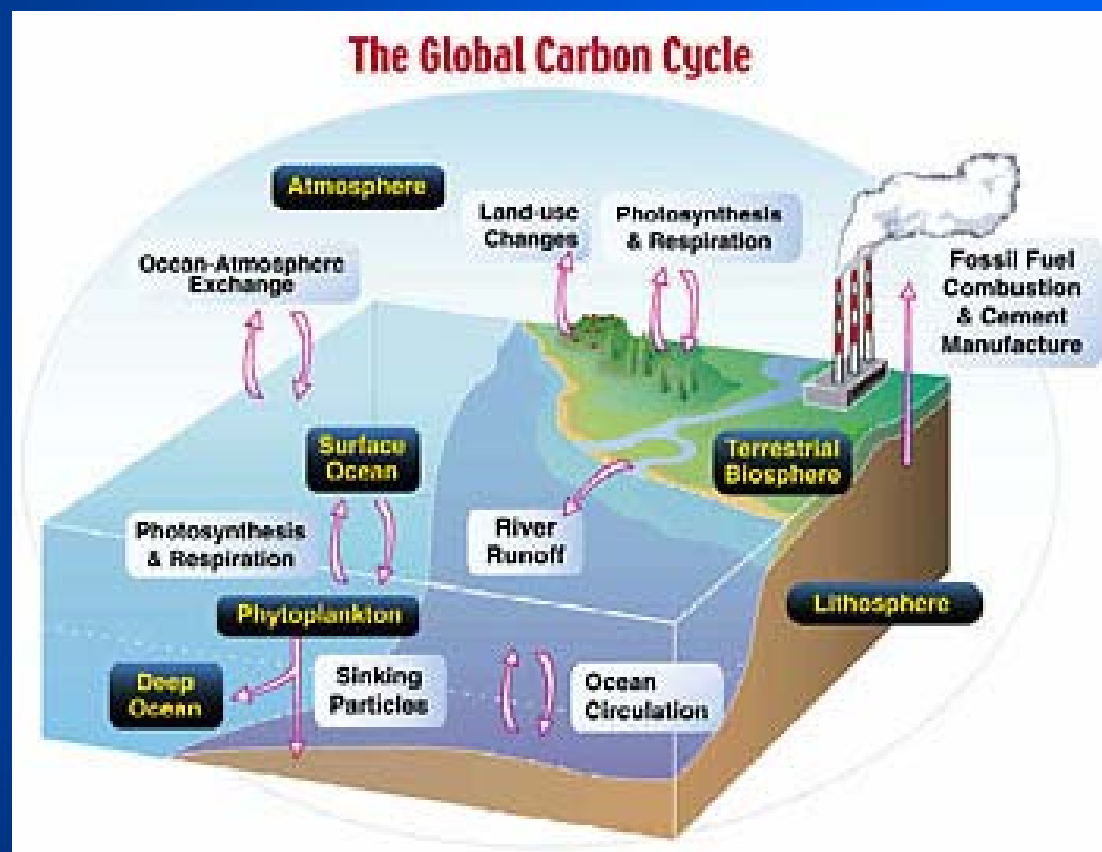
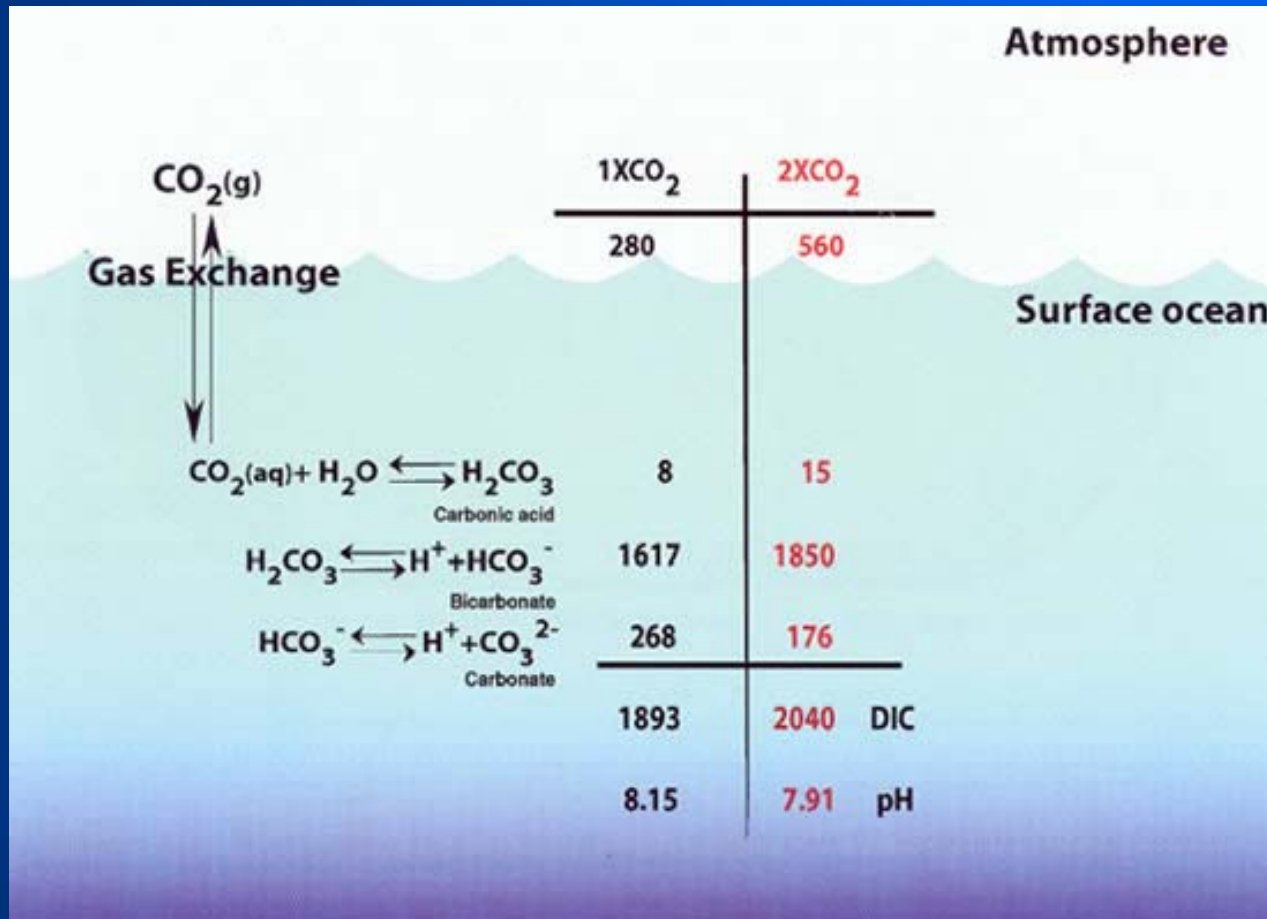


# O CO<sub>2</sub> no oceano e a absorção pelo fitoplâncton



Profª Sônia M. F. Giancesella

Formas da molécula de  $CO_2$  na água do mar: uma espécie não dissociada  $[CO_2]_{aq}$  e duas espécies iônicas,  $[HCO_3^-]$  e  $[CO_3^{2-}] \rightarrow$  Sistema Carbonato que se encontra em equilíbrio dinâmico.



A concentração de  $[CO_2]_{aq}$  depende sobretudo da temperatura e composição química da água do mar.

A quantidade de  $[CO_2]_{aq}$  é proporcional à pressão parcial de  $CO_2$  exercida pela água do mar.

A diferença entre a  $pCO_2$  na superfície da água do mar e aquela na atmosfera sobrejacente representa a forçante termodinâmica potencial para a transferência de  $CO_2$  através da superfície do mar.

A  $p\text{CO}_2$  atmosférica corrente é cerca de  $370 \mu\text{atm}$ .

A  $p\text{CO}_2$  na superfície do oceano varia geográfica e sazonalmente entre  $150 \mu\text{atm}$  e  $750 \mu\text{atm}$ , (ou cerca de 60% abaixo e 100% acima do nível atmosférico corrente de  $p\text{CO}_2$ ).

A variação da  $p\text{CO}_2$  na superfície do oceano é muito maior do que a variabilidade sazonal da  $p\text{CO}_2$  na atmosfera, (cerca de  $20 \mu\text{atm}$  no ar sobre o oceano remoto não contaminado).

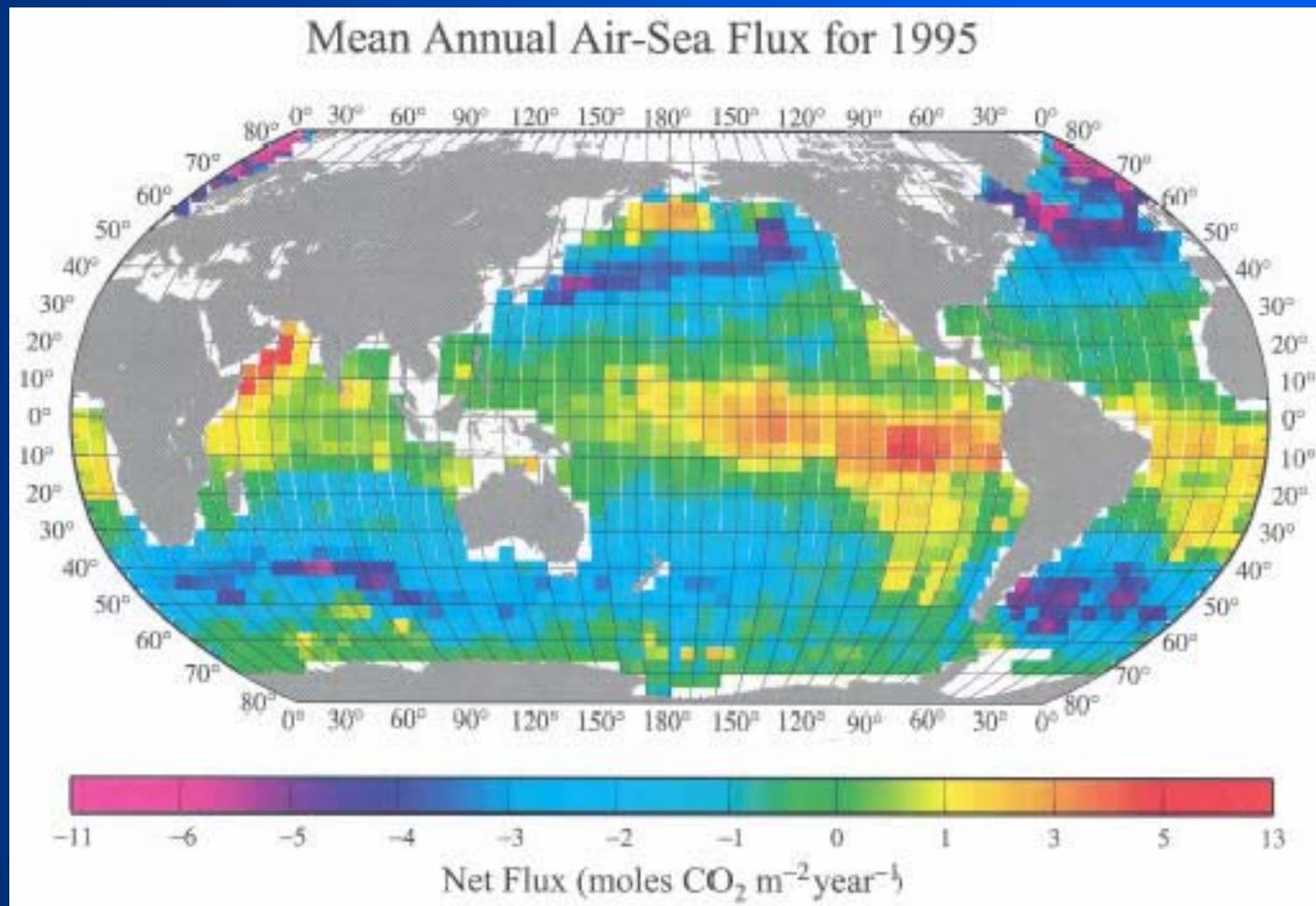
$P\text{CO}_2 \text{ mar} - P\text{CO}_2 \text{ atm} = p$  transferência  $\text{CO}_2$  para mar

$150_{\text{mar}} - 370(+/-20) = -220$  (sinal negativo entra para o mar)

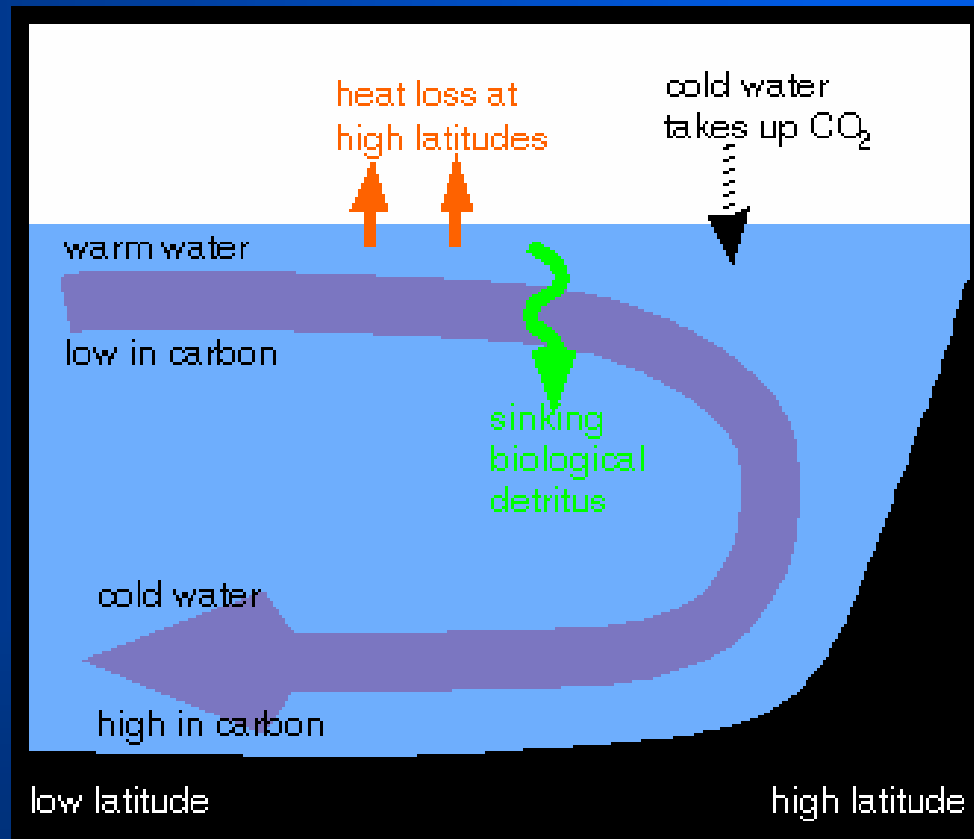
ou

$750_{\text{mar}} - 370(+/-20) = 380$  (sai para atmosfera)

Assim, a direção e a magnitude do fluxo de transferência de  $\text{CO}_2$  ar-mar são regulados primariamente pelas variações na  $p\text{CO}_2$  oceânica.



A  $p\text{CO}_2$  na camada de mistura que troca  $\text{CO}_2$  diretamente com a atmosfera é afetada primariamente pela temperatura, níveis de CID-Carbono Inorgânico Dissolvido e At- Alcalinidade Total.



Quem controla primariamente o CID e At?

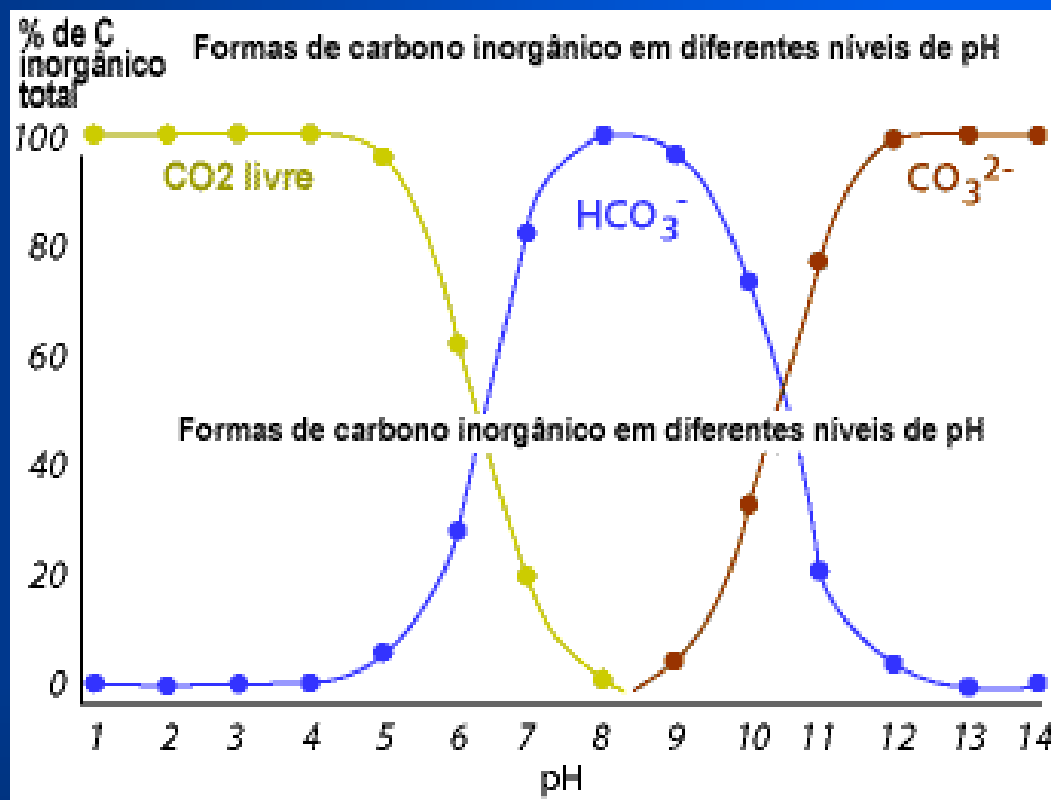
- processos biológicos de fotossíntese e respiração
- ressurgência de águas sub-superficiais ricas em CO<sub>2</sub>.

A **Alcalinidade Total** é o conjunto das substâncias presentes na água capazes de neutralizar ácido (= quantidade de substâncias que atuam como tampão).

At no mar → bicarbonatos, carbonatos, boratos, íons hidroxila, fosfatos, silicatos, amônia, sulfatos, etc...

Se na água pura (pH=7) for adicionado um ácido fraco haverá uma alteração imediata do pH.

Ação tampão → Numa água com certa alcalinidade a adição de ácido fraco não provocará diminuição do pH, porque os íons presentes irão neutralizar o ácido.



Comportamento do sistema carbonato em função do pH.

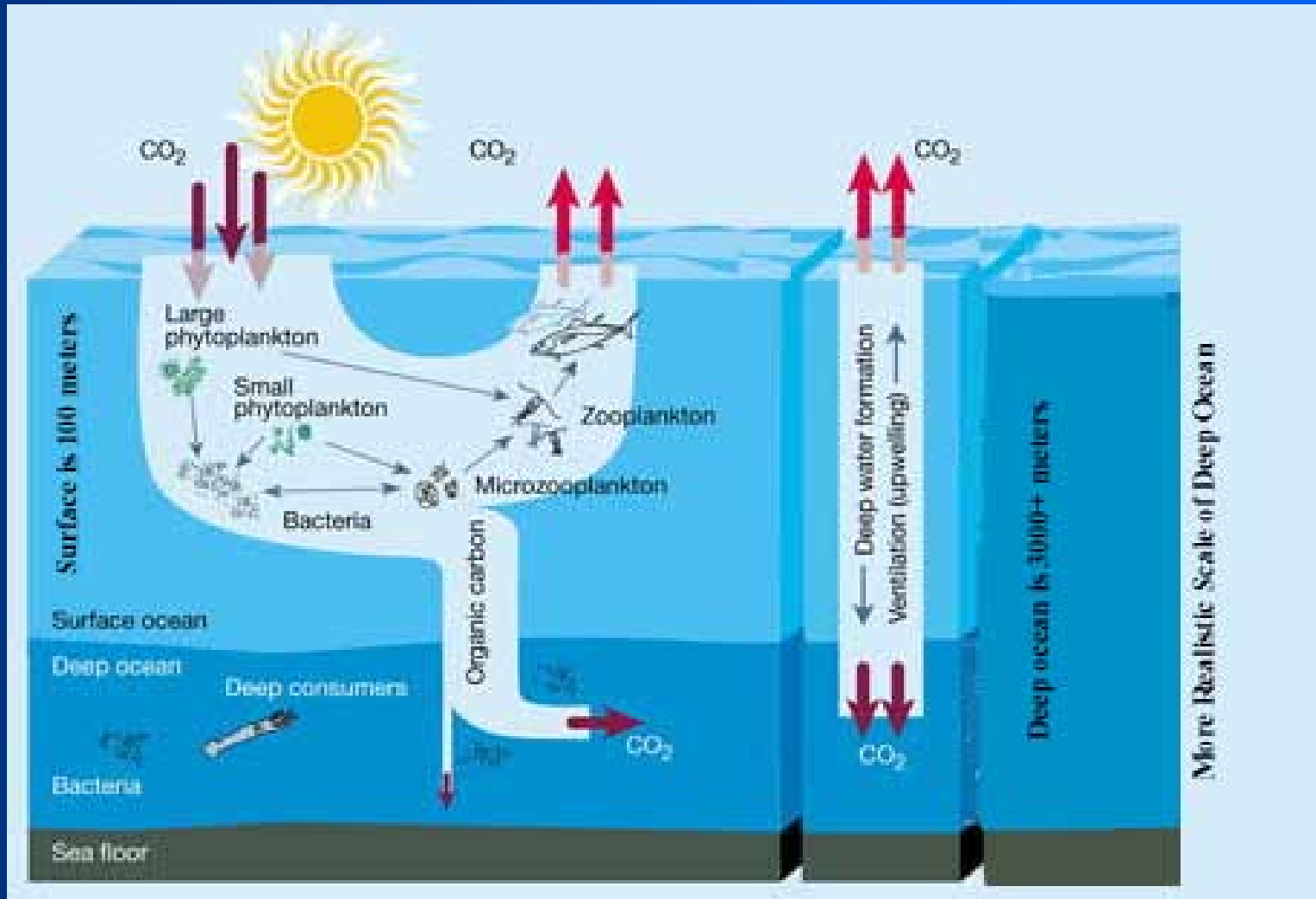


a  $p\text{CO}_2$  **aumenta** por um **fator de 4** quando a água polar ( $-1.9^\circ\text{C}$ ) é aquecida até temperaturas equatoriais (cerca de  $30^\circ\text{C}$ ).

Por outro lado, o CID na superfície do oceano varia de um valor médio de  $2150 \mu\text{mol kg}$  em regiões polares até  $1850 \mu\text{mol kg}$  nos trópicos, como um resultado dos processos biológicos.

Esta variação **reduz** a  $p\text{CO}_2$  por um **fator de 4**. →  
**Equilíbrio dinâmico**

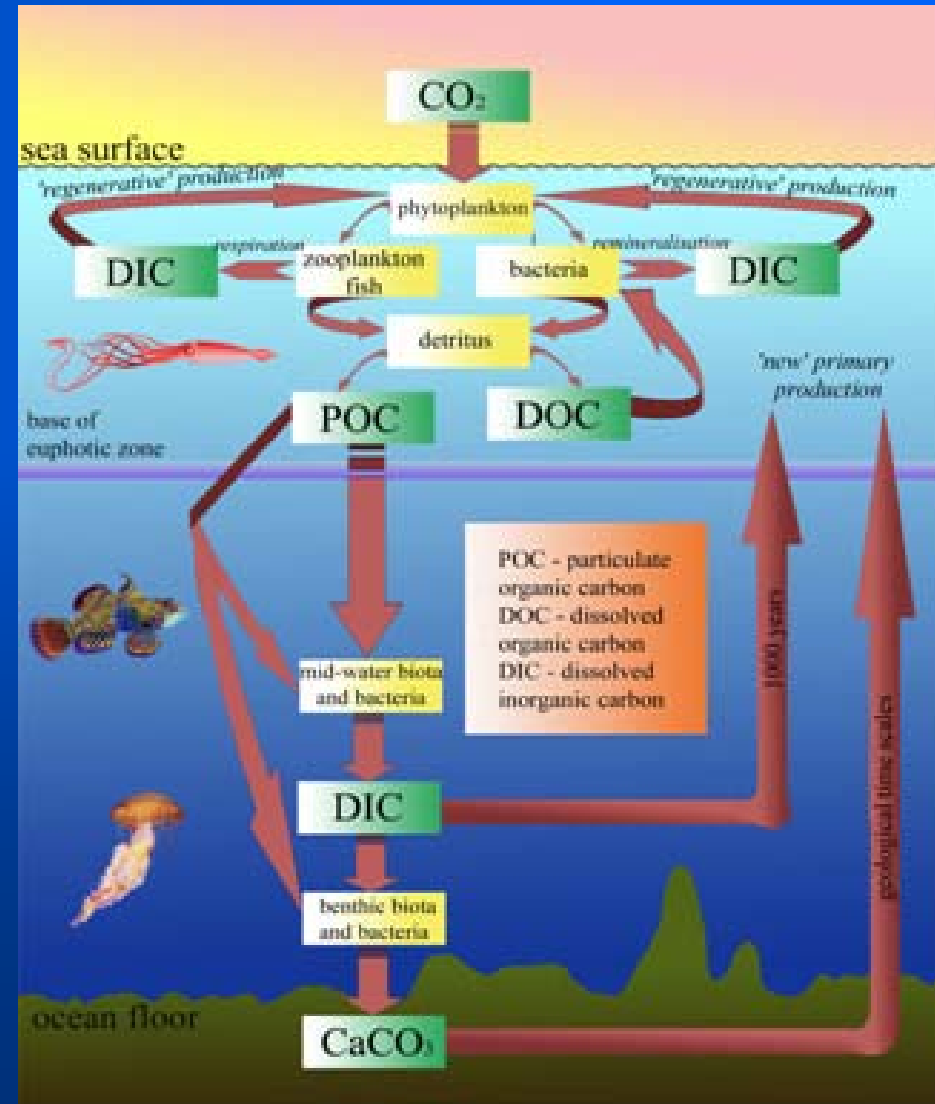
# Distribuição do $\text{CO}_2$ : Balanço de solubilidade e bomba biológica



# Produção primária como parte do ciclo global do Carbono

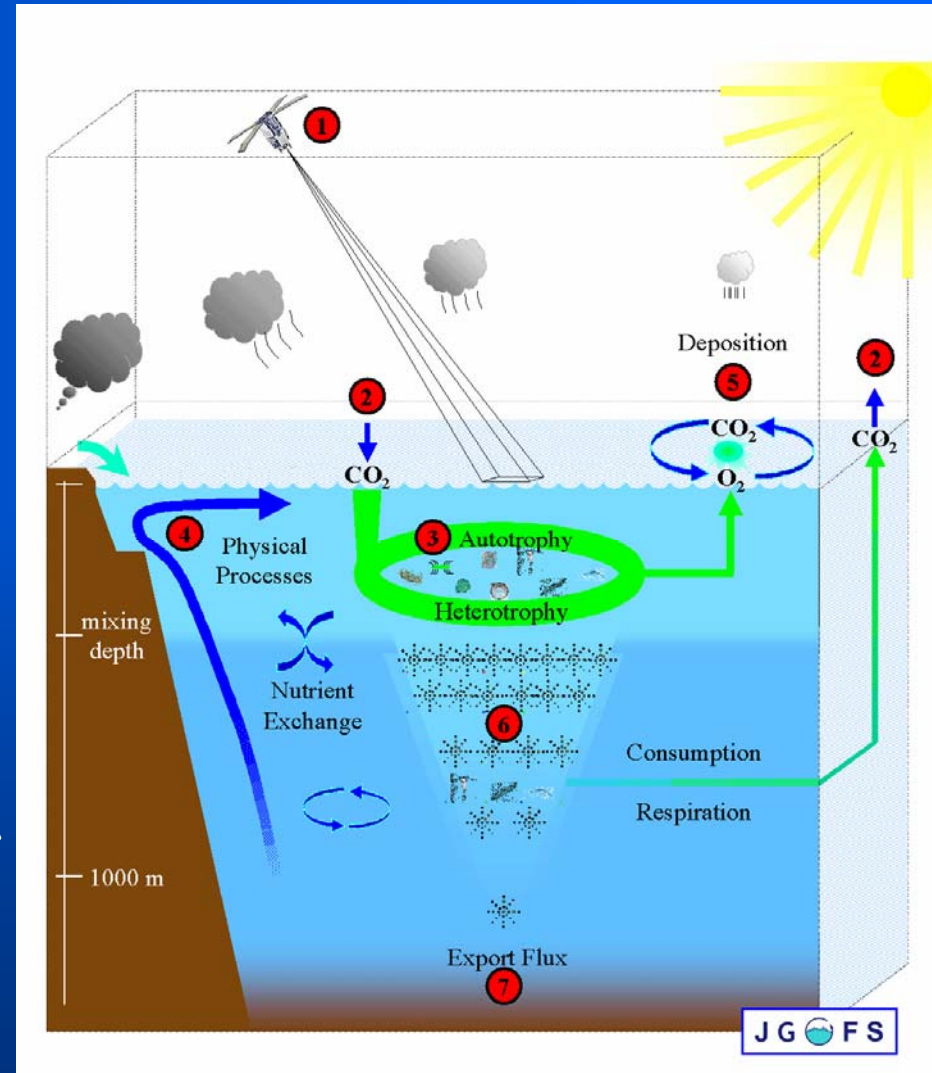
Quase toda a produção primária é reciclada nos 200m superiores do oceano, mas existe sempre uma pequena parcela que escapa e afunda, juntamente com o zooplâncton morto para o fundo do oceano → exportação/sedimentação/soterramento → bomba biológica

## Bomba biológica



Essa parcela depende:  
-dos valores de produção primária,  
-da fase de crescimento do fitoplâncton  
-da taxa de grazing pelo zôo  
-e da intensidade de remineralização bacteriana.

Grande parte é decomposto e metabolizado no caminho, e uma parte pequena depositada no fundo do oceano.

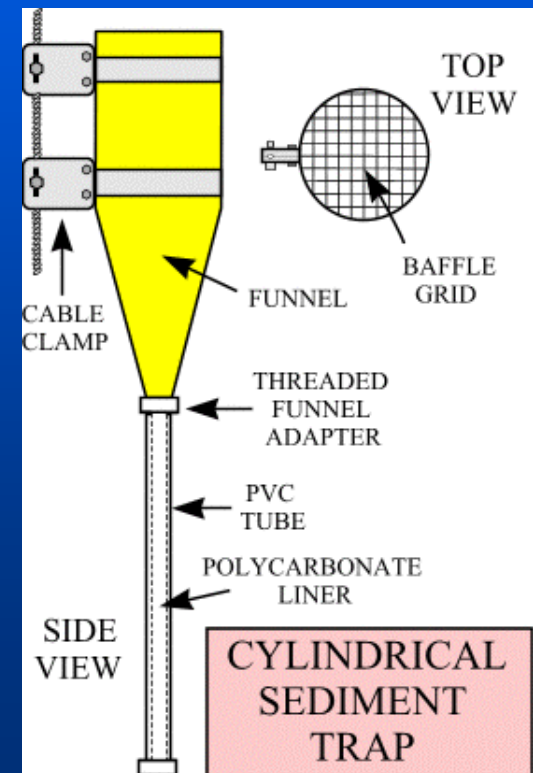


# Estimativas da PP exportada (ou sedimentada) (medidas com "sediment trap")

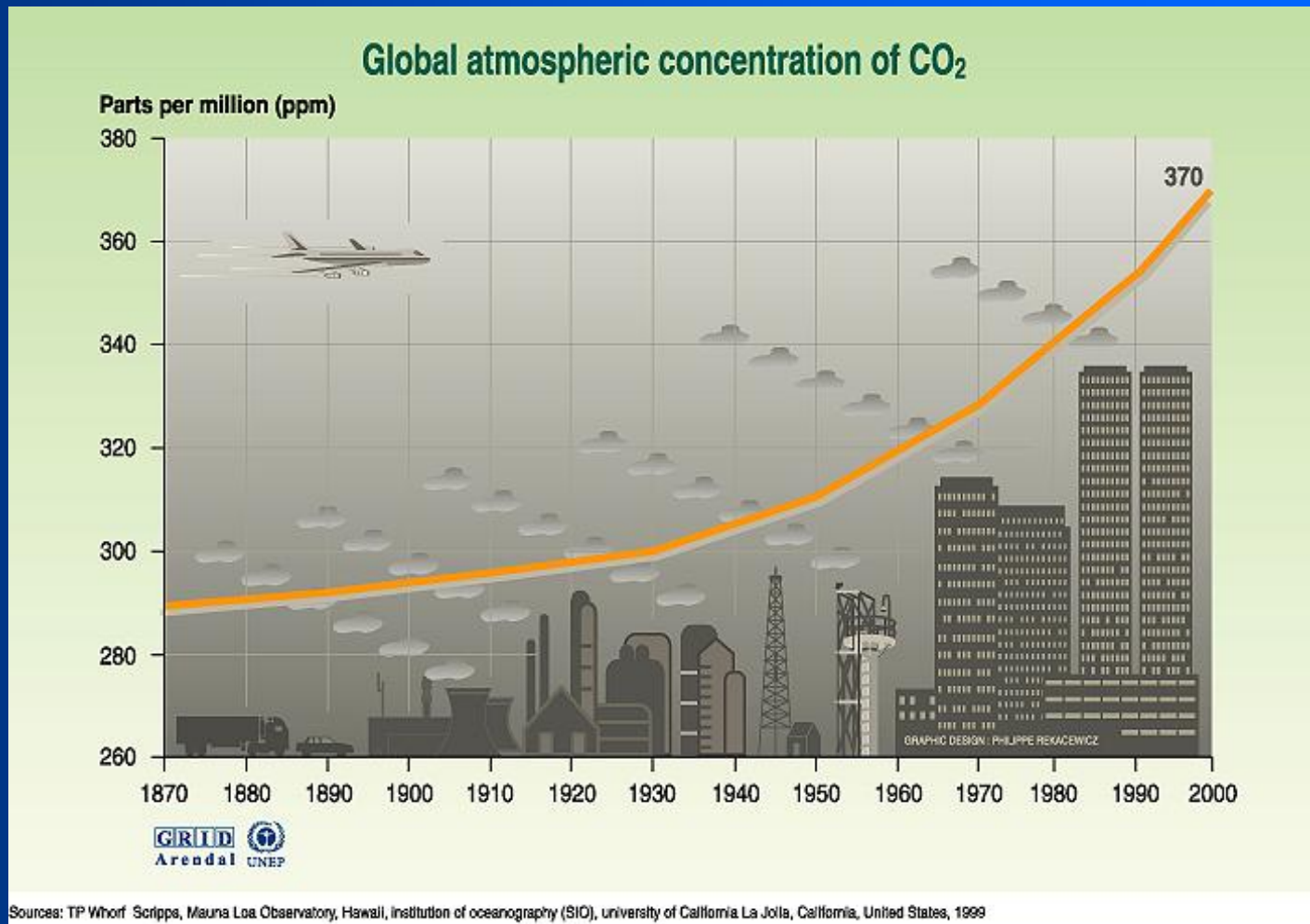
Lisitzin (1972), a uma profundidade de 5000 m apenas apenas 0.02% da quantidade original de matéria atinge o fundo.

Garrels e Perry (1974) estimaram este valor como apenas 0.01 % da produção total.

Degens e Mopper (1976): 6.6- 8.6% da produção primária que afunda deve atingir o fundo;



# Introdução antrópica de $\text{CO}_2$ na atmosfera:



Cerca de 50% da quantidade total de dióxido de carbono originado de combustíveis fósseis fica retido na atmosfera.  
[www.iitap.iastate.edu/.../gases\\_lecture\\_sec.html](http://www.iitap.iastate.edu/.../gases_lecture_sec.html)

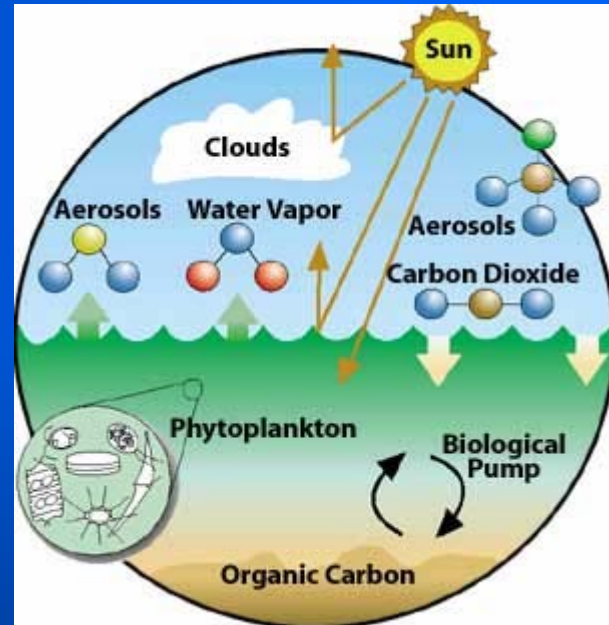


Cumulus  
congestus  
→ nuvens  
sobre região  
de queimada  
na Bacia do  
Amazonas,  
1995

A outra metade mais uma parcela não determinada originada do desmatamento e queima de florestas é absorvida pelo oceano (Dyrssen, 1972).



A produção primária pode ser responsável por pelo menos uma parte do seqüestro desse carbono, por meio da sedimentação /exportação.

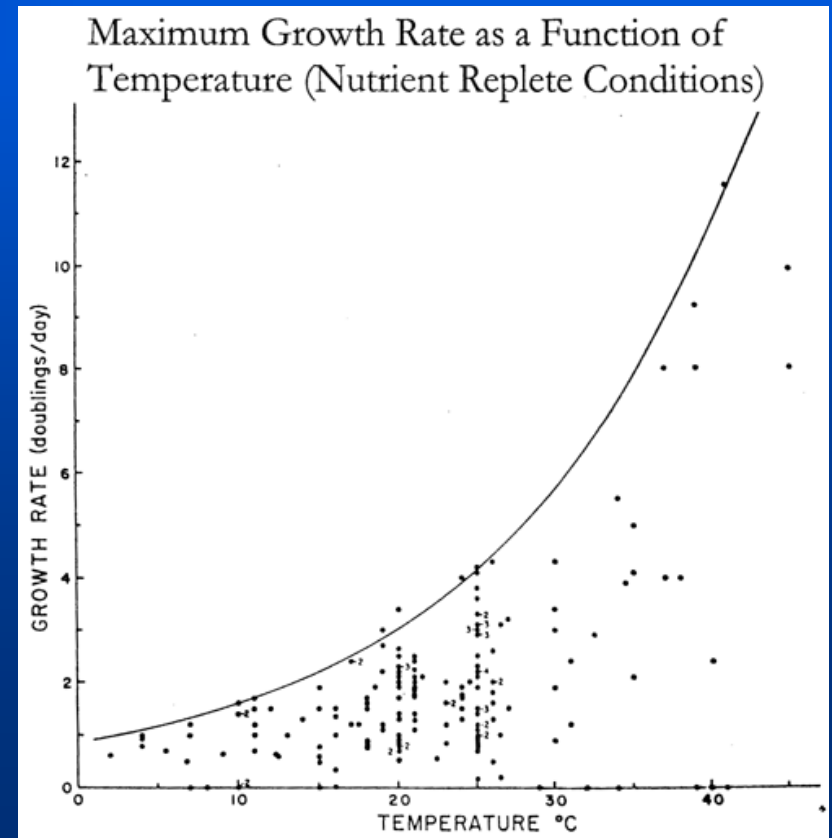




Influência do efeito estufa sobre a PP.

A influência direta das mudanças de temperatura sobre a PP dos oceanos provavelmente **não seria grande** se as temperaturas mudassem gradualmente ao longo de **longos períodos de tempo**.

As algas unicelulares apresentam uma boa adaptação a diferentes Temperaturas.



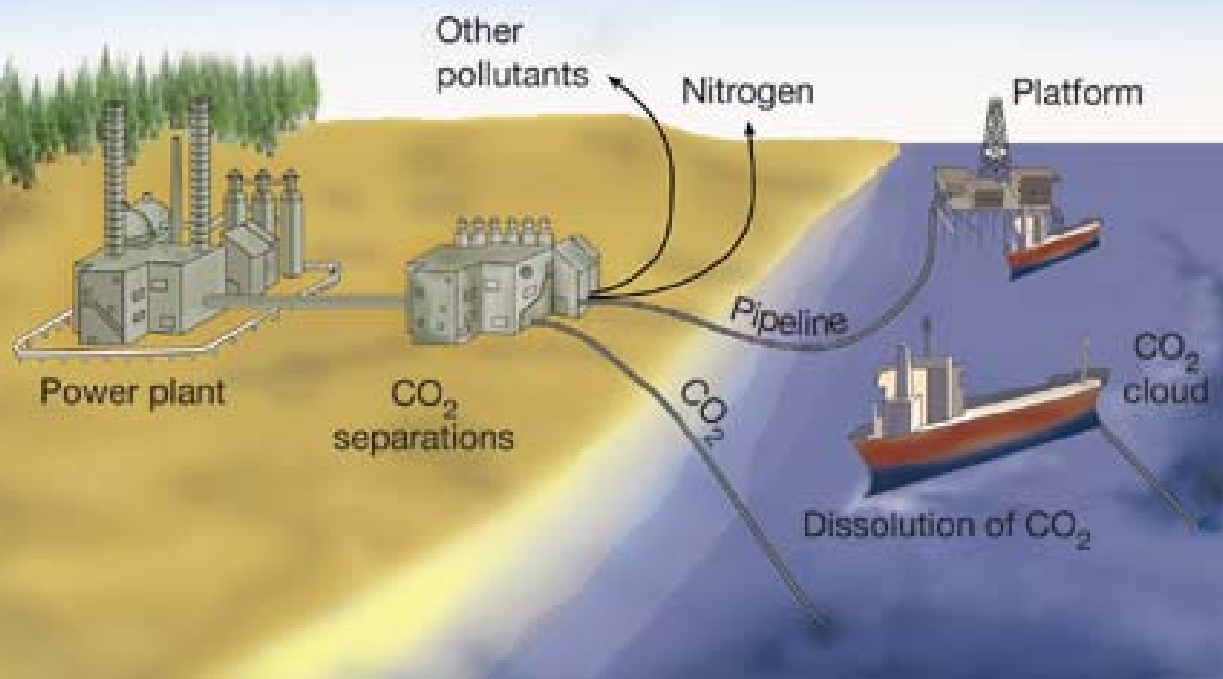
Geralmente assume-se que o aquecimento da Terra não afeta **diretamente** a PP mas, indiretamente, através de alterações nas condições hidrográficas.

Por exemplo, um longo período de estratificação → redução nas concentrações de nutrientes → redução na PP.

Também a mudança de direção de correntes pode afetar as zonas de ressurgência com consequências sobre a PP.



A possibilidade de injetar  $\text{CO}_2$  nas águas profundas do oceano foi aventada por alguns pesquisadores como solução para a queima de combustíveis fósseis de usinas termoeleétricas. Primeira tentativa experimental programada para 2002 → suspensa por ação do Greenpeace



Environmental Science & Engineering - [www.esemag.com](http://www.esemag.com) -  
September 2002

Carbon dioxide sea injection trials cancelled



*Greenpeace and other NGOs also claim that injecting CO<sub>2</sub> into the oceans could harm wildlife.*

A last minute veto from Norway's environment minister in late August, has stopped what would have been the world's first attempt to demonstrate sequestration of carbon in the oceans by injecting liquid carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) into the Norwegian Sea. Carbon sequestration is being considered as a technique to remove the main greenhouse gas, CO<sub>2</sub>, from the atmosphere to curb global warming.

Norwegian Environment Minister Borge Brende stated that: "In the opinion of the environment ministry, the use of deep sea marine areas as potential storage places for CO<sub>2</sub> must first be thoroughly discussed at the international level and clarified legally".

Led by the Norwegian Institute for Water Research (Niva), a coalition including American, Japanese, Canadian and Australian organizations had planned to inject five metric tonnes of liquid CO<sub>2</sub> at 800 metres depth off the coast of Norway.

The project was originally set up to run a similar test off Hawaii, but this plan was dropped in the face of local opposition.

Capturing and sequestering CO<sub>2</sub> from fossil fuel burning is being pursued as a possible means of reducing greenhouse gas emissions. Last year, the European climate change program concluded that it offered "good potential" for reducing emissions, but that further research is needed, in particular to reduce costs.

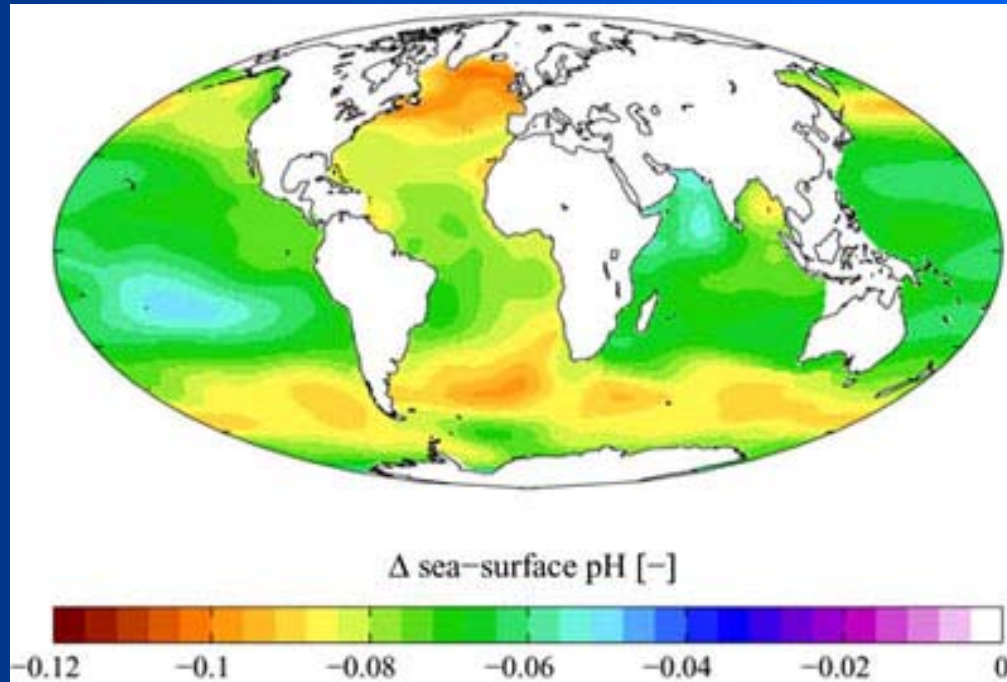
The Norwegian oil firm Statoil is already injecting some one million metric tonnes of CO<sub>2</sub> per year into the rock strata of an offshore oilfield in the North Sea, but no one has yet tried sequestration in the oceans.

Environmental groups argue that the project would have meant "dumping" CO<sub>2</sub> in the ocean in violation of the 1972 London dumping convention and of the 1992 Ospar convention on protection of the North Sea environment.

Greenpeace and other NGOs also claim that injecting CO<sub>2</sub> into the oceans could harm wildlife, and that the gas might return much more quickly than expected to the atmosphere, undoing the object of the exercise. Also, the NGOs fear that sequestration of CO<sub>2</sub> might prop up the fossil fuel industries and distract attention from efforts to move towards a low carbon economy based on renewable energy such as solar and wind.



# Acidificação dos oceanos



começa a ser discutido.

IPCC → previsão de redução de 150% no pH até 2100.

Conseqüências ? → destruição de corais e esqueletos carbonáticos de animais, acidose do sangue, etc.

Alteração no ciclo N e C → proliferação de *Trichodesmium*

Ex: impacto sobre o fitoplâncton →

alteração da composição →

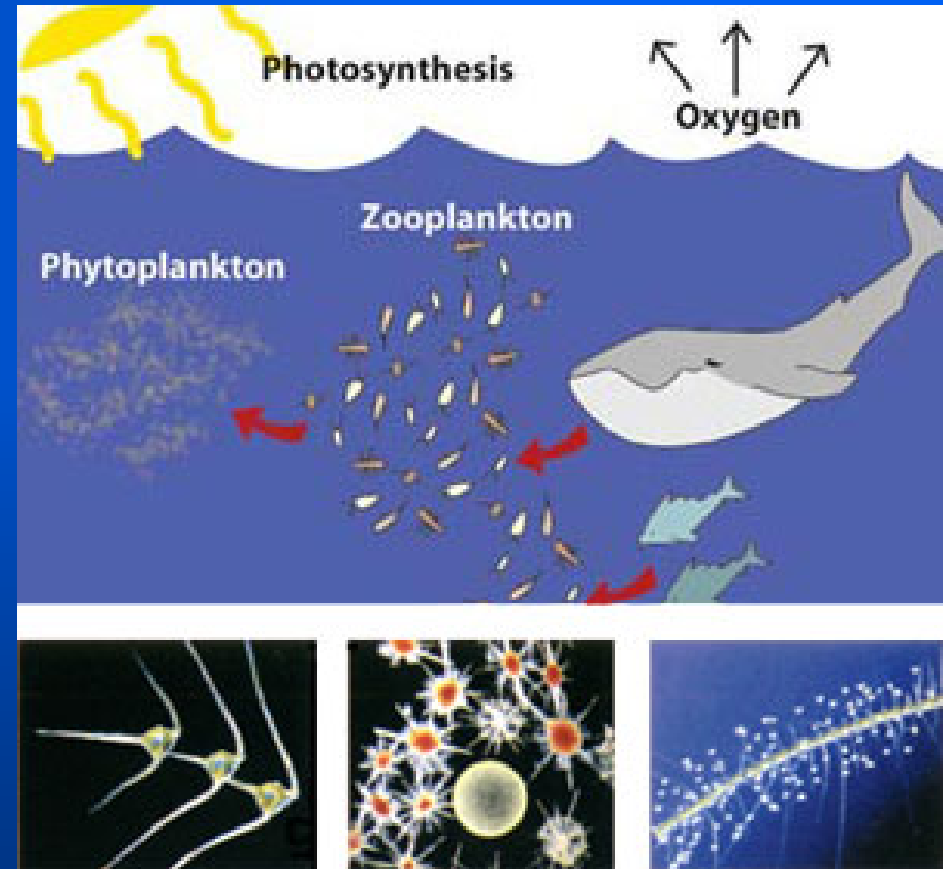
Alteração da rede trófica  
marinha (desvio para alça  
microbiana?)

núcleos de condensação de  
nuvens → albedo terrestre.

Suscetibilidade do fito

Eutrofização → florações  
tóxicas

Imprevisibilidade sobre a PP



## Hipótese:

redução da razão diatomáceas/fitoflagelados por processos de poluição ou mudanças climáticas :

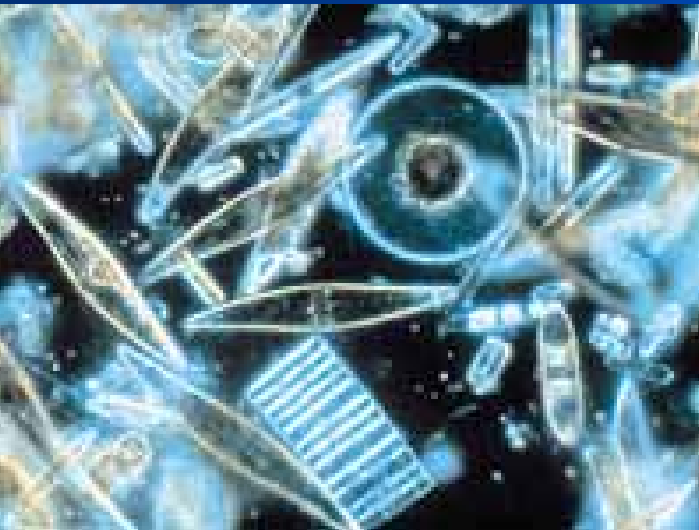
→ aumento do no. de níveis tróficos

→ redução na produção E

→ mudança na direção do fluxo trófico, dos peixes para ctenóforos e outros predadores planctônicos,

→ redução da produção para consumo humano.

Inúmeros trabalhos comprovando



## Referências bibliográficas complementares:

- C. G. N. DE VOOYS. Primary Production in Aquatic Environments In:SCOPE 13 - The Global Carbon Cycle cap.10 free download:<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope13/chapter10.html>
- R. A. Feely, C. L. Sabine, T. Takahashi, and R. Wanninkhof. Uptake and Storage of Carbon Dioxide in the Ocean: The Global CO<sub>2</sub> Survey. *Oceanography*, 14(4), 18-32 (2001). *Environmental Science & Engineering* - [www.esemag.com](http://www.esemag.com) - September 2002 Carbon dioxide sea injection trials cancelled