

Compreender o efeito das emissões de carbono sobre a biodiversidade em meio aquático

FERNANDO J. P. CAETANO

UNIVERSIDADE ABERTA

FERNANDO.CAETANO@UAB.PT

Seminário: *Importância da biodiversidade – perspectivas e abordagens locais e globais*

CLA de Ponte de Lima
Universidade Aberta

21 de maio

CO₂ na atmosfera

- Como é sabido o dióxido de carbono e outros gases contribuem fortemente para o aquecimento global.
- O aumento da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera deve-se fundamentalmente à necessidade de produção de energia
 - Emissões industriais; Queima de combustíveis fósseis
- Mais dióxido de carbono na atmosfera significa:
 - Aquecimento global
 - Diminuição da biodiversidade
- **Que fenómenos físico-químicos explicam isto?**
 - **Comportamento das moléculas ao absorver energia - vibração**

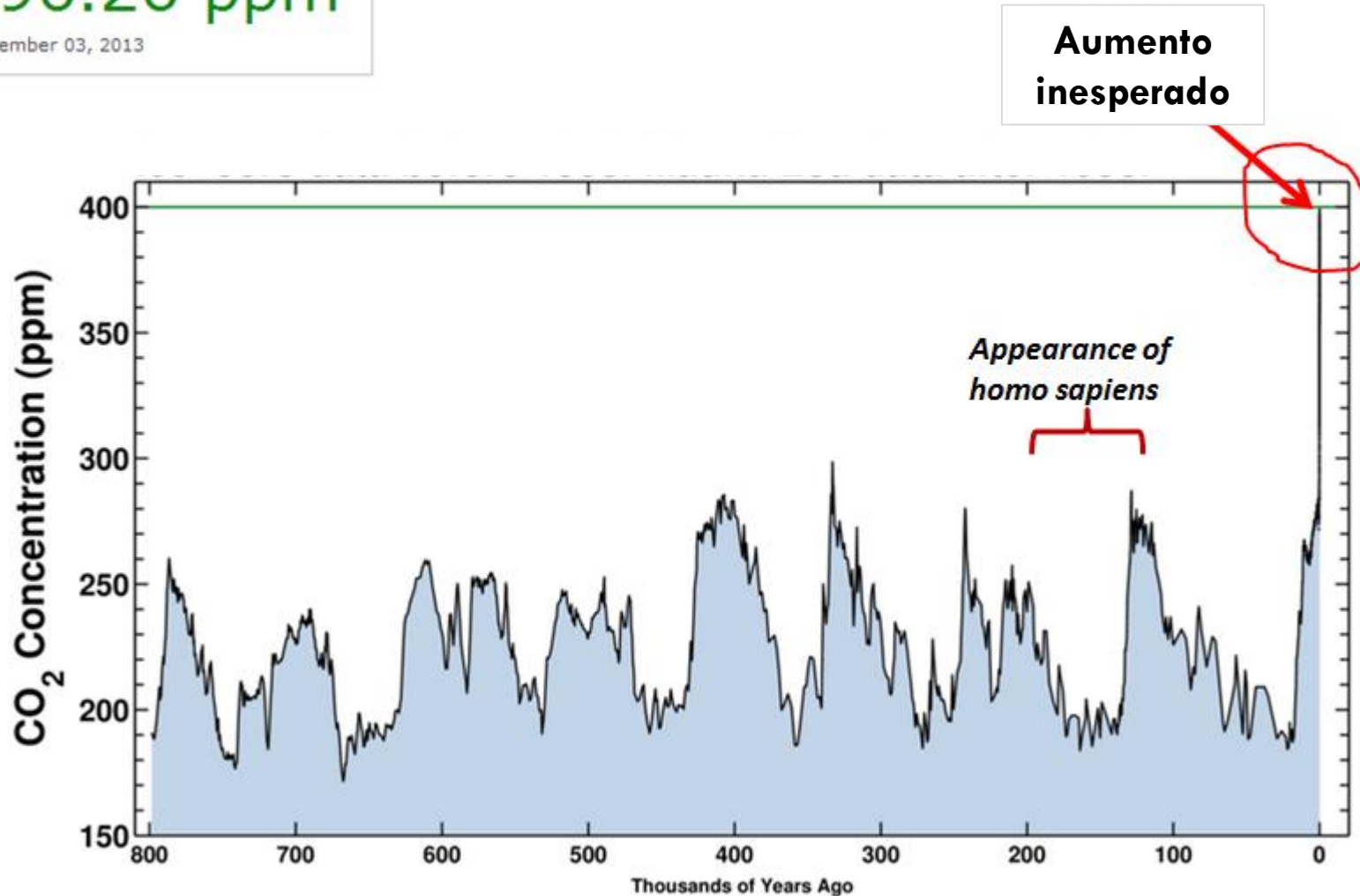
CO₂ na atmosfera

- O aumento da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera não tem precedentes geológicos;
- A quantidade deste gás na atmosfera foi de cerca de 180 ppm há cerca de 18000 anos, no pico da última glaciação;
- A sua concentração é atualmente mais do dobro... com tendência para continuar a aumentar prevendo-se 550 ppm já para a 2^a metade deste século...

Latest CO₂ Reading

396.26 ppm

December 03, 2013



Source: <http://keelingcurve.ucsd.edu/>

- Vários ciclos glaciares na Terra (o que os terá causado?) com os valores de concentração do CO₂ na atmosfera a oscilarem;
- O problema surge muito recentemente observando-se um pico que não pode ser atribuído a causas naturais e cíclicas.

CO₂ na atmosfera

- A fotossíntese depende da concentração de dióxido de carbono na atmosfera;
- Para a maioria das plantas esta concentração ainda não deverá ter atingido o nível de saturação de modo a afetar a taxa de fotossíntese;

- Ainda existe “espaço” para a fixação de CO₂ pela fotossíntese.

Podemos estar tranquilos... (?)

- Contudo esse aumento da taxa de fotossíntese deveria ser acompanhado pela disponibilidade de outros compostos que são necessários às plantas naquele processo.

- Uma grande abundância de alguns agentes químicos não significa que haja disponibilidade dos restantes...;

Gases na água

- Há alguns gases que *não são conservativos* entre eles o oxigénio (O_2) e o dióxido de carbono (CO_2);
- Os gases dissolvem-se nos líquidos e o *aumento de temperatura* faz com que a *quantidade de gás dissolvido diminua*. *Como?*
- Este processo é também dinâmico - os gases dissolvem-se na água e voltam a libertar-se para a atmosfera; *Equilíbrio*

Gases na água

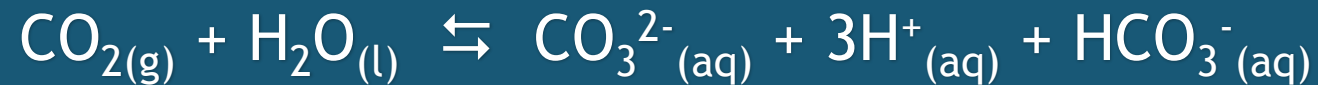
- O oxigénio ao dissolver-se na água permite aos animais e plantas viverem no seu interior;
 - Quando num lago ou rio a temperatura da água aumenta, seja por razões naturais seja por questões de poluição térmica (ambiental), a quantidade de oxigénio dissolvido diminui;
- O oxigénio é consumido pela respiração mas os animais e bactérias não consomem todo o oxigénio dissolvido na água;
- Por que razão os peixes morrem em casos de explosões vulcânicas, presença de plantas aquáticas superficiais em grandes quantidades, etc?

CO₂ na água

- Olhando apenas para os oceanos, estima-se que:
 - Contêm 39 000 Gton-C (143 000 Gton-CO₂) → 50 vezes mais do que a atmosfera!!!
 - Absorveram cerca de 38% (500 Gton-CO₂) das 1300 Gton-CO₂ das emissões de CO₂ antropogénico dos últimos dois séculos (industrial);
- *Os oceanos constituem uma oportunidade para desenvolver processos de captura de carbono...*

CO₂ na água

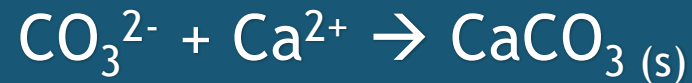
- O dióxido de carbono (CO₂) é libertado durante a respiração e consumido durante o processo de fotossíntese.
- Como referido, ocorrem trocas de CO₂ na água, dissolvendo-se ou libertando-se para a atmosfera, num processo dinâmico;
- O CO₂ reage com a água formando os iões carbonato (CO₃²⁻) e bicarbonato (HCO₃⁻) - *Carbono Inorgânico Dissolvido*:



- Estas reações são responsáveis por controlar o pH da água

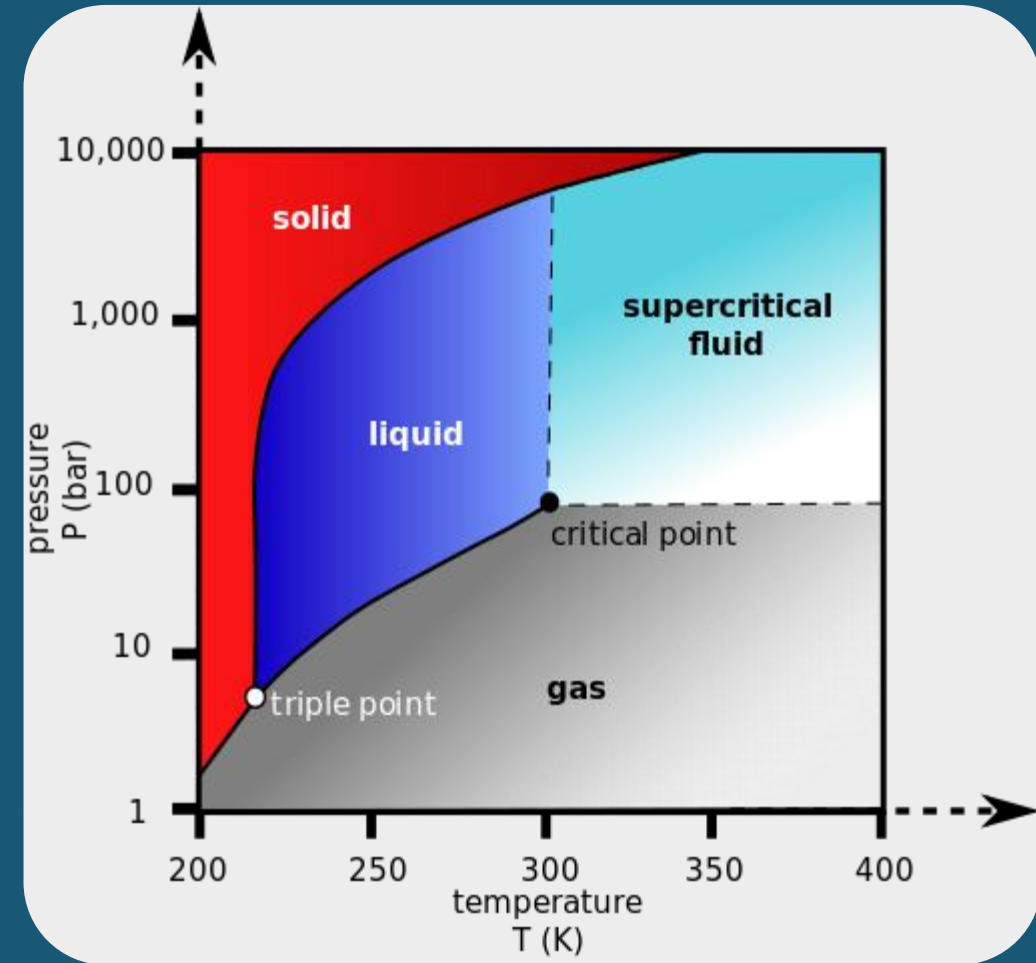
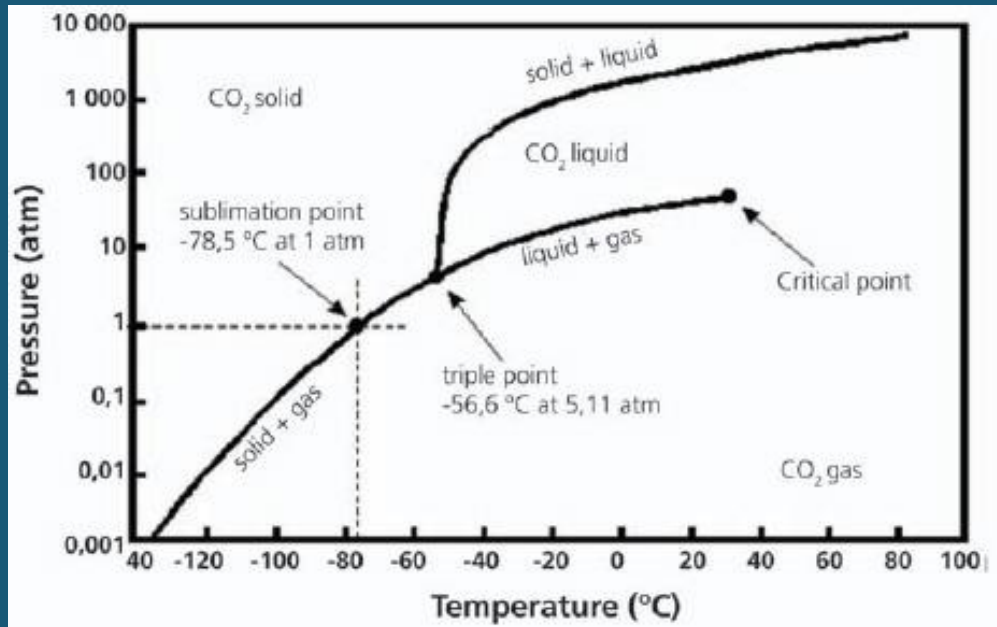
CO₂ na água

- Os organismos usam iões carbonato e cálcio para formar carbonato de cálcio - o constituinte das conchas

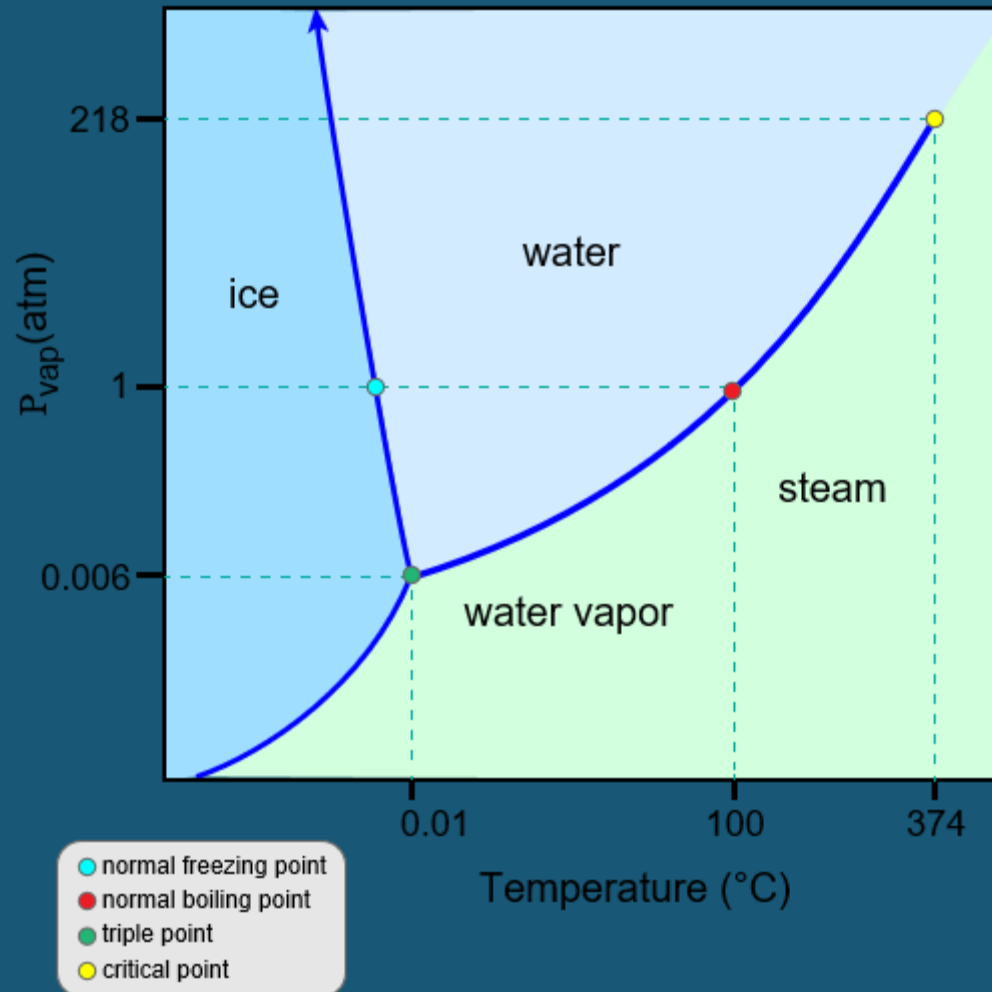


- após a morte daqueles organismos estas conchas acumulam-se no fundo formando os sedimentos calcários. *É vulgar encontrar exemplares de conchas quase inteiras de diversas espécies em rochas calcárias...*
- *os iões existentes na água dos oceanos, rios e lagos resultam essencialmente da lixiviação dos diferentes tipos de rochas*

CO₂ - Diagrama de fases



Água - Diagrama de fases

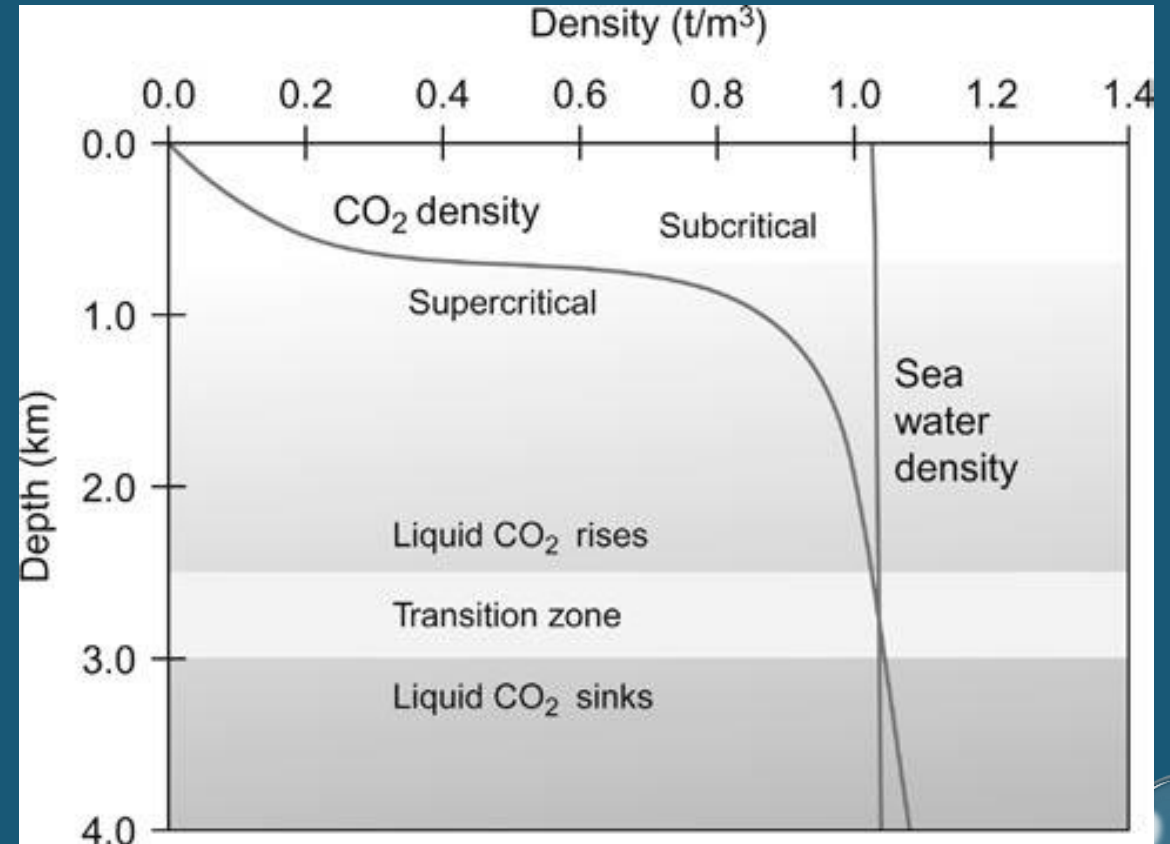


- O conhecimento das propriedades dos compostos permite compreender muitos fenômenos: Desde uma “simples” calibração de termômetros até perceber quais os compostos que deverão estar presentes em outros planetas e estrelas

© mccoord 2013

CO₂ na água

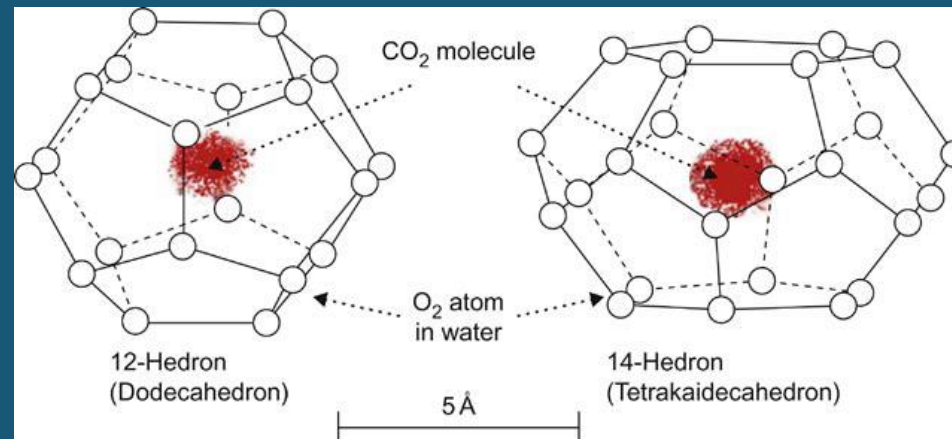
- O CO₂ pode encontrar-se a diversas profundidades nas águas oceânicas;
- À medida que a profundidade aumenta passa ao estado líquido;
- Numa zona entre 2500 e 3000 m encontra-se em equilíbrio pois a sua densidade é semelhante à da água
 - para profundidades menores tem menor densidade e tende a subir;
 - para profundidades maiores a sua densidade é maior que a da água e tende a afundar;



CO₂ na água

- Face a este comportamento de solubilidade do dióxido de carbono na água: As moléculas de dióxido de carbono podem ser rodeadas de moléculas de água formando poliedros de 12 ou 14 faces - **HIDRATOS**

- Relação CO₂/H₂O de 1/6 ou 1/7;



- Também o metano (CH₄) pode formar **hidratos** (ou **clatratos de metano**) que hoje constituem uma oportunidade para obtenção daquele gás para produção energética...

Ciclo do carbono no oceano

Bomba de solubilidade ou bomba física

- termo usado para descrever o processo físico e químico de transporte do CO₂ da atmosfera para a água;
- Existem dois elementos-chave neste processo:
 - Dissolução do CO₂ nas águas superficiais;
 - Movimento de subsidência (*afundamento*) e de ressurgência; (*razão pela qual se apresentou o diagrama de fases do CO₂...*)
 - Estima-se que este movimento de subsidência seja cerca de 30 - 40 x 10⁶ m³/dia
 - Ocorre em partes iguais nas zonas polares (**porquê?**) - não esquecer que a diminuição de T aumenta a solubilidade...
- A Concentração de CO₂ dissolvido depende da sua pressão parcial (p) na atmosfera e da sua solubilidade (K) - Lei de Henry -- $C_{CO_2} = p_{CO_2} \times K_{CO_2}$

Ciclo do carbono no oceano

- A dissolução do dióxido de carbono em água forma ácido carbónico (H_2CO_3) que se dissocia em iões bicarbonato (HCO_3^-) e depois em carbonato (CO_3^{2-})
- O Carbono Inorgânico Dissolvido é essencialmente constituído por:
 - ~91% iões HCO_3^- ;
 - ~8% iões CO_3^{2-} ; suficiente para os seres vivos formarem as suas conchas e afins...
- O ressurgimento das águas profundas e frias, transportando consigo CO_2 , provoca a sua libertação para a atmosfera;
 - Este equilíbrio deverá ter-se mantido até à época industrial;
 - O aumento de 280 ppm, da época pré-industrial, para os quase 400 ppm atuais, fez com que o oceano tivesse já sequestrado um valor estimado em 500 Gton de CO_2 antropogénico, emitido nos últimos dois séculos;

Ciclo do carbono no oceano

- Contudo:

- A capacidade da água superficial em dissolver CO_2 adicional não aumenta linearmente com o aumento da concentração atmosférica de CO_2 ;
- Isto deve-se ao facto de à medida que aumenta o CO_2 dissolvido a reação que prevalece é



- Esta reação consome os iões carbonato - tamponamento do carbonato;

➤ Reduz o impacto da *acidificação dos oceanos*.

- A contínua dissolução de CO_2 na água provocará a dissolução dos minerais de carbonato (CaCO_3)
 - Nestas condições, os organismos calcificadores (que produzem conchas) e os corais, podem dissolver-se.

Ciclo do carbono no oceano

Bomba biológica

- O conjunto de reações que ocorre na fotossíntese, produzindo glucose e oxigênio, pode ser escrito de forma muito simplificada como:



- O fitoplâncton é alimento de animais sucessivamente maiores e os seus detritos contêm carbono;
- O fitoplâncton morto e outra biomassa pode ser remineralizada em carbono inorgânico por ação de bactérias, por exemplo.
- Desta forma ocorre a ligação da *bomba biológica* à *bomba de solubilidade*

Sequestro químico do CO₂

- Tanto CO₂ dissolvido faz-nos pensar em sequestro ou captura deste gás...
- As rochas calcárias são dissolvidas pelas condições climáticas - essencialmente devido à ação do ácido carbónico formado na atmosfera



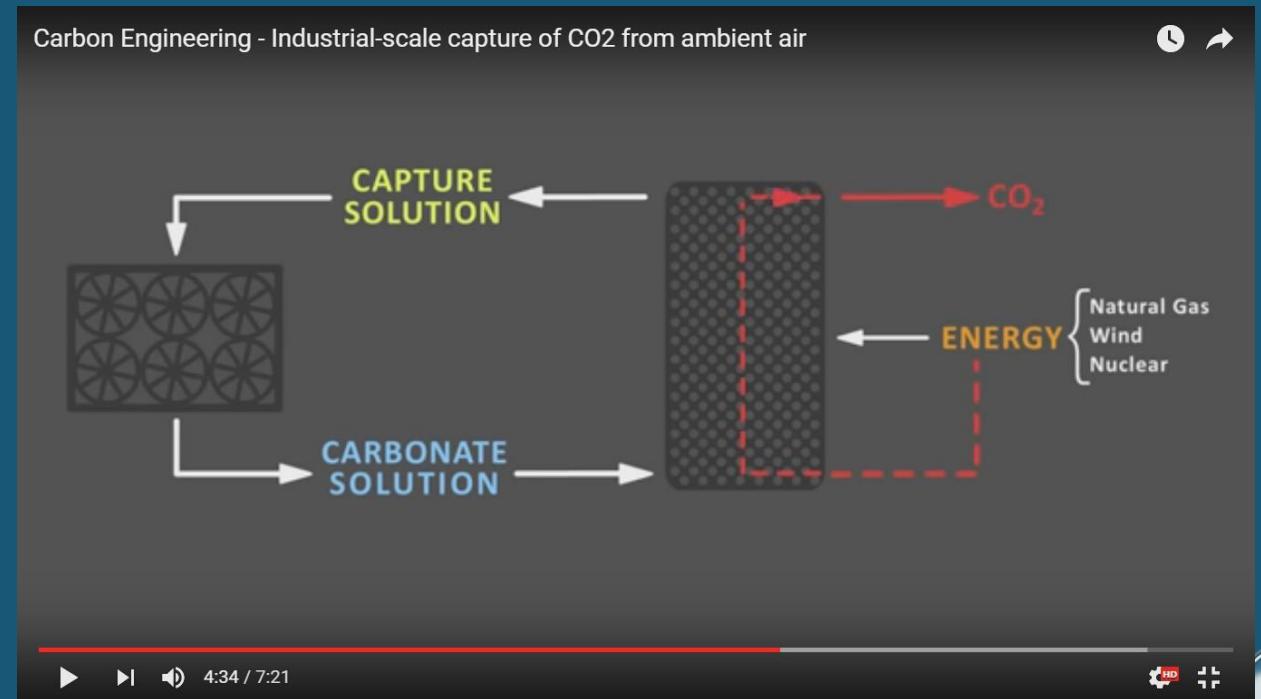
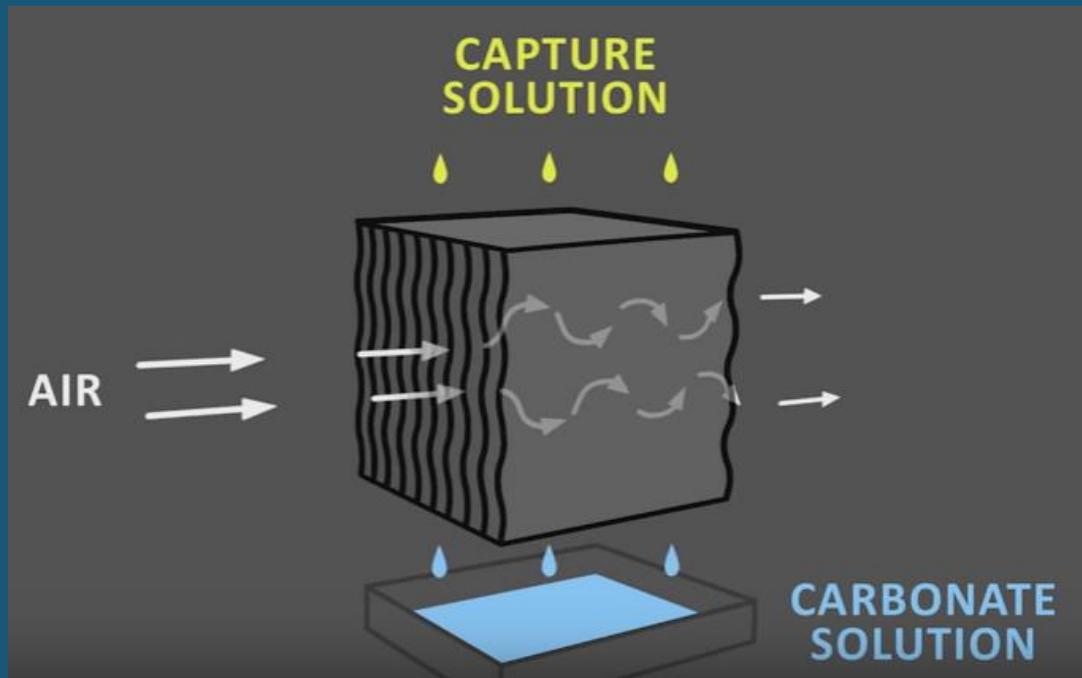
- Este processo natural remove 0.7 Gton-CO₂ / ano da atmosfera;
 - Resulta no transporte de 2.6 Gton-CaCO₃ para a água;
- Poderia remover todo o CO₂ atmosférico em cerca de 4500 anos!!

Sequestro químico do CO₂

- Por que não ter fábricas que reproduzissem este processo?
 - Para cada ton de CO₂ capturado consome-se 2.3 ton de CaCO₃ e 0.4 ton de água;
 - Produz-se 3.7 ton de solução de bicarbonato (HCO₃⁻)
 - Seria necessário diluir esta solução a 75% (solução saturada) para ser colocada no oceano;
 - Para garantir estas condições normais (concentração de 0.005Molar de bicarbonato à pressão parcial de CO₂ de 150 KPa) seriam necessárias 10 000 ton-H₂O / 1 ton-CO₂;
 - Sem contar com outras necessidades como a quantidade de água gasta para arrefecimento e a quantidade de CaCO₃ que seria necessário transportar para a fábrica...

Carbon Engineering - Industrial-scale capture of CO₂ from ambient air

<https://youtu.be/GkEAA7VnyhE>



Sequestro biológico do CO₂

- Surgiu o conceito de fertilização oceânica para o sequestro do carbono
- Apesar da disponibilidade de nutrientes, a produção de biomassa através da fotossíntese é reduzida em certas áreas oceânicas - áreas de nutrientes elevados e baixa clorofila (oceano a sul e norte do Pacífico);
- Foi sugerido (1930, Joseph Hart) que seria uma deficiência em ferro (Fe);
 - O ferro é transportado pelos ventos não chegando àquelas zonas;
 - Realizaram-se testes para o crescimento do fitoplâncton através do enriquecimento com ferro;
 - Os resultados mostraram uma explosão de fitoplâncton seguida de uma libertação de gases como o N₂O aquando da sua degradação/decomposição
 - este gás é um GEE com tempo de permanência superior ao CO₂... (~120 anos e impacto ~300x superior ao do CO₂)

Conclusões

- Muito haverá para dizer e fazer...
- A compreensão das questões químicas do dióxido de carbono, envolvendo as águas dos oceanos, rios e lagos e a sua interação com todos os seres vivos é de importância vital para a *boa saúde da nossa casa*, o nosso planeta Terra.
- Temos o dever de entender e fazer entender que é necessário realizar ações, por mais pequenas e insignificantes que pareçam, no sentido de preservar a qualidade ambiental.
- ...

Referências

- Stephen A. Rackley, Carbon capture and storage, Elsevier, 2010
- Mae-Wan Ho, More CO2 Could Mean Less Biodiversity and Worse, <http://www.isis.org.uk/LOG7.php>
- All at sea? The chemistry of the oceans, booklet, Royal Society of Chemistry, <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/download/res00000057/cmp00000046/pdf>
- Hannah Reid, Krystyna Swiderska, Biodiversity, climate change and poverty: exploring the links, International Institute for Environment and Development, Feb 2008;