

Aula 2 - Produção primária e produtores primários

Parte A: Conceitos:

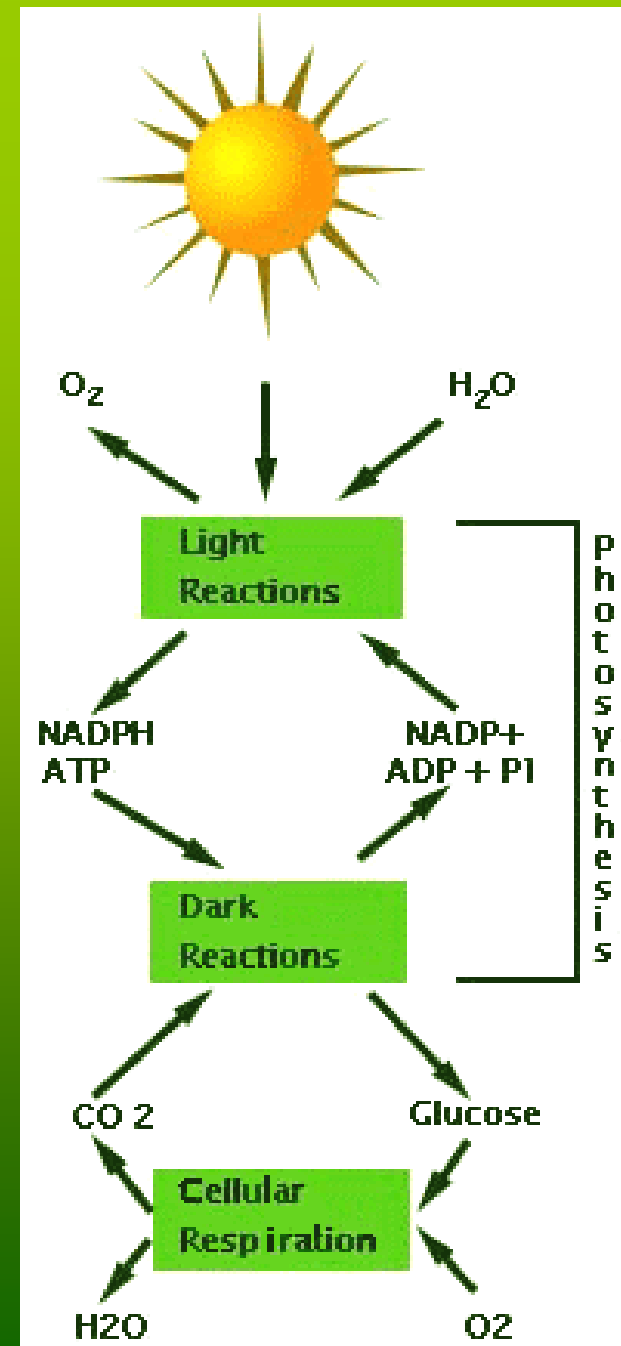
- produção primária; produtividade;
- biomassa;
- standing-stock;
- tempo de residência médio
- turnover;
- unidades

Produção primária:

- - Conceito: MO nova . E solar ou química.
- Início do fluxo de E em qualquer ecossistema

Produção Primária por Fotossíntese:

- Processo de PP predominante na Terra



Produção primária por quimiossíntese

- Localização Restrita
→ ambientes extremos
(baixo O₂, compostos reduzidos). → autótrofos



Mar Morto. www.atlastours.net



fonte termal: www.cnn.com



Foto: Discovery.whoi.Edu
bactéria quimiossintética

- Produtividade $f(\text{tempo}) \rightarrow$ taxa.

Definição: taxa de conversão de CO_2 a C orgânico por unidade de volume ou área

expressa em C ou cal equivalentes (ex: $\text{cal m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ou $\text{mgC}.\text{m}^{-3}.\text{h}^{-1}$).

- Produção primária: $\approx$ produtividade mas usualmente expresso p/ um ecossistema

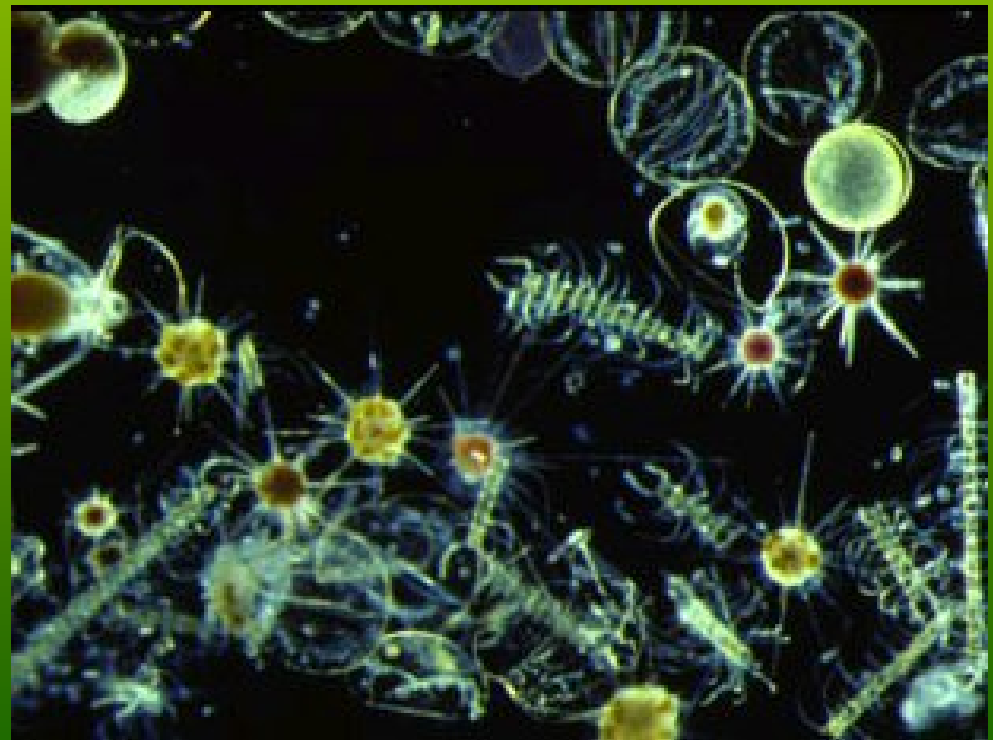


Produção primária/ano: 1.9 tons/acre de alfalfa (peso seco) (4300 kg/ha).

Biomassa

- Quantidade total de matéria viva numa dada área ou volume. Pode ser dado em peso fresco, peso seco, C.
- C → evita distorções por hidratação e partes duras

http://www.liv.ac.uk/earth_sciences/science_eng_images/earth/phytoplankton.jpg



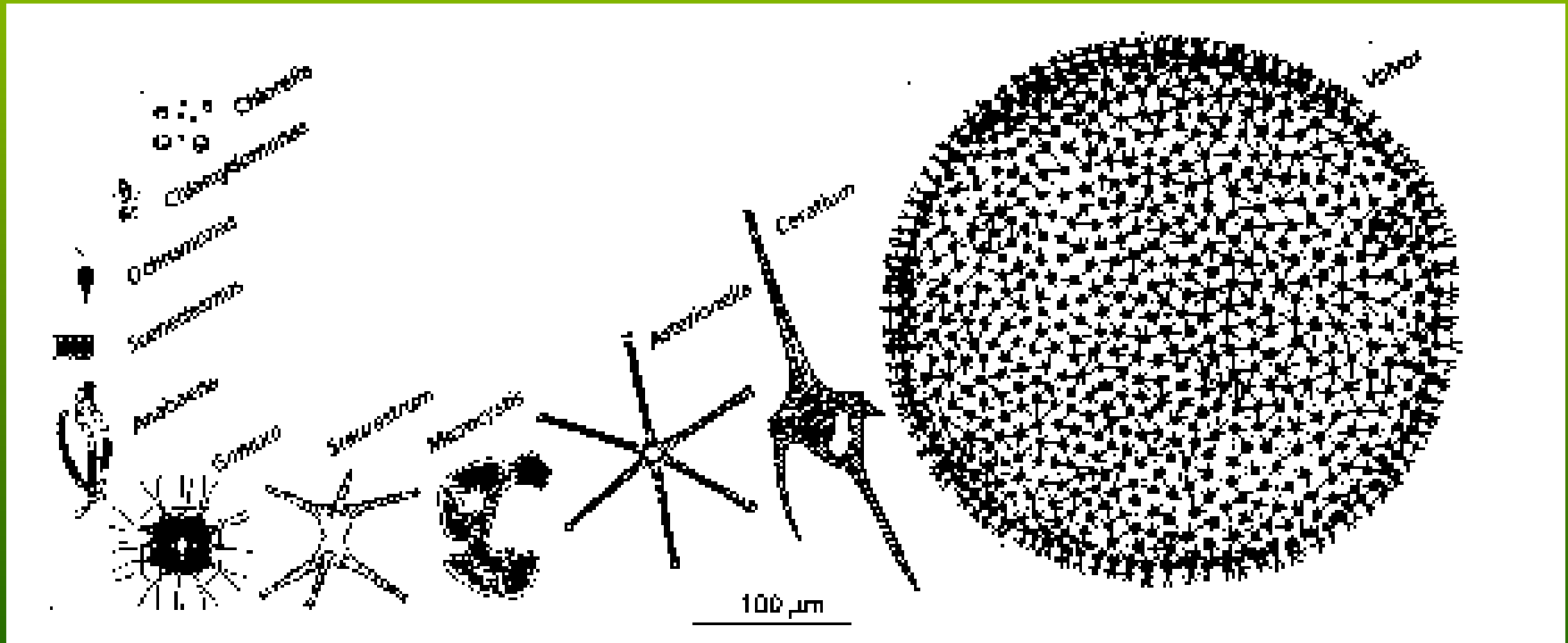
"Standing Stock"

estoque "em pé".

- Refere-se tanto ao No. de org. como à Biomassa por unidade de área (ou volume de água) num dado instante



- Biomassa $\rightarrow$ preferencial em relação ao No. no caso do fitoplâncton
- Grande Δ de tamanho e número de org. por faixa de tamanho.



Picoplâncton: 0.2-2 µm Nanoplâncton: 2-20 µm Microplâncton: 20-200 µm

Produção Primária Bruta

- Quantidade Total de CO_2 reduzido a C orgânico por Δ tempo. $\rightarrow$ PPB

durante o processo $\rightarrow$ gasto metabólico (respiração e excreção)

portanto $\rightarrow$ nem toda E ou biomassa fixada estará disponível para os níveis tróficos seguintes.

Respiração autotrófica

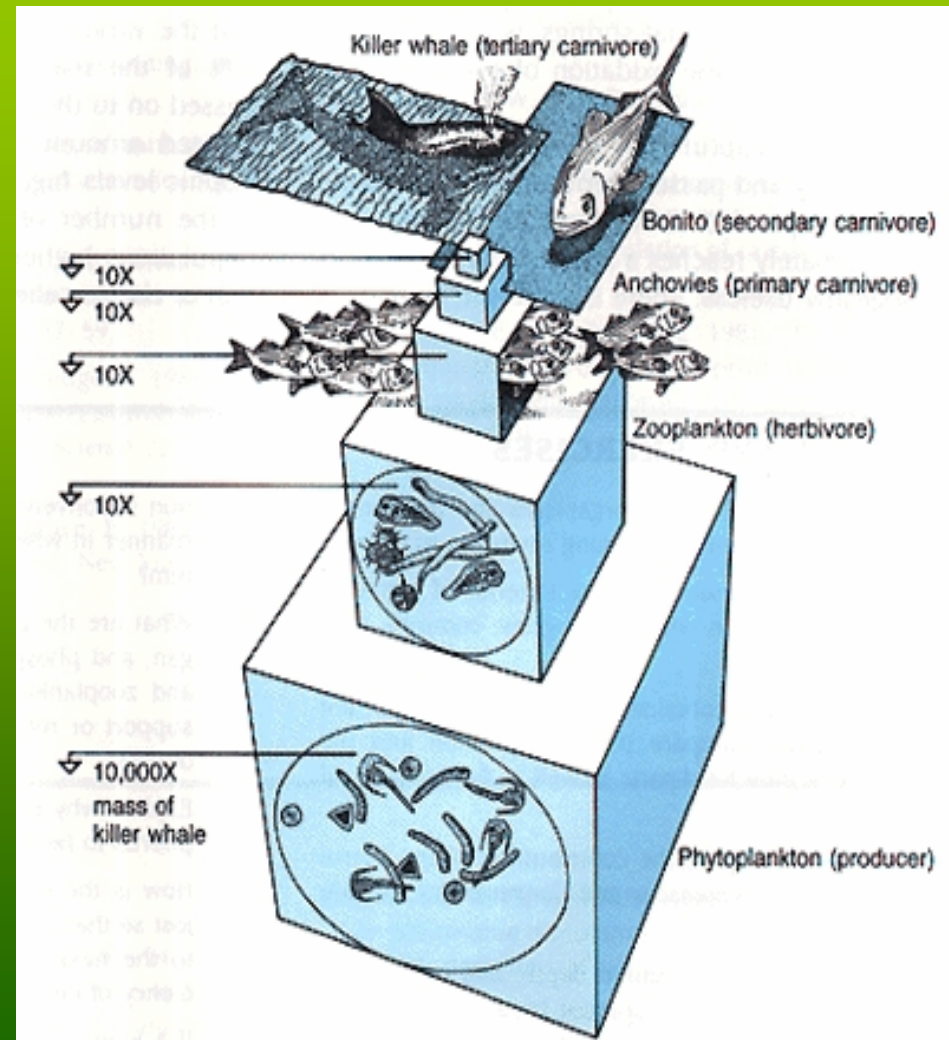
- Quantidade total de C orgânico oxidado a CO_2 pela respiração por Δ tempo pelos org. autótrofos $\rightarrow R_a$
- *Respiração heterotrófica*
- Quantidade total de C orgânico oxidado a CO_2 pela respiração por Δ tempo pelos org. heterótrofos $\rightarrow R_h$ (incluindo-se decompositores)

Produção Primária Líquida

- Diferença entre o fixado e o perdido pela respiração

$$PPB-Ra=PPL$$

- Biomassa ou E disponível para o nível trófico seguinte.



Produção Líquida da Comunidade

- Para todo o ecossistema ou uma amostra com autótrofos e heterótrofos
- C orgânico produzido pela fotossíntese que não é perdido como Ra ou Rh (inclui decompositores e heterótrofos)
- $PLC = PPB - Ra - Rh = PPL - Rh$
- Muito utilizado em ambientes aquáticos

Outras propriedades do ecossistema em *steady-state*:

Tempo de Residência

Médio $\rightarrow$ TRM

TRM:= Biomassa/Produção=massa/fluxo

gm^{-2}

= anos

$\text{gm}^{-2} \text{ano}^{-1}$

Ex: Dividindo o *standing crop* ou biomassa ($5\text{g}/\text{m}^2$) pela produção ($500\text{ g}/\text{m}^2/\text{ano}$), obtém-se a unidade de TRM= 0,01 ano.

Porcentagem de "Turn over" = k

- $1/\text{MRT} = \text{tempo}^{-1}$ (x100= % por ano)

ENERGY FLOW, FOOD WEBS, AND EFFICIENCIES

P_n = Productivity at trophic level n (net)

P_{n-1} = Productivity at trophic level $n-1$ (net)

R_n = Respiration at trophic level n

F_n = Fecal matter produced at trophic level n

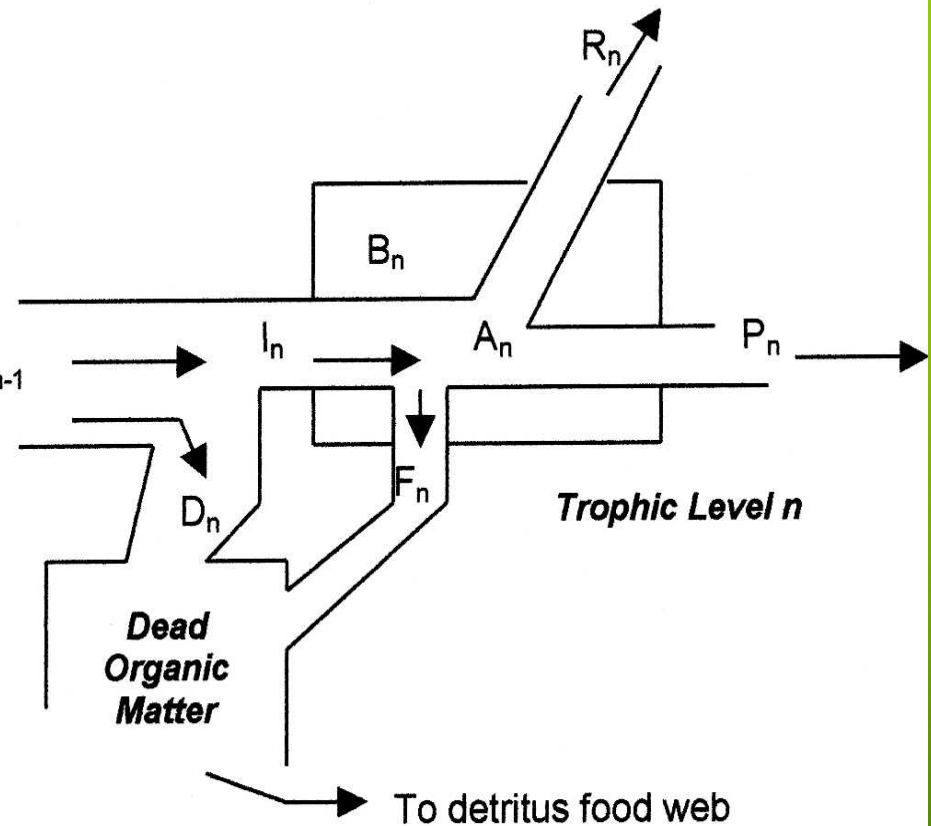
I_n = Amount Ingested at trophic level n

A_n = Amount assimilated and available for metabolism

D_n = Fraction of P_{n-1} not consumed by trophic level n

B_n = Biomass at trophic level n

We can now define the following efficiencies (%):



Variáveis necessárias aos estudos ecológicos e manejo de ecossistema

Exploitation Efficiency (EE), sometimes called consumption efficiency

$$EE = \frac{I_n}{P_{n-1}} \times 100$$

n-1	n	I_n/P_{n-1}
Trees	Insects	1-10%
Grass	Animals	20%
Phytoplankton	Zooplankton	20-40%

Assimilation Efficiency (AE)

$$AE = \frac{A_n}{I_n} \times 100$$

Herbivores ~ 20 - 50%

Carnivores ~ 80%

Production Efficiency (PE)

$$PE = \frac{P_n}{A_n} \times 100 = \frac{P_n}{P_n + R_n} \times 100$$

warm-blooded organisms ~ 2%

cold-blooded organisms ~ 40%

$$\text{Ecological Efficiency} = \frac{I_n}{P_{n-1}} \times \frac{A_n}{I_n} \times \frac{P_n}{A_n} \times 100 = \frac{P_n}{P_{n-1}} \times 100$$

- Tells us how much energy is lost in one trophic transfer in the grazing food chain
- Some of this goes to the detritus food web, some goes to respiration

- Cálculos para determinar a eficiência ecológica:
- Quanta E é perdida em uma transferência trófica na cadeia trófica.
- E perdida → R e cadeia de detritos

O ciclo do C envolve tanto produção como decomposição da MO (turnover).

$PPL = \text{Fotossíntese} - \text{respiração} = \text{C disponível para 1o. nível heterotrófico}$

PPL: principal determinante dos sumidouros de C
regulador chave dos processos ecológicos, incluindo interações entre níveis tróficos.

No oceano→ toda biomassa é fotossintética, portanto medidas de curto prazo são as mais adequadas para estimar PP e respiração (24h).

Na terra→ inclui raízes e troncos, (apenas respiram mas não realizam fotossíntese)

Estimativas da PP → aumento do *standing stock* (raízes, tronco, folhas, flores, frutos) mais a serapilheira (liter) em intervalo de tempo grande: semanas, meses ou anos.

Processos subterrâneos ainda representam desafios as estas medidas conceitualmente simples.



<http://www.globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures>

http://www.amcs.org.au/images/campaigns/ss_fos_01.jpg

- Uso em situações de manejo sustentável e exploração econômica de qualquer tipo de produção

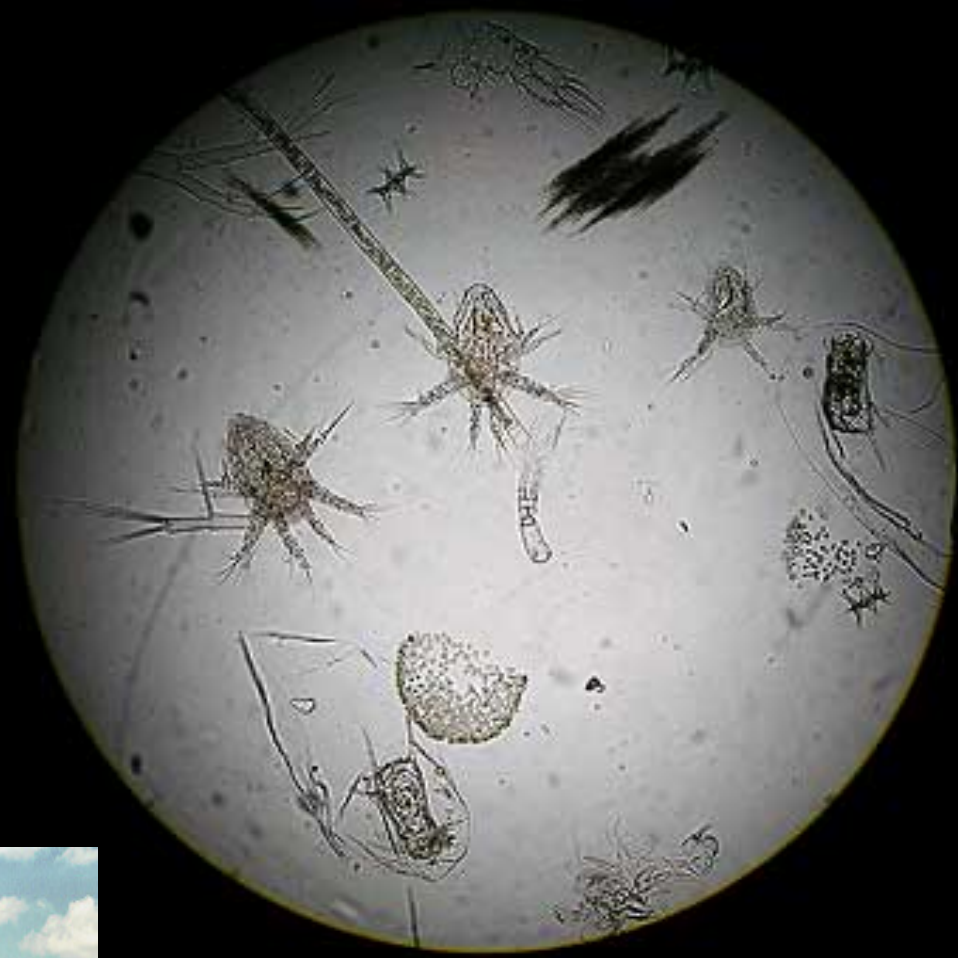
Unidade de biomassa utilizada para o Fitoplâncton

unidade utilizada rotineiramente para
estimar a biomassa:

a concentração de clorofila-a

Porque?

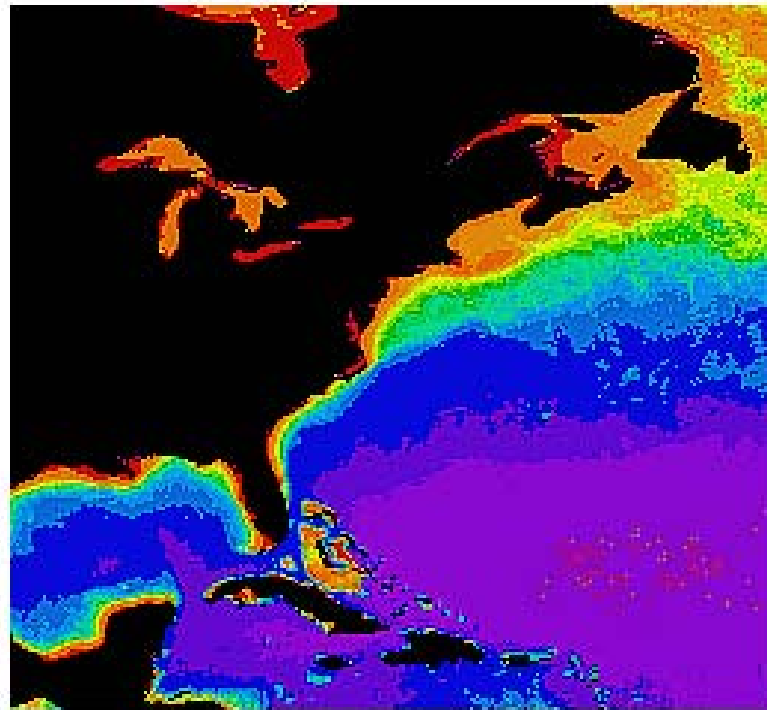
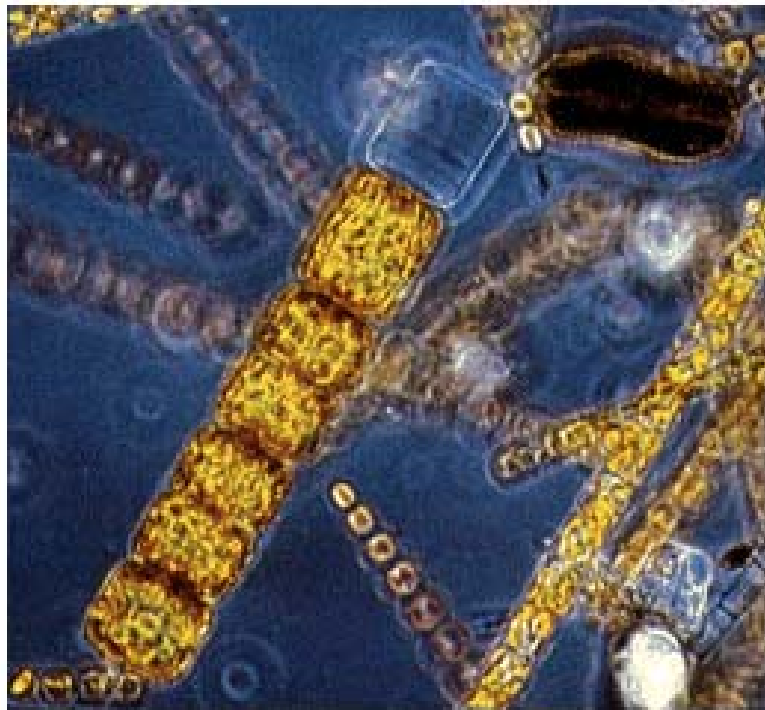
-pela dificuldade de
se separar os
organismos do
fito, zoo e
detritos numa
amostra de água.



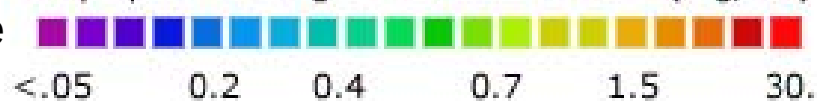
<http://psteinmann.net/plankton.html>



<http://www.globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures/klings/energyflow/energyflow.html#intro>



Phytoplankton Pigment Concentration (mg/m³)



www.classzone.com/books/earth_science

- a clorofila é componente exclusivo do fitoplâncton,
- determinação química rápida e acurada
- permite levantamentos extensivos "in situ e por satélites

- Necessidade de conhecer a razão $C/Clorofila$.
- Razão não é fixa: fatores fisiológicos, idade da célula, estado nutricional, histórico de luz, etc.
- Valores de C/Cl na natureza → entre 40 (p. ex plâncton "de sombra") e 100 (região de ótimo nutricional e de luz).

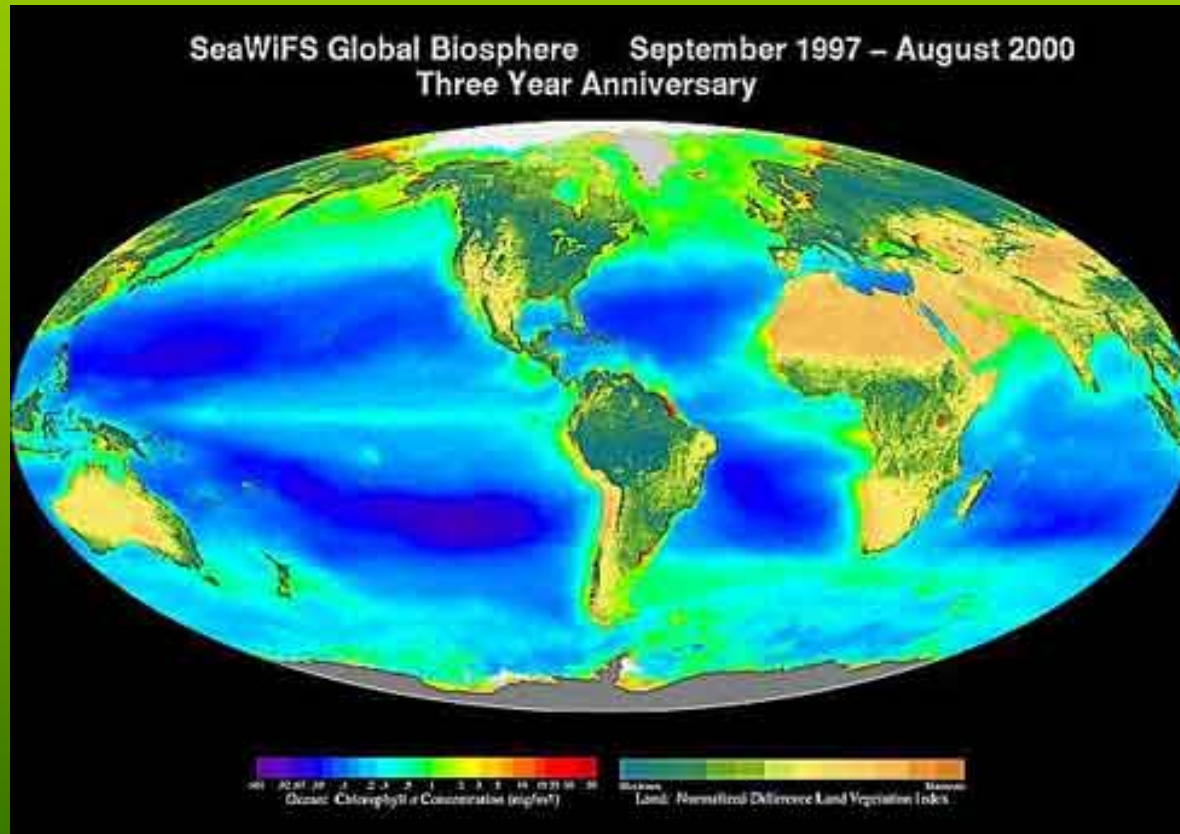
- Usos da razão C/Cl :
- modelagem ecológica
- sensoriamento remoto (permite estimar crescimento (PP) do fitoplâncton a partir da cor da água).

Parte B- Produtividade no ambiente oceânico

Questões de interesse:

- 1) Qual a produtividade do oceano em relação à produtividade terrestre?
- 2) O que limita a produtividade em cada um desses ecossistemas?
- 3) Que tipos de ecossistemas apresentam as maiores produtividades?
- 4) Ambientes altamente produtivos representam sempre uma contribuição elevada para a produção global?

Produção terrestre/produção oceânica



quais os principais limitantes da produção primária no ambiente terrestre e marinho?

-Diferenças na limitação:

- Terrestre: limitação por água, luz e temperatura;
- Oceânico: limitação por luz e nutrientes;

-Diferenças na ciclagem de nutrientes:

- Terrestre: ciclagem "in loco"→
disponibilidade imediata
- Oceânico: ciclagem distante— disponibilidade
depende de processos advectivos

Produtividade Primária Global

- Final dos anos 60: primeiro mapa global da PP (Koblentz-Mischke e grupo soviético) → método do O_2
- PP do Pacífico (10×10^9 tons (10 gigatons)).
- Dados de outras regiões compilados .
- Woodwell et al (1978) → primeiras estimativas globais do ambiente terrestre.

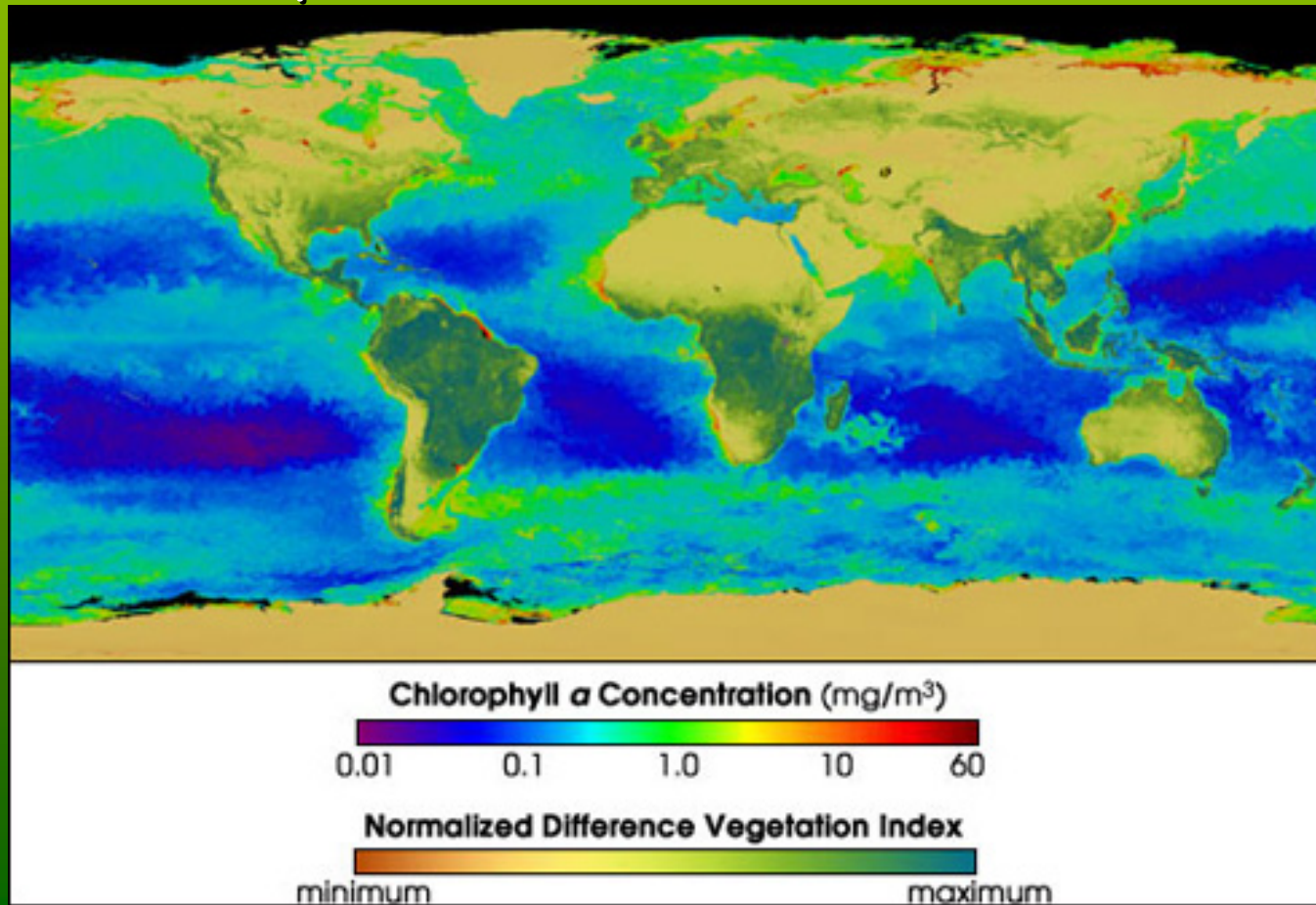


- A partir da década de 70 → método do ^{14}C (Steeman-Nielsen, 1952).
- Método mais sensível e preciso do que o do oxigênio.

Atualmente

- Satélites que medem a cor da água, (CZCS, SeaWiFS, MODIS, entre outros): variações espaciais e temporais da biomassa (clorofila-a) com alta resolução espacial (~1km).

*Credit:
SeaWiF
S
Project,
NASA/
Goddard
Space
Flight
Center,
and
ORBIM
AGE*



Princípio do método de sensoriamento remoto :

A Clorofila-a absorve a luz azul (e vermelha) e reflete a luz verde.

- Se razão de refletância azul /verde é baixa → mais fitoplâncton presente.
- Detecta concentrações < 0.01 mg até 50 mg Chl/m³ na água do mar.

Cor da água → Biomassa

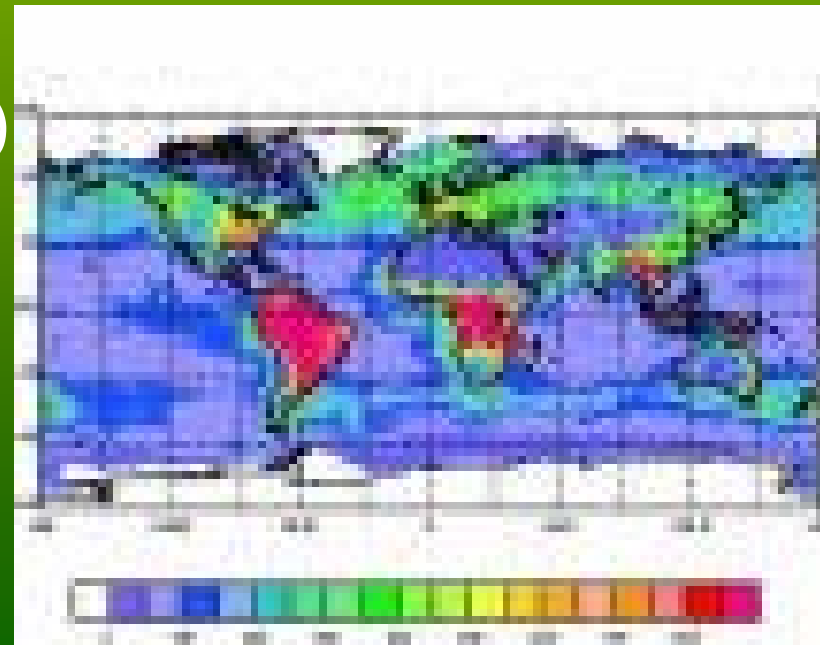
Para estimativas de PP por satélite → necessária razão $C/Cl-a$ e parâmetros da curva de luz/fotossíntese que devem ser obtidos empiricamente

Estimativas mais recentes da PP da biosfera: Field et al (1998):

Integração de modelos matemáticos conceitualmente semelhantes p/ crescimento de produtores primários terrestres e aquáticos : visão realmente biosférica.

estimativas da PPL global: 104,9 petagramas de C/ano)
(=10¹⁵g=1gT)

continentes (56,4 Pg de C → 53%)
oceano (48,5 Pg C → 46.2%).



Estimativas de PP por satélite

Abordagens:

baseadas na radiação fotossinteticamente ativa (PAR) → disponível para a fotossíntese e aquela realmente absorvida (APAR) medidos por satélite (biomassa)

e cálculos baseados na eficiência de utilização da luz (E).

$$PPL = f(APAR \times E)$$

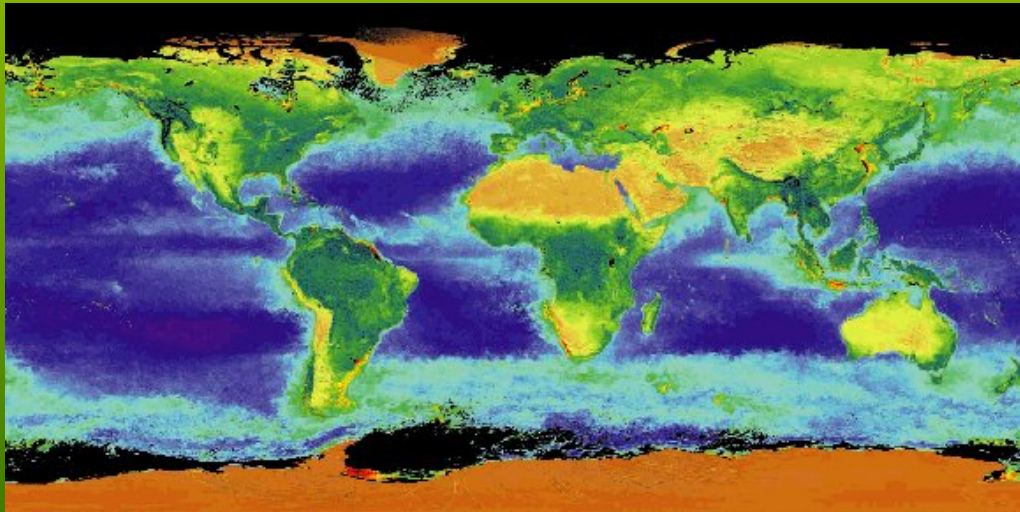
No oceano → APAR relacionada à Cl-a superfície

Na terra: índice normalizado para diferenças na vegetação (INDV) → grandes dificuldades (diferentes tons de verde)

Problemas:

satélites diferentes para estimar APAR de terra e oceano, períodos distintos para as estimativas: 1978-83 para oceanos (CZCS- Coastal Zone Color Scanner), e de 82 a 90 para a terra (AVHRR-Advanced Very High-Resolution Radiometer).

Implicações: perda de anomalias como efeitos do El Niño-Southern Oscillation, bem como de mudanças globais progressivas



Estimativas de Field et al (1998)-> quase o dobro da daquelas de Koblentz-Mishke et al., 1970 e Woodwell et al. 1978

PPL max $\approx$ nos dois ambientes: (1000 a 1500 gC m⁻² ano⁻¹),

PPL max mais restritas em termos de área no oceano (estuários e algumas ressurgências), do que em terra (florestas tropicais úmidas).

Portanto→ grande heterogeniedade entre PPL para terra e oceanos, reflexo da influência de processos físicos e ecológicos.

A distribuição espacial e temporal da PPL no oceano é consistente com as limitações por luz, nutr. e temperatura.

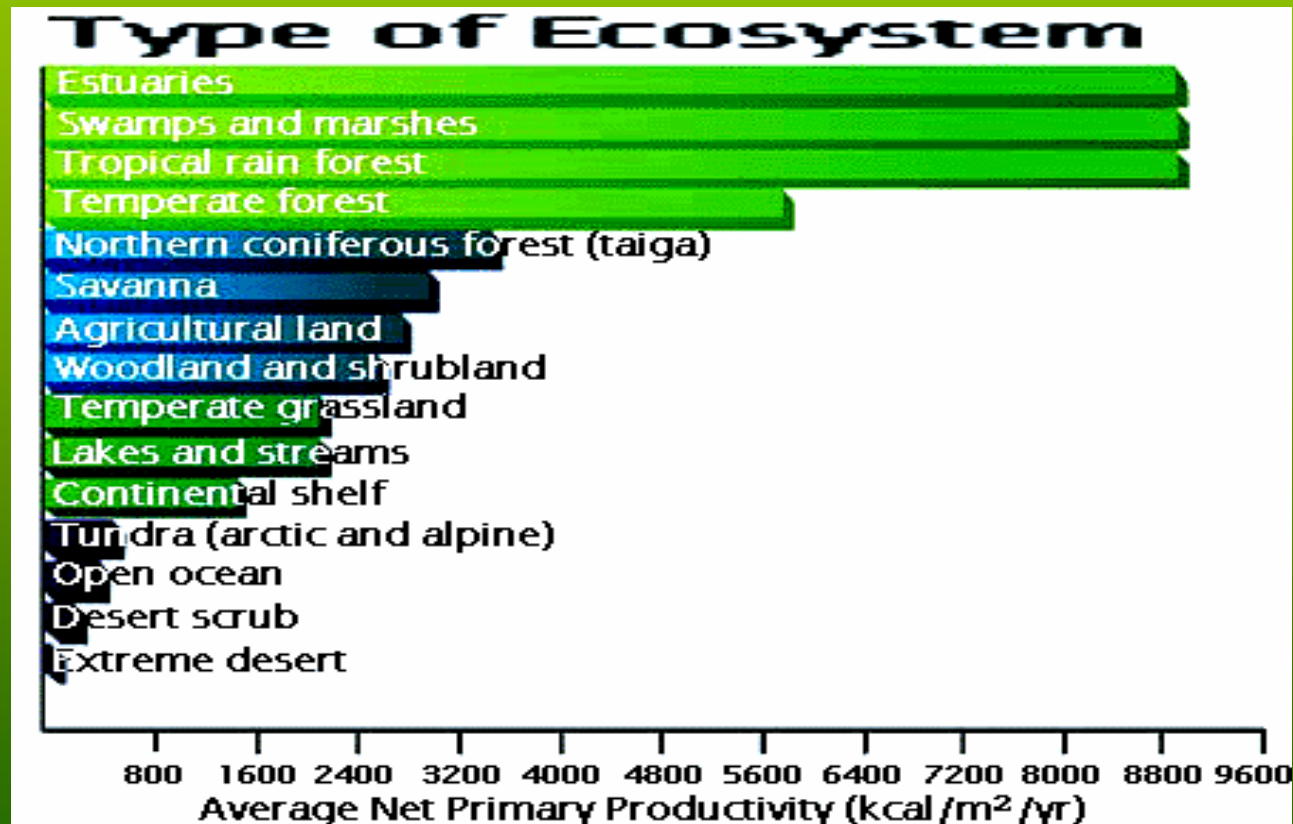
Mudanças na PPL podem resultar em alterações no estoque de carbono.

Produção nos vários ecossistemas do mundo

- Grande variabilidade na PP.
- Mais produtivos (PPL /m²):

estuários, marismas e pântanos, florestas tropicais pluviais e florestas pluviais temperadas.

Estuários marismas e pântanos → pequena área global. Pequena contribuição global, importante contribuição local



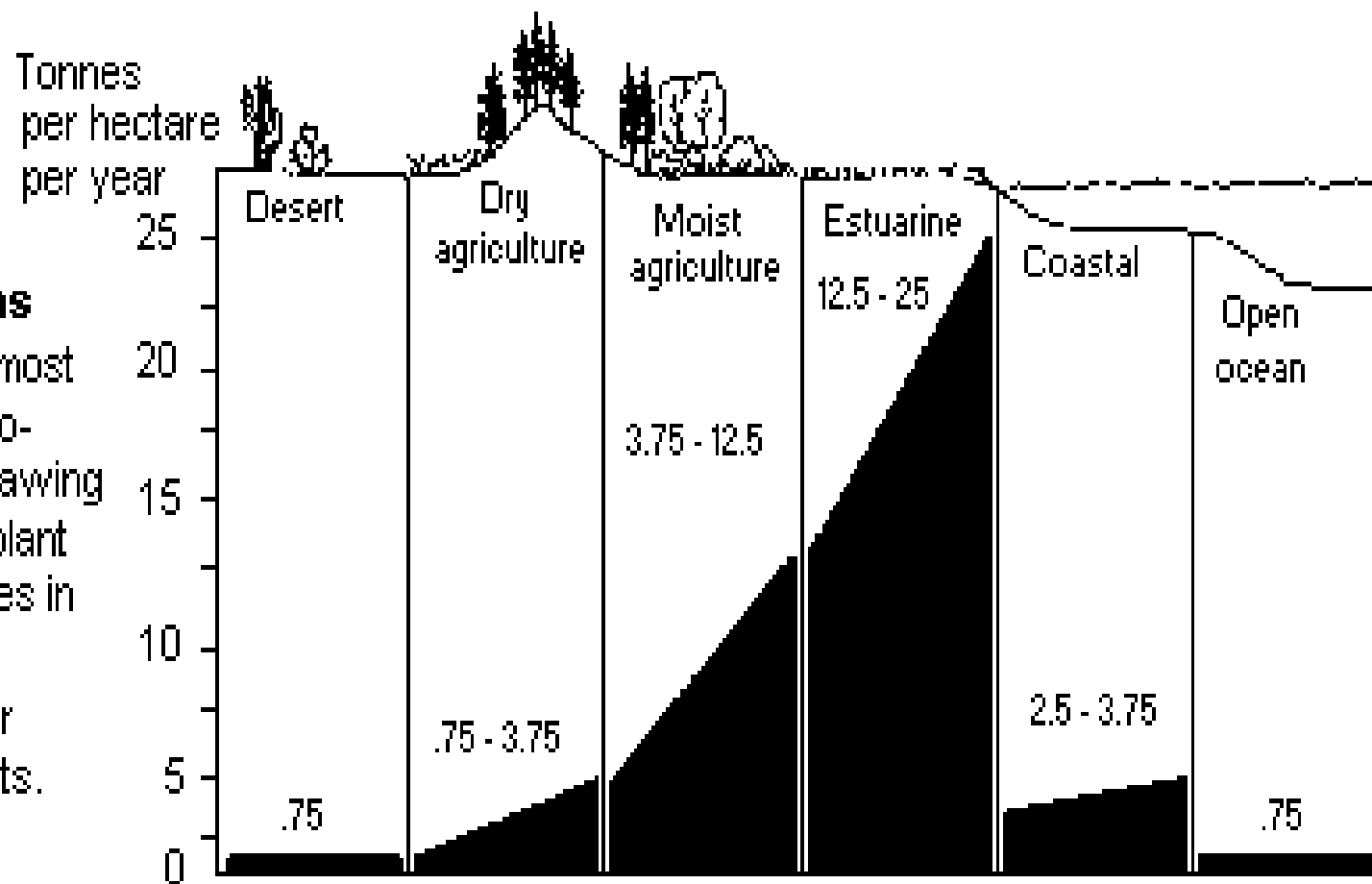
PPL/m²/ano dos ecossistemas mundiais.

Produtividade de ecossistemas: observar unidades

Drawing b

Productive ecosystems

Estuaries are among the most biologically productive ecosystems on Earth. The drawing shows how much more plant material grows in estuaries in a given time period (up to 25 tonnes per hectare per year) than in other habitats.



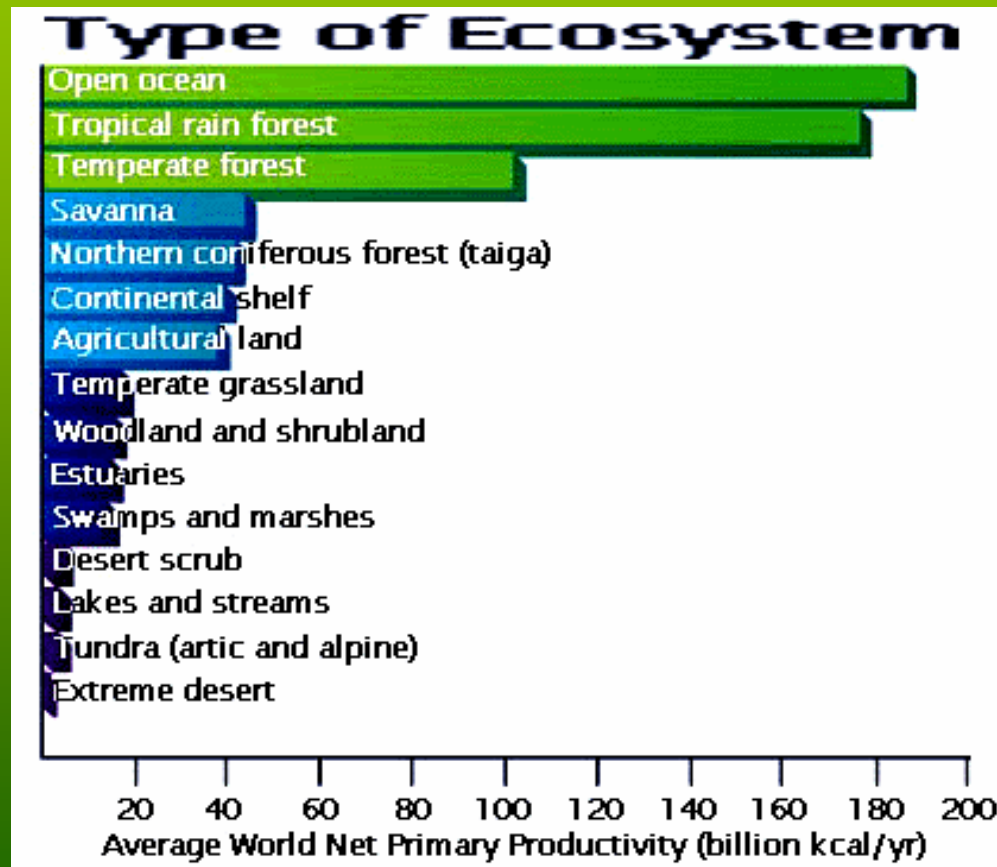
Estuários altamente produtivos porque:

A água doce → nutrientes e detritos para
o estuário .

armadilhas eficientes de nutrientes
(nutrient traps): capturam e
convertem grandes Q de nutrientes
ciclados em seu interior na biomassa

- P/ saber a PPL de um dado ecossistema no mundo
- multiplicar o valor de PPL /m² pela área total desse tipo de ecossistema no mundo.

-Resultado: sistemas mais produtivos são os oceanos, seguidos pelas florestas pluviais tropicais, e florestas temperadas.



PPL global dos ecossistemas/ano

- Leituras adicionais

- Cloern, J.E., Grens, C and Videgard-Lucas, L. 1995 An empirical model on phytoplankton chlorophyll/carbon ratio: the conversion factor between productivity and growth rates. Limnology and oceanography, 40(7): 1313-1321
- <http://www.globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures/clinical/energyflow/energyflow.html#intro> (conceitos ecológicos)
- <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/contents.html> (intro a sensoriamento remoto)
- Woodwell G.M. et al. 1978 Biota and the World carbon budget Science ; Vol/Issue: 199:4325 p141-146
- Koblentz-Mishke, O.J. Et al, 1970 Scientific Exploration of South Pacific. W.S.Wooster, Ed. (National Academy of Science, Washington,DC, 1970), pp 183-193.
- Field et al, 1998 Primary Production of the Biosphere: integrating Terrestrial and Oceanic Components. Science 281 pp 237-240.
- Townsend, C.R., J.L. Harper, and M. Begon. 2000. Essentials of Ecology. Blackwell Science