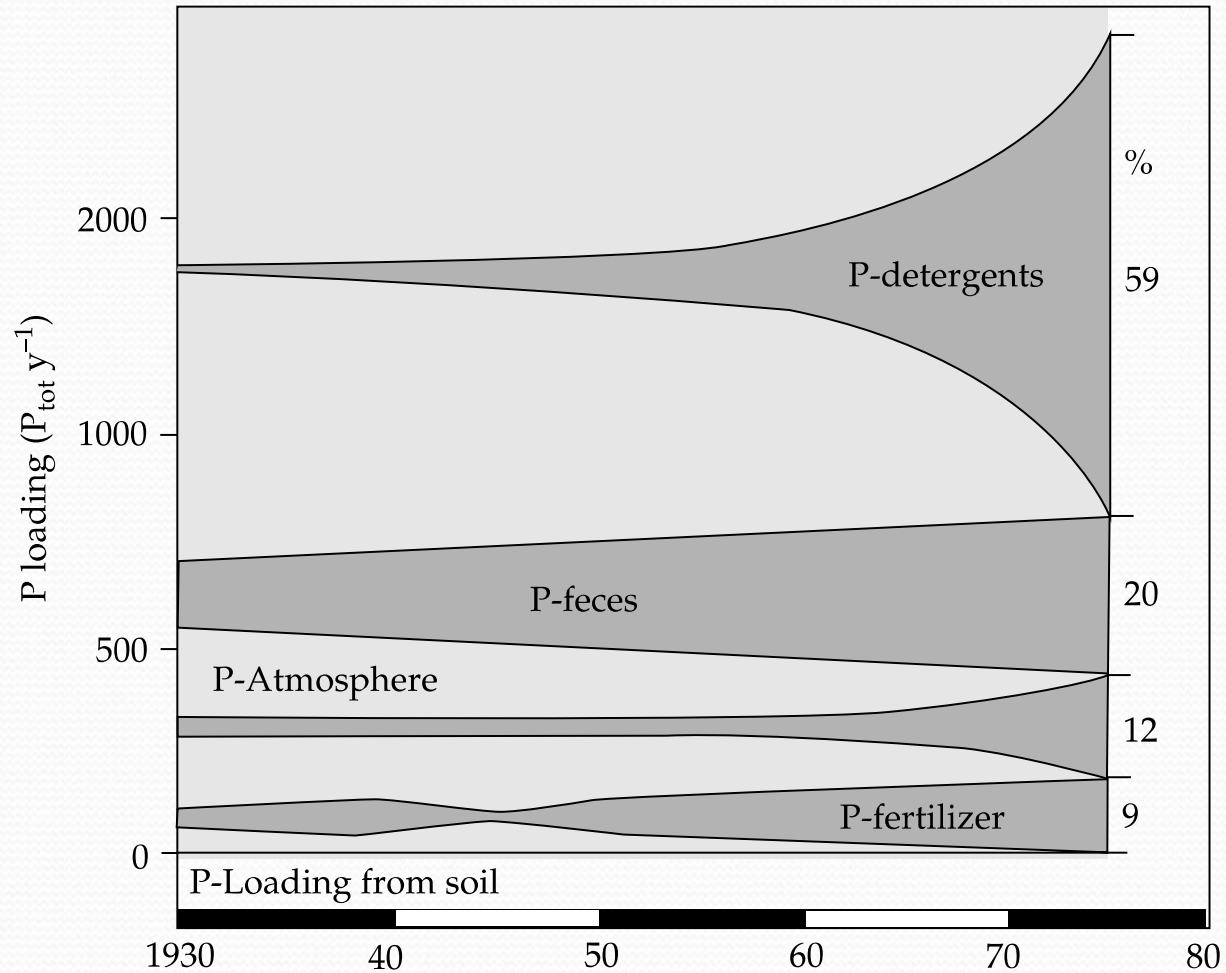


# Fontes de Poluição



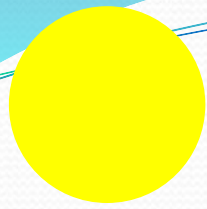
**Fig. 8.13** Total phosphorus concentrations in rivers are closely linked with the human population density (and waste water production) in the catchment, whilst the total nitrogen concentrations are more closely predicted by the percentage of the catchment devoted to agriculture. This does not imply, however, that agriculture cannot be a major phosphorus contributor, nor waste water a significant source of nitrogen.

# Fontes de Poluição



**Figure 8.12** Annual phosphorus loading in Lake Constance before the successful implementation of sewage treatment (from model estimates of Wagner 1976).





# Um lago

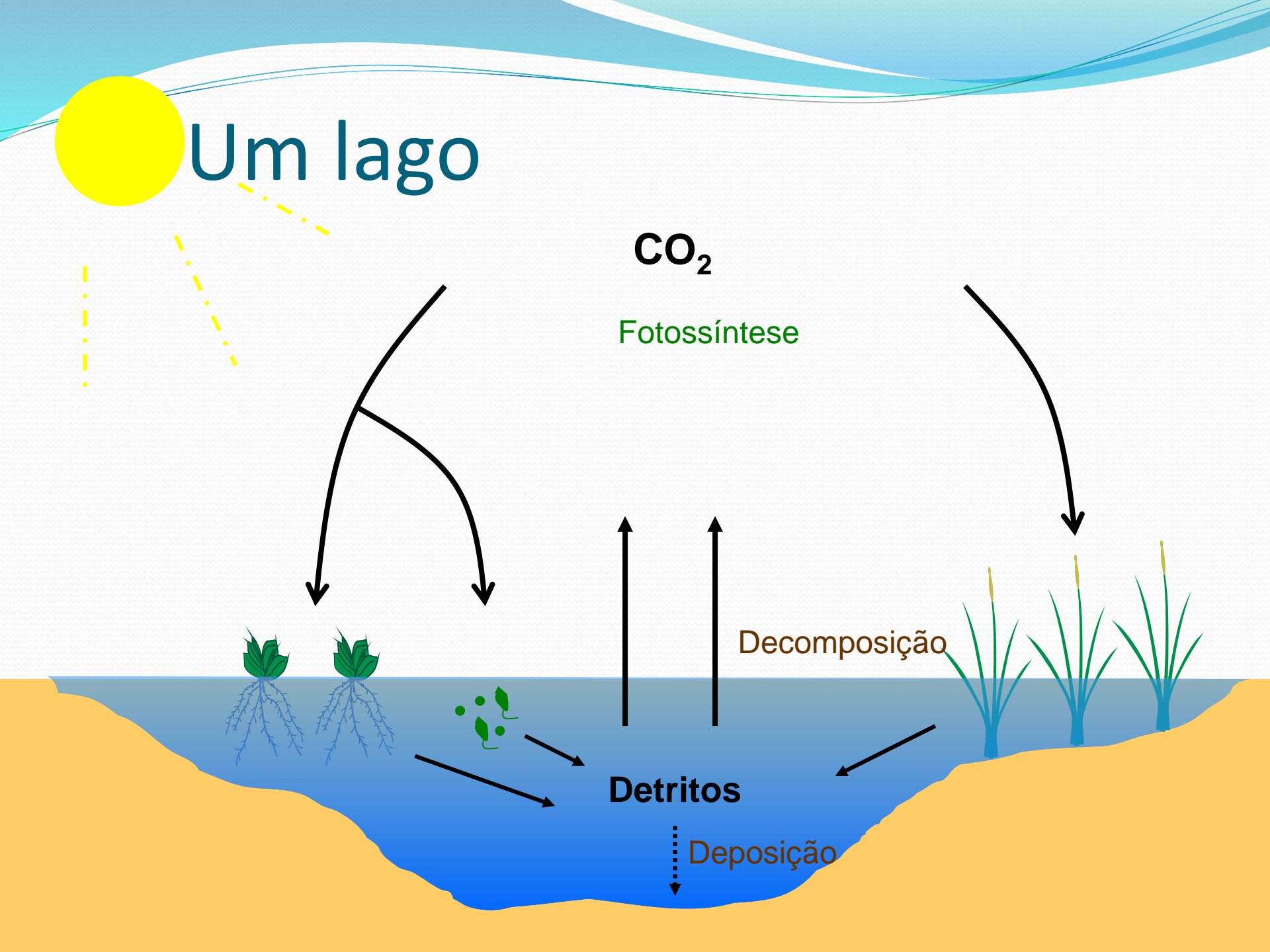
$\text{CO}_2$

Fotossíntese

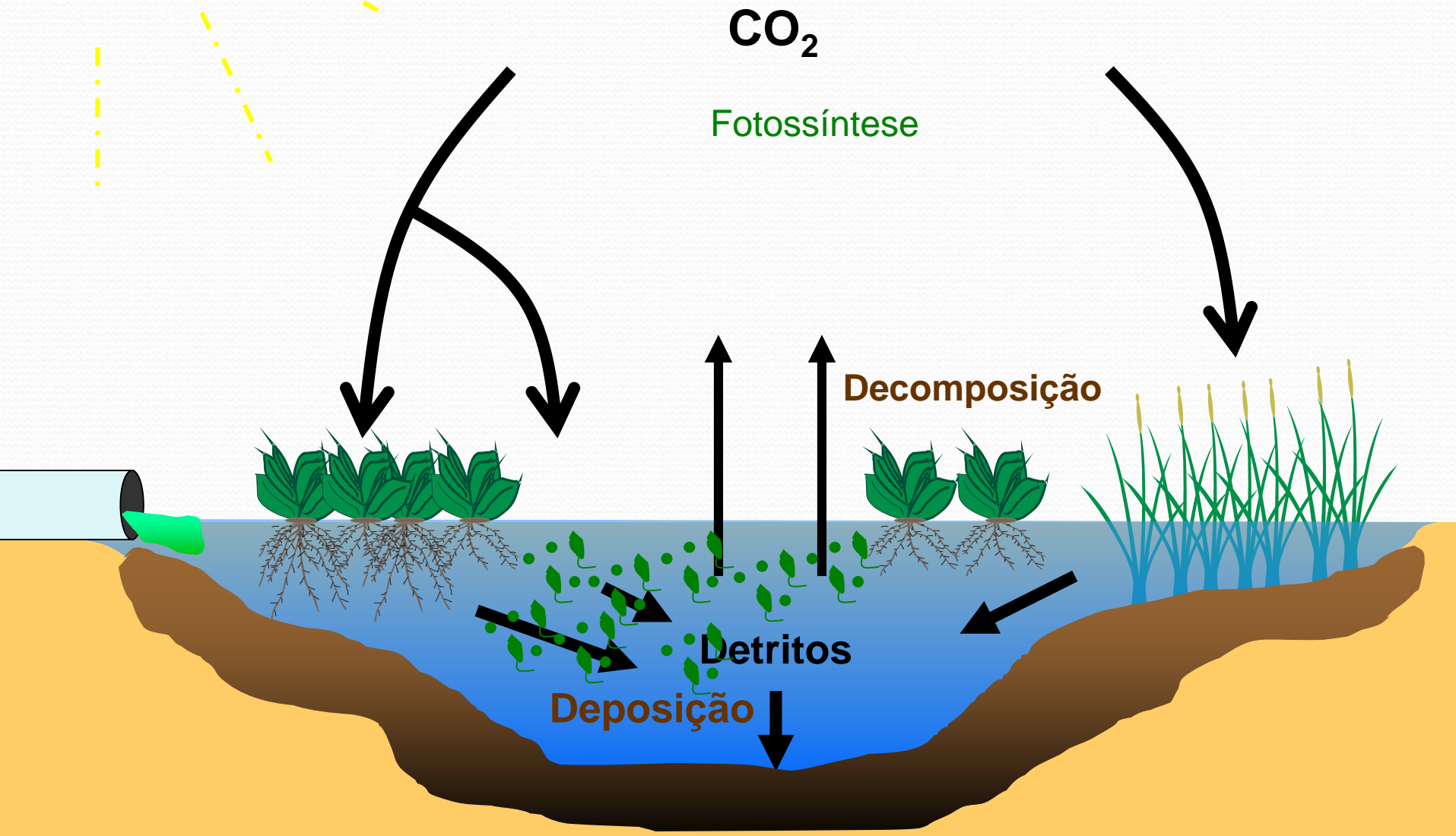
Decomposição

Detritos

Deposição



# Um lago em eutrofização



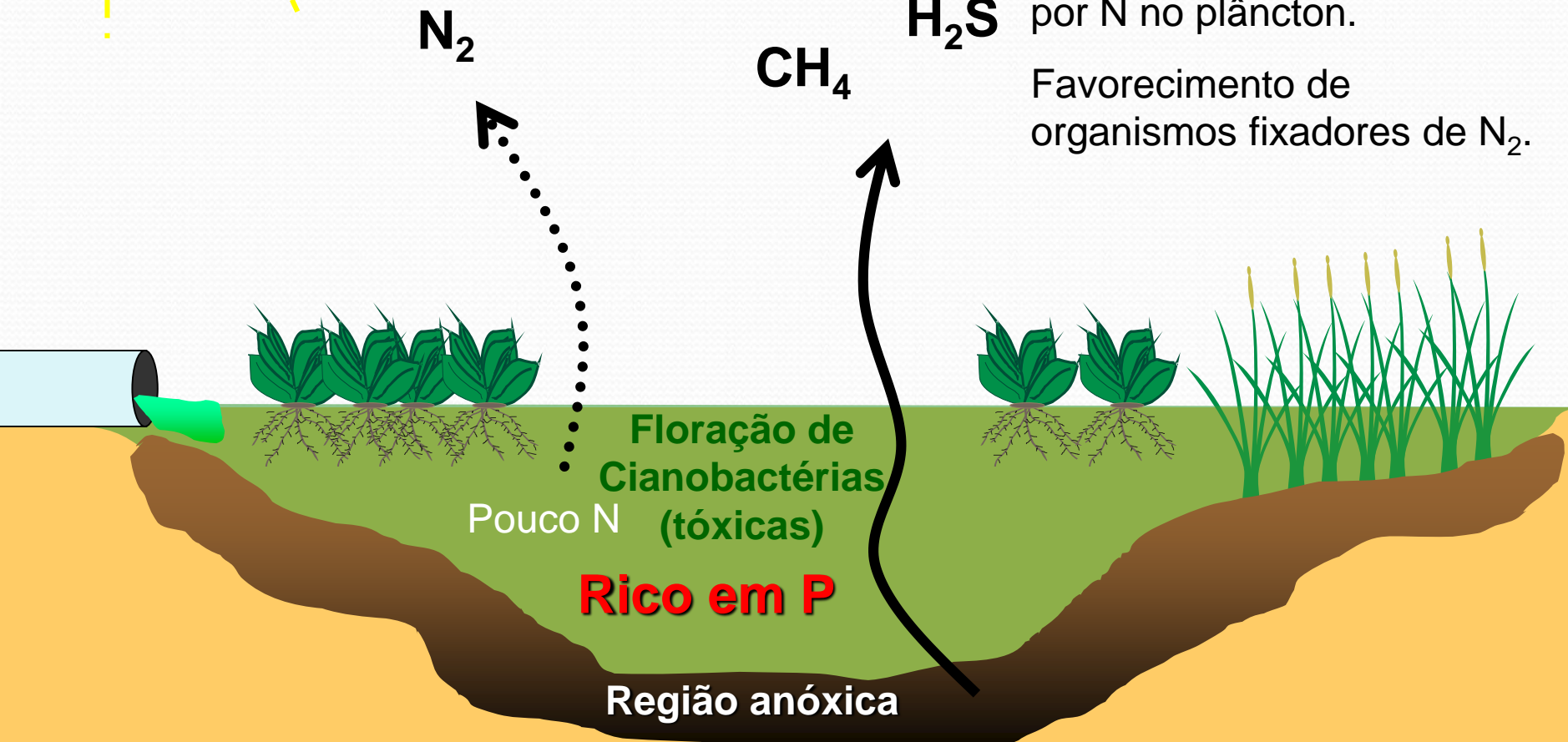


# Um lago em eutrofização

Baixa razão N:P do esgoto  
(detergentes polifosfatados)

Limitação de crescimento  
por N no plâncton.

Favorecimento de  
organismos fixadores de  $N_2$ .



# Um lago em eutrofização

**Anoxia na água**

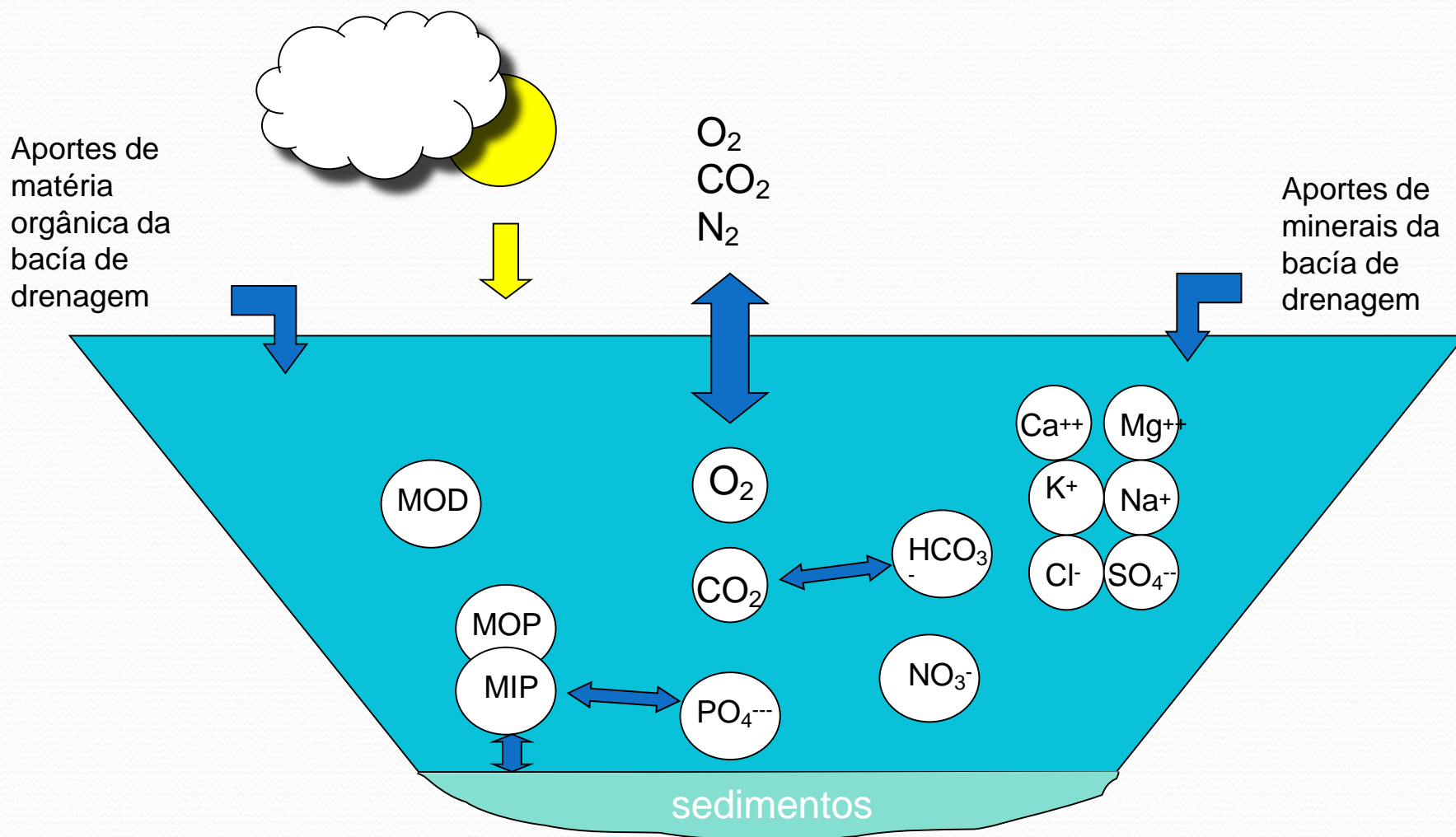
**Mortandade de peixes**

**Região anóxica**

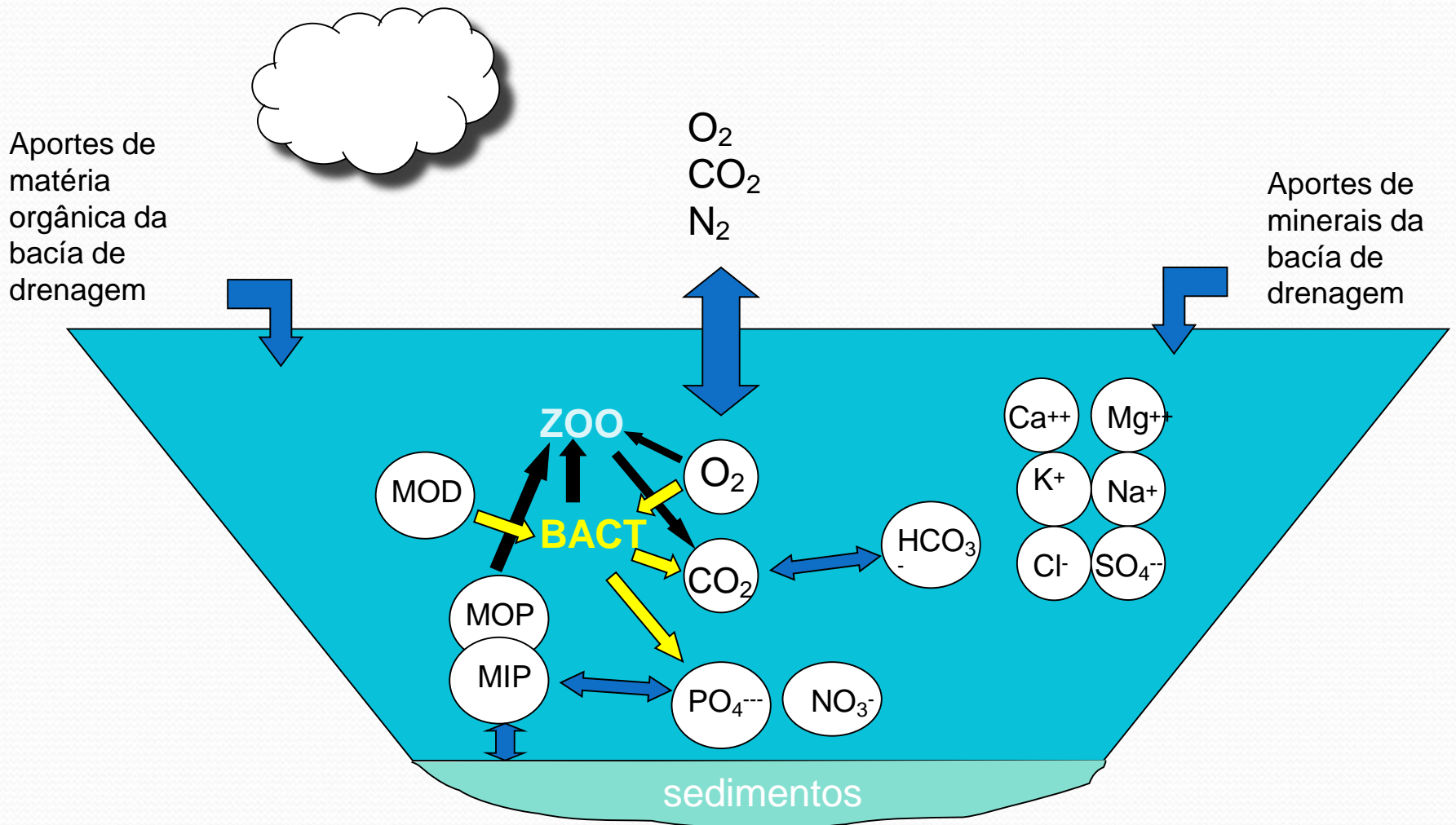




# O Ecossistema aquático

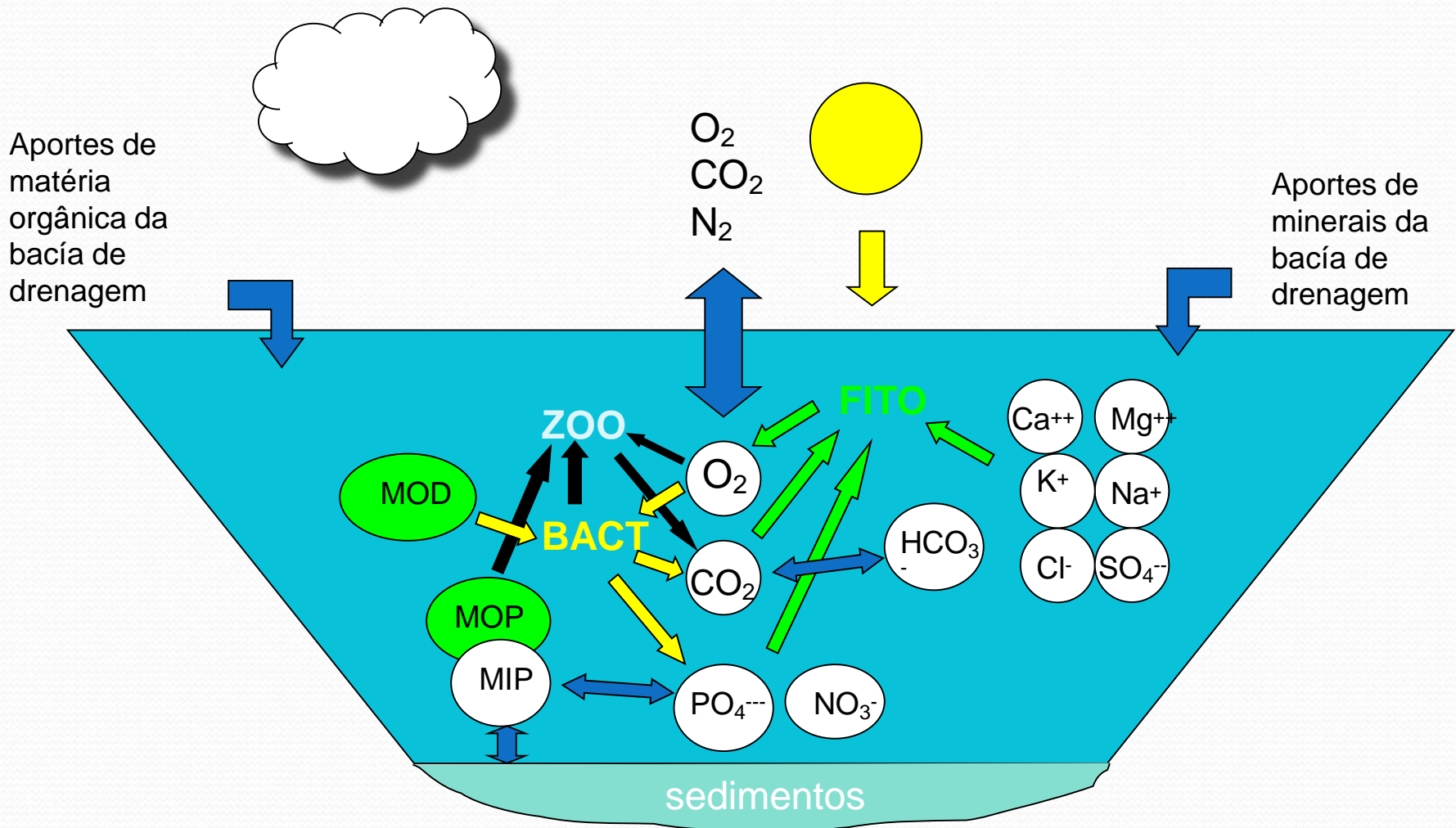


# Um Ecossistema heterotrófico (sem produtores primários)

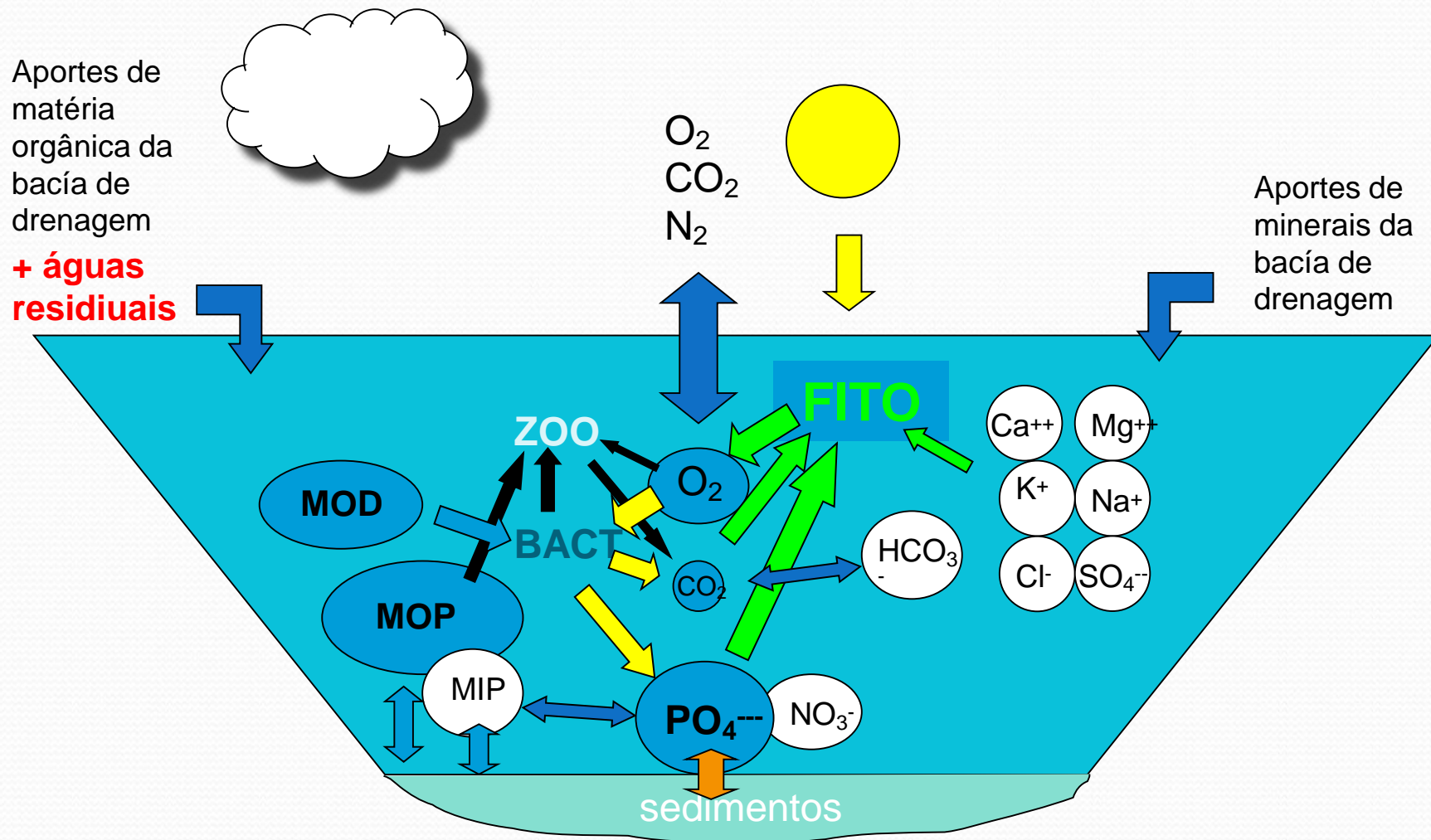




# Um Ecossistema autotrófico (com produtores primários)



# Eutrofização

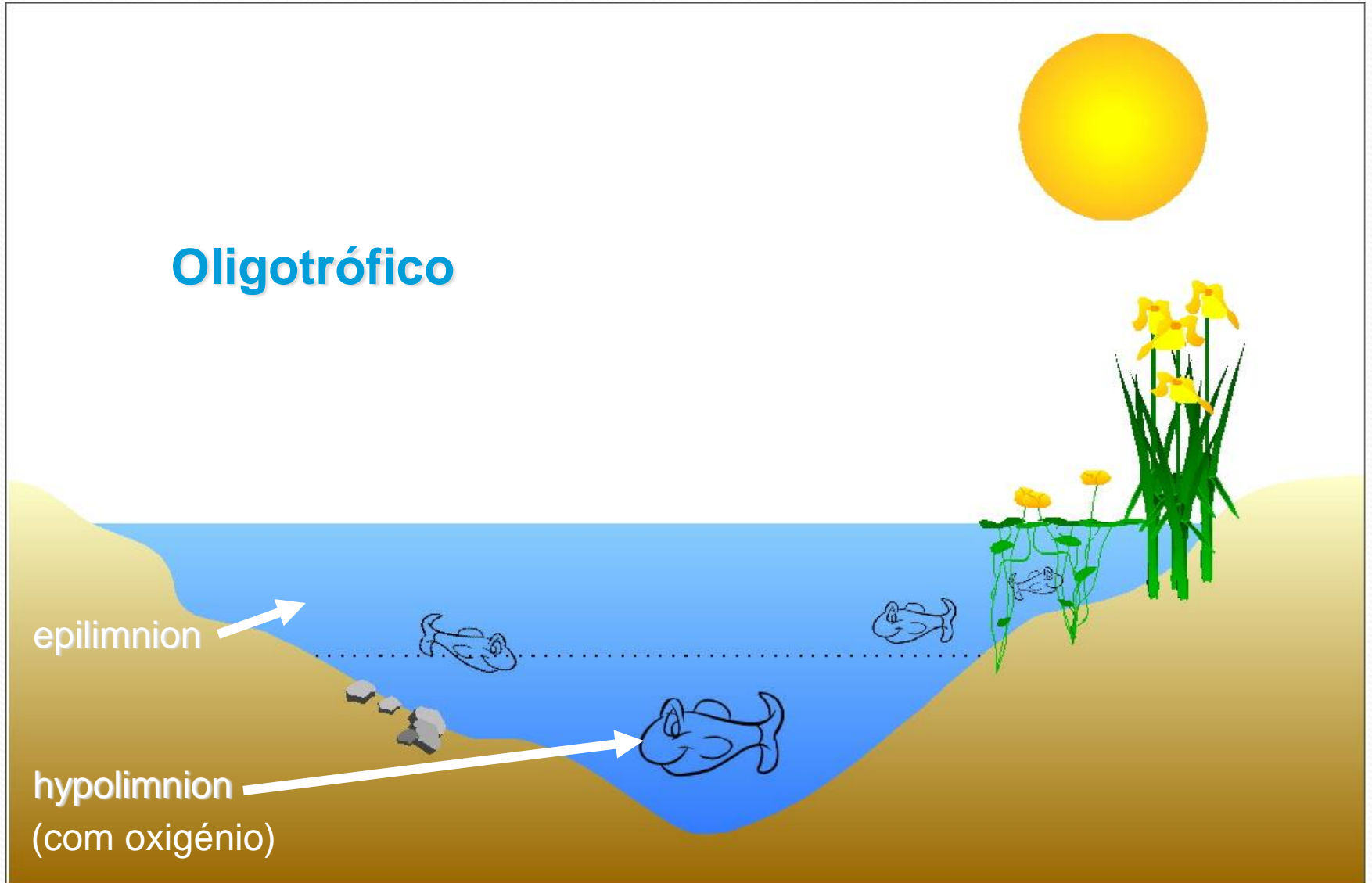




# Oligotrófico

epilimnion

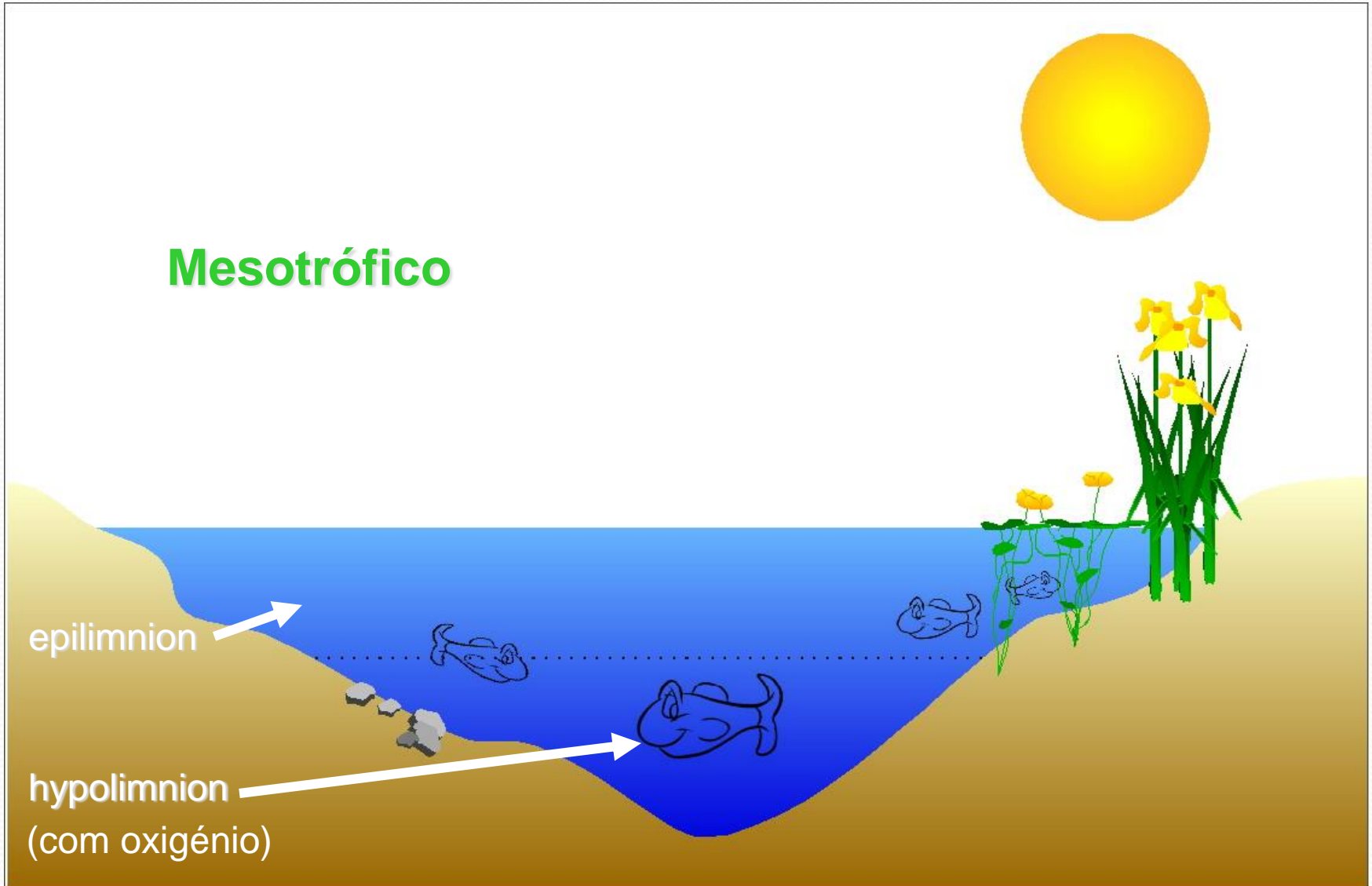
hypolimnion  
(com oxigénio)



## Mesotrófico

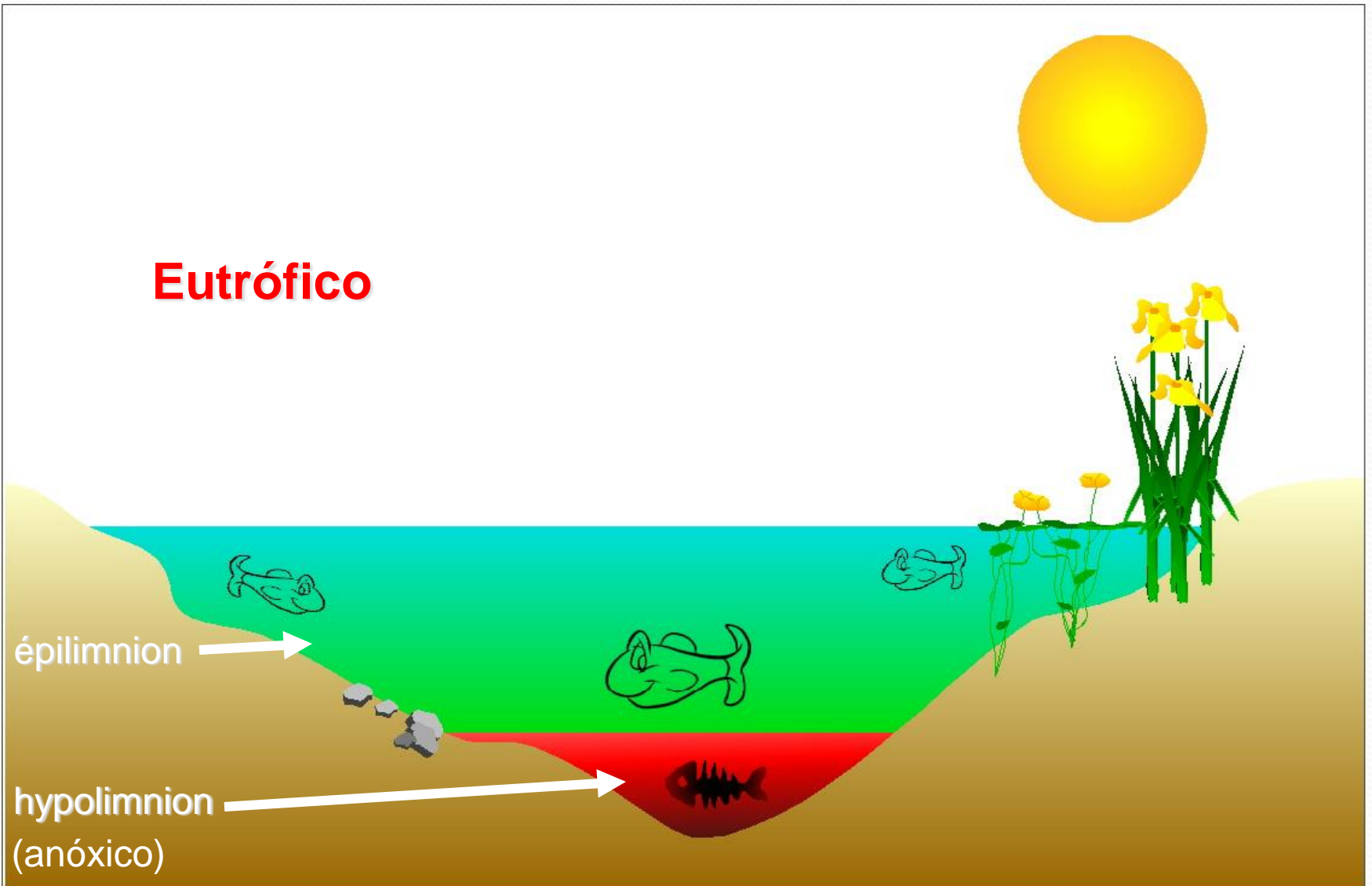
epilimnion

hypolimnion  
(com oxigénio)

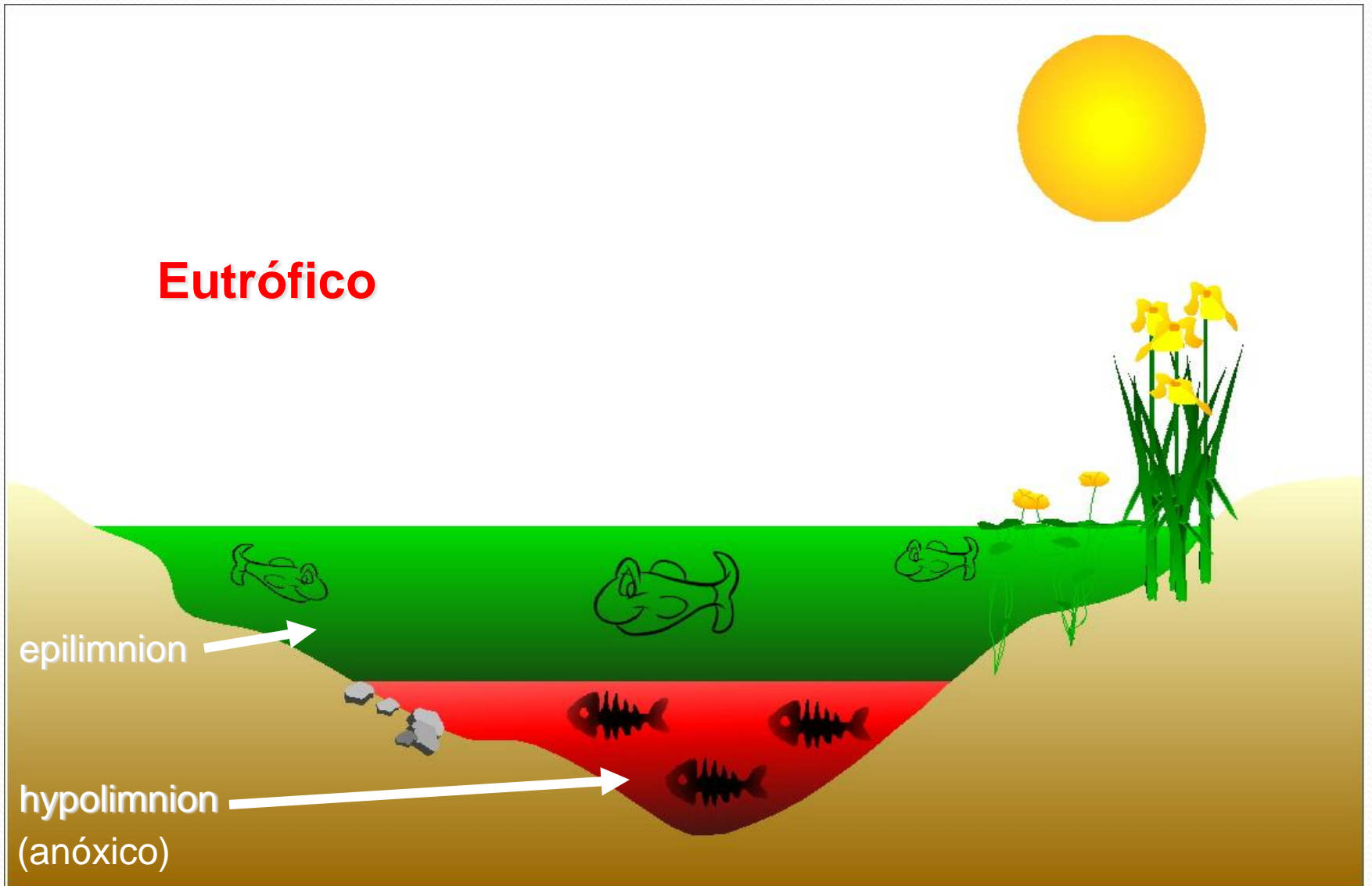




# Eutrófico

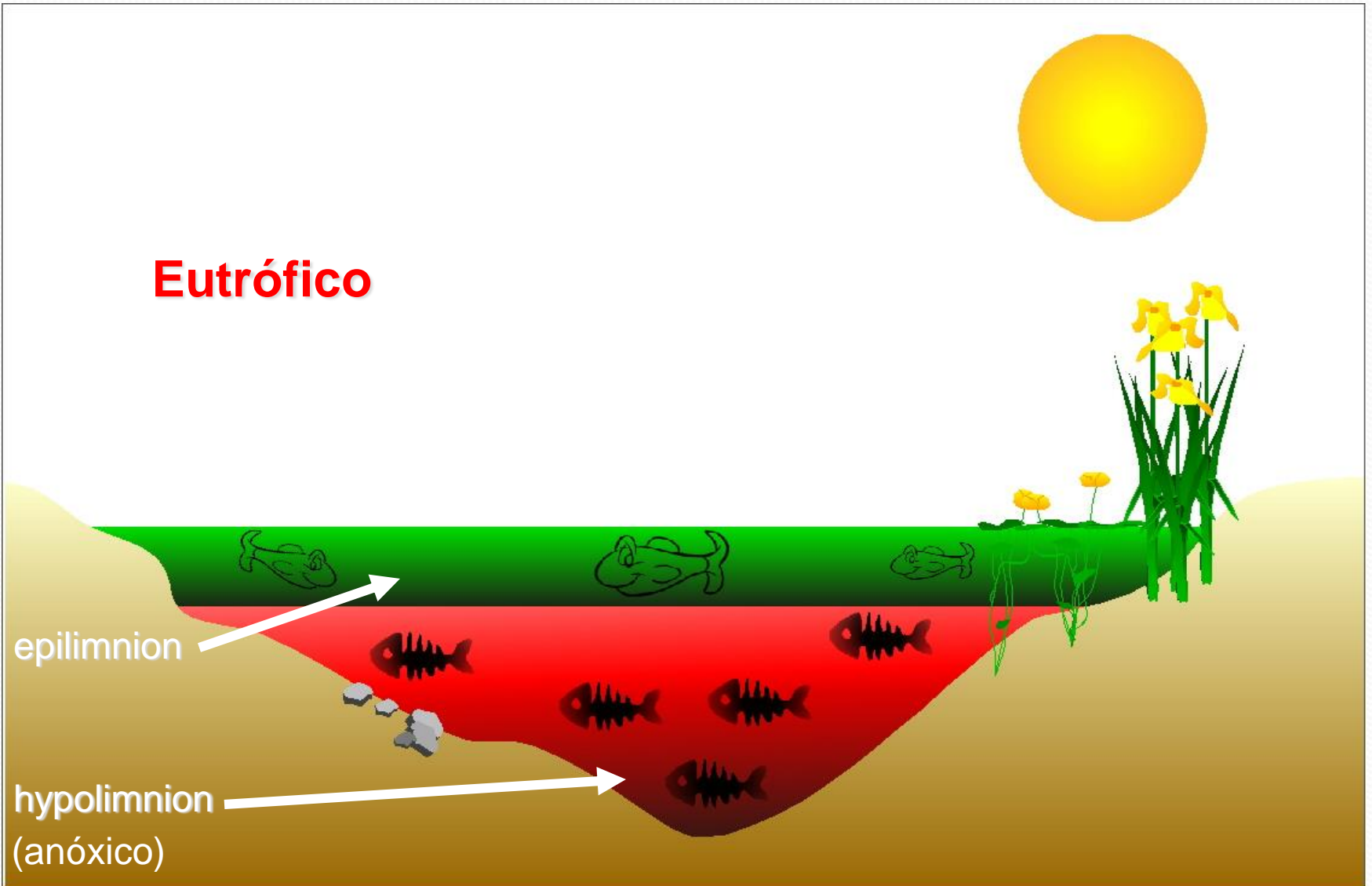


# Eutrófico

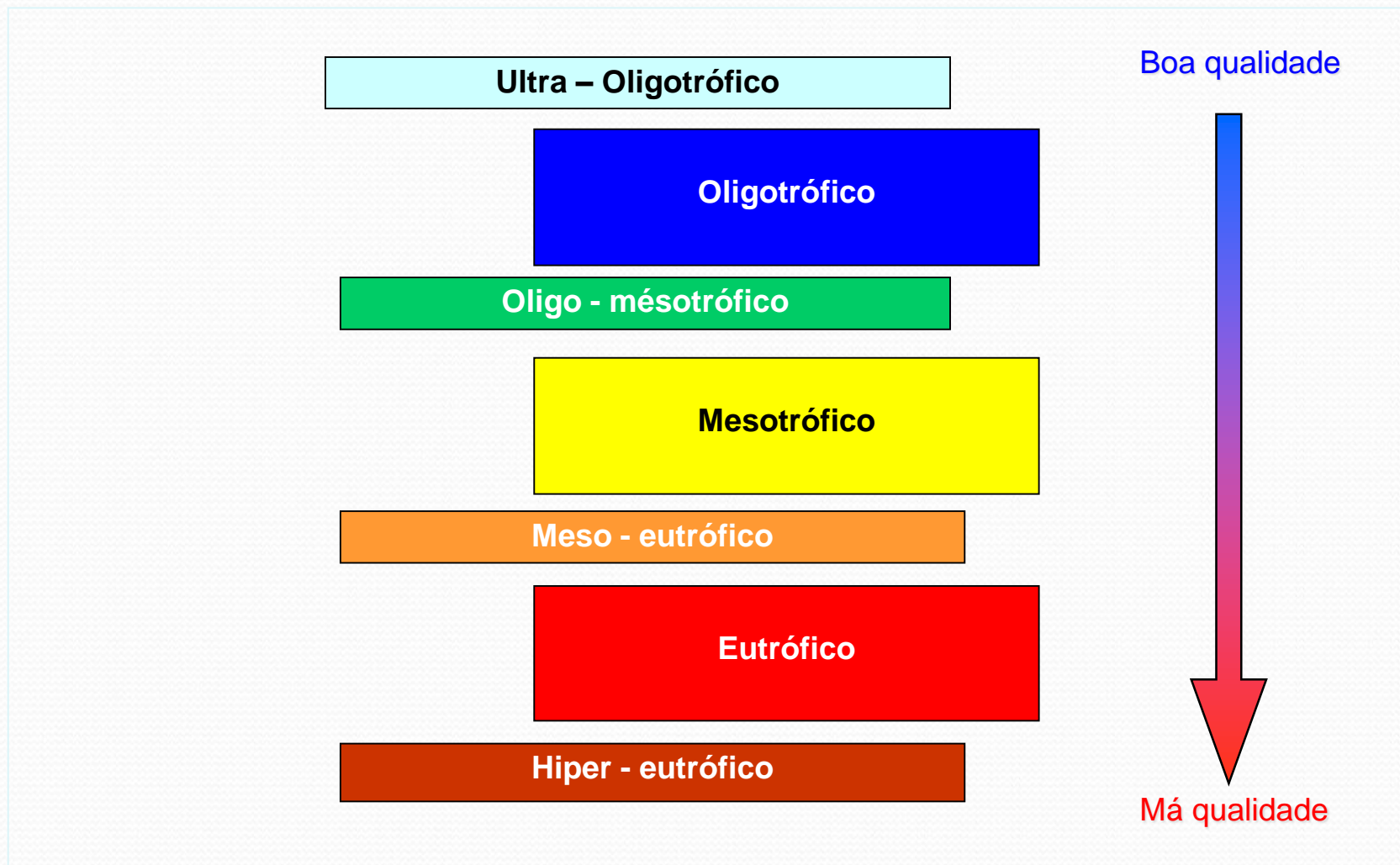




# Eutrófico



# Classificação trófica (OCDE, 1986)





# Experimental Lake Area: Lake 226, 1969









Na prática...

**Como '*medir*' a eutrofização?**

**(*como determinar o estado trófico?*)**

# Transparência (disco de Secchi)





# Transparência (disco de Secchi)

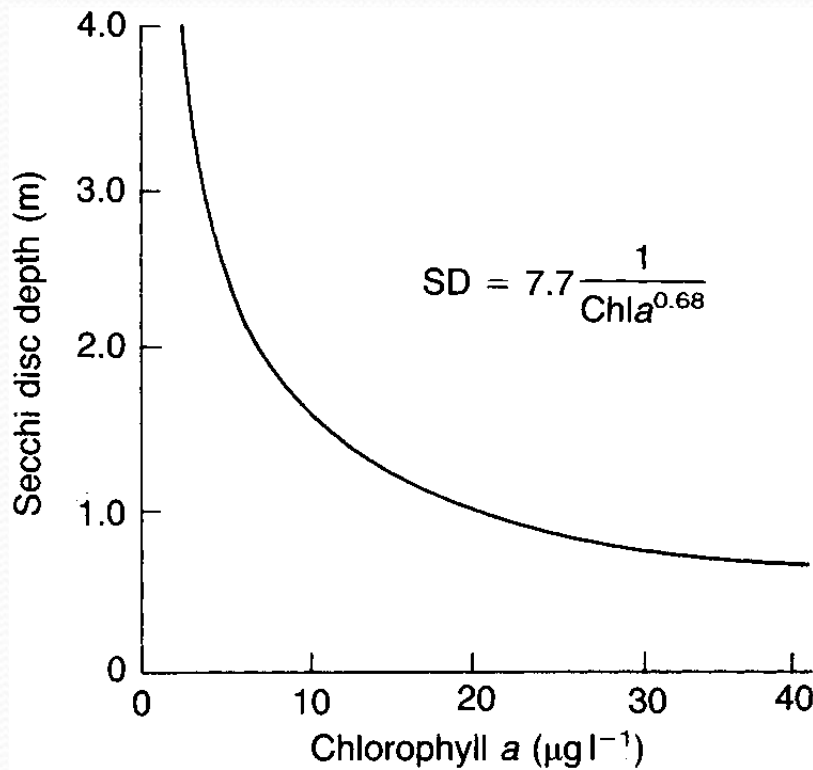
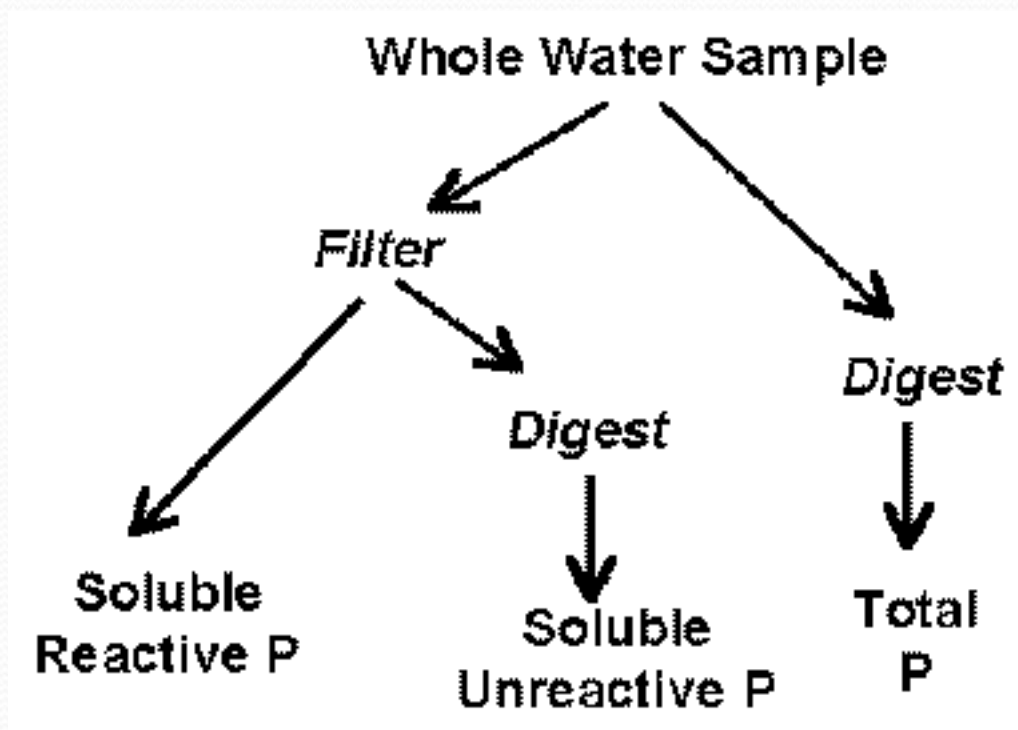


Figure 7.5 Relationship of Secchi-disc depth to chlorophyll according to equation from Carlson (1977).

# Fósforo total





# Fósforo total

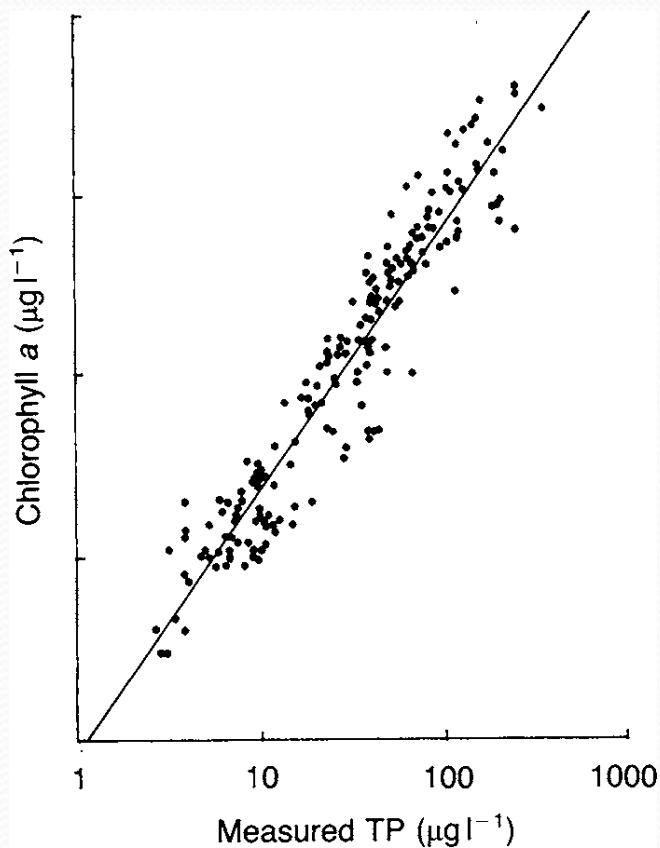


Figure 7.3 Relationship between summer levels of chl *a* and measured total phosphorus concentration for 143 lakes (Jones and Bachmann, 1976).

# Classificação de estado trófico

**Table 8.1** | Proposed criteria for classifying lakes on the basis of trophic state and metabolic constraints, based upon OECD (1982) and Reynolds *et al.* (1998)

| Category          | [TP] or [ $\Delta_P$ ]<br>(mg P m <sup>-3</sup> ) | Months where MRP<br><3 mg P m <sup>-3</sup> | Average [chl <sub>a</sub> ] <sup>a</sup><br>(mg m <sup>-3</sup> ) |
|-------------------|---|---|---|
| Ultraoligotrophic | <3  | Always                                      | <2  |
| Oligotrophic      | 3–10  | 9–12 per year                               | 0.7–4.5   |
| Mesotrophic       | 10–35   | 4–9 per year                                | 2–24  |
| Eutrophic         | 35–100  | <4 months per year                          | 3–53  |
| Hypertrophic      | >100  | Never                                       | >10   |

<sup>a</sup> For predicting maximum chlorophyll yield from the bioavailable phosphorus, see Section 4.3.4 and Eqs. (4.14) and (4.15).



# Biomassa algal (clorofila a)

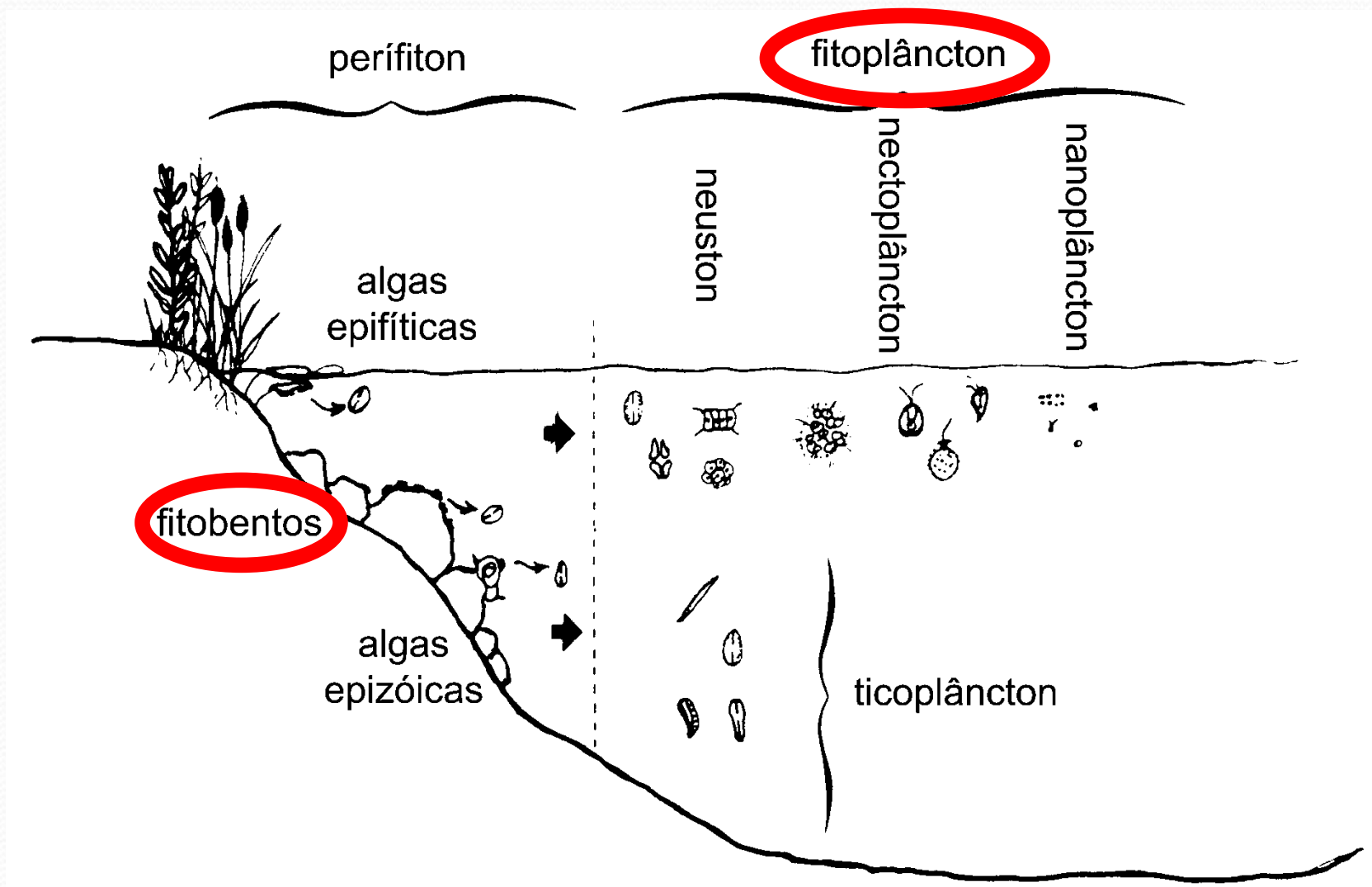


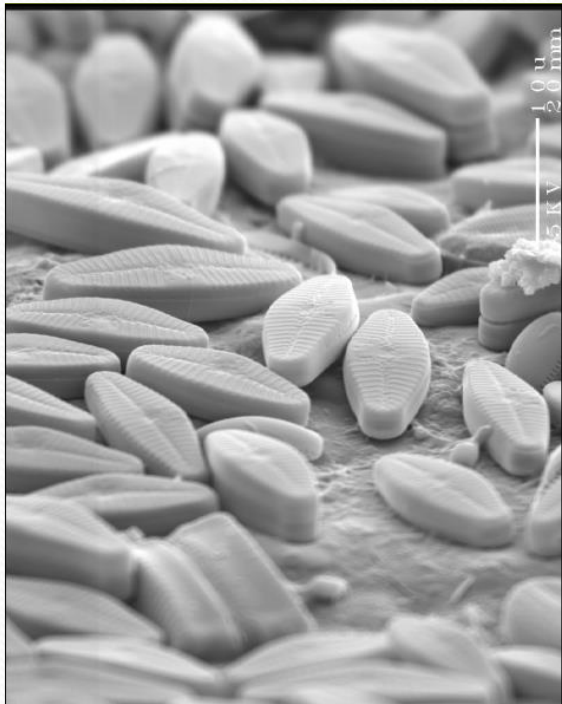
# 4 parâmetros chave:

- **Máximo anual de biomassa algal ( $\mu\text{g Chl a/l}$ )**
- **Média anual de biomassa algal ( $\mu\text{g Chl a/l}$ )**
- **Fósforo total ( $\text{mgP/l}$ )**
- **Transparência (disco de Secchi)**



# Algas como bioindicadores





*Adap. Rumeau & Coste 1988*





# Aplicações

- Avaliação global da qualidade biológica de cursos de água corrente (IBD, IPS, etc.)
- Monitoramento ao longo do tempo
- Monitoramento ao longo do espaço
- Estudo do impacto de uma perturbação por comparação montante/jusante
- ...

# Macroinvertebrados bentônicos

(bottom-dwelling) (animals w/o backbones visible to naked eye)



*Heptageniidae sp.*  
(Mayfly larva)



*Hydropsyche sp.*  
(Caddisfly larva)



*Perlodidae sp.*  
(Stonefly larva)

Bons indicadores de perturbações o ambiente físico



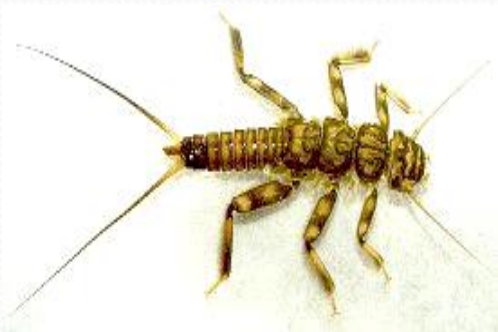
# The Tolerance Index

0 - 10

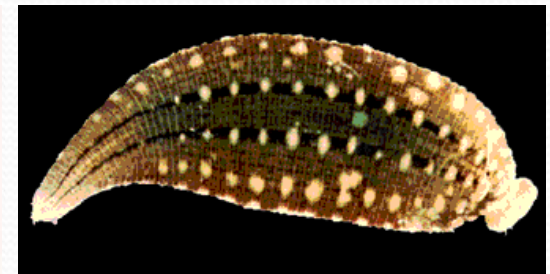
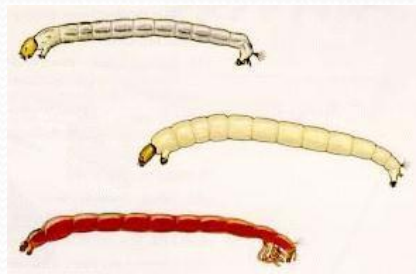


most pollution sensitive  
e.g. Stoneflies

most pollution tolerant  
e.g. Midges & Leeches



require high DO, clear water, rocky cobble substrate



contain hemoglobin, tolerate lower DO, prefer soft substrate, less sensitive to toxins

# Macroinvertebrados como bioindicadores

## Pollution Sensitive (“Clean Water”) Benthos



Stonefly



Water Penny Beetle



Mayfly



Dobsonfly



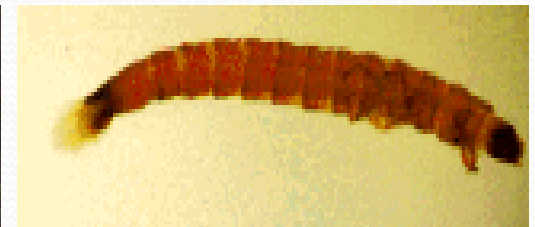
Alderfly



Mussel



Snipe Fly



Riffle Beetle



# Macroinvertebrados como bioindicadores

## Somewhat Pollution Tolerant Benthos



Damselfly



Dragonfly



Crayfish



Amphipod



Blackfly



Caddisfly



Isopod



Cranefly

# Macroinvertebrados como bioindicadores

## Pollution Tolerant (“Polluted Water”) Benthos



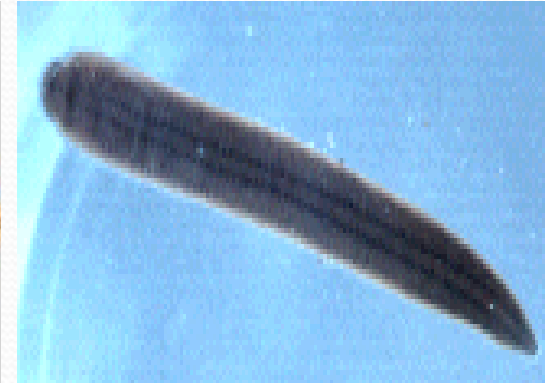
Pouch Snail



Midgefly



Worm



Leech



# Macroinvertebrados como bioindicadores

## Standard-Habitat Samples

**Semi-quantitative**

**3x Rock or wood in flowing water (Hess or Surber sampler)**

**Or 3x Multi-plate artificial substrates (4-6 week colonization)**

