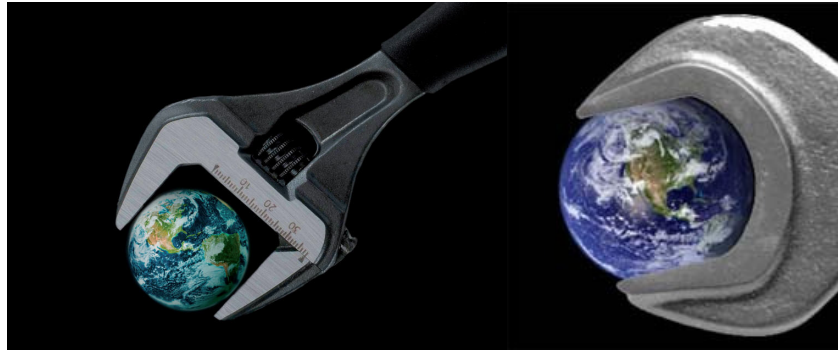


O QUE É GEOENGENHARIA



A **Geologia** - ciência que estuda a origem, história, vida e estrutura da Terra, enquanto que a **Geoengenharia** estuda como salvar o planeta. É o processo de intervenção humana planejada no clima por meio de tecnologia.

“Manipulação deliberada em larga escala do ambiente planetário para redução da emissão de CO₂ o principal gás do efeito estufa.” - (Royal Society britânica).

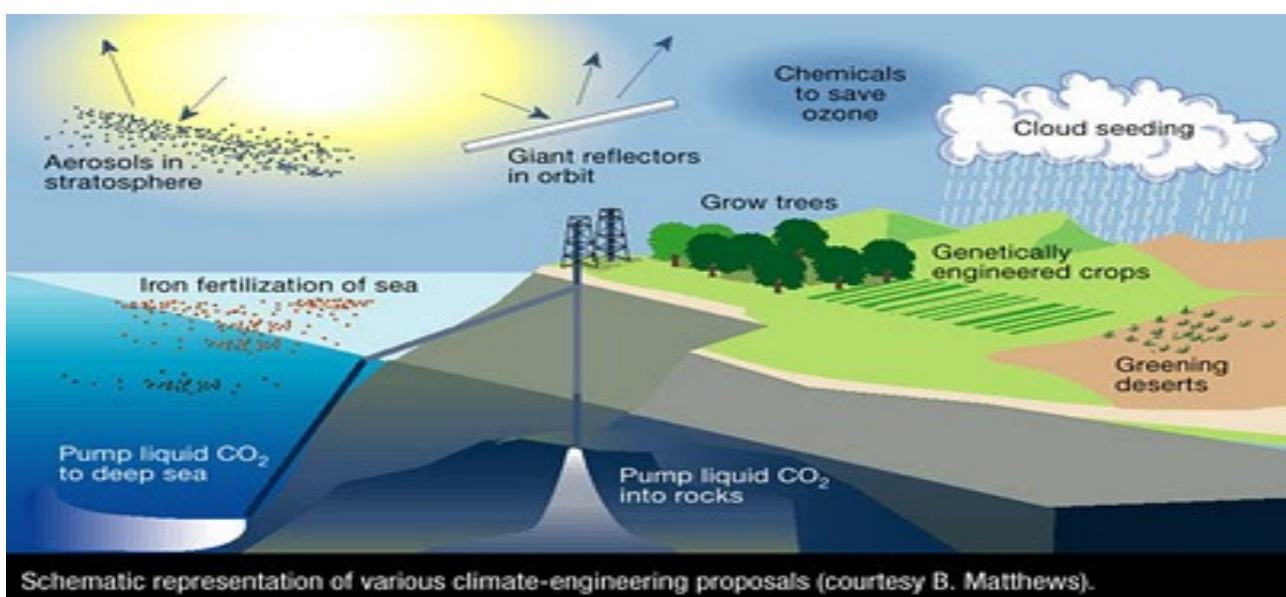
Geoengenharia - "a manipulação em larga escala do ambiente pelo homem de modo a produzir uma mudança ambiental, particularmente para contrabalançar efeitos indesejáveis de outras atividades humanas". Fonte: <http://www.etcgroup.org/en/node/4966>

O cético sequer está convencido de que o aquecimento seja uma realidade, a **Geoengenharia** aparece como uma opção para alguns cientistas.

A **Geoengenharia** poderia ser a maior aposta da história da civilização. Agora um pequeno grupo de cientistas pretende usá-la na luta contra o aquecimento global.

Os projetos que eles propõem são épicos, polêmicos... e não comprovados até agora, mas que estão sendo testados com experimentos reais numa escala sem precedentes.

Poderão essas estratégias radicais salvar a humanidade ou desencadearão o poder da natureza contra nós? O aquecimento global ameaça nossa civilização. É alimentado pelo excesso da emissão de CO₂, mas não estamos reduzindo os combustíveis minerais, a fonte de CO₂ produzido pelo homem.



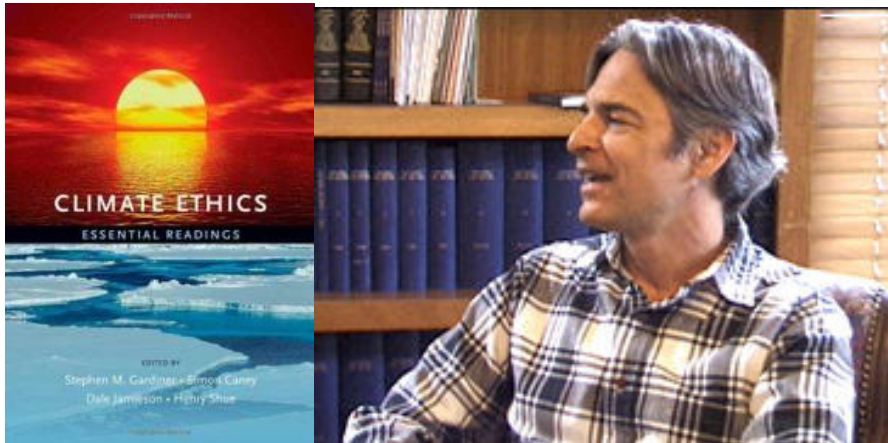
Representação esquemática de algumas propostas de **Geoengenharia para diminuição do CO₂ na atmosfera** - (Fonte: Nature 409, 417-421 (18 janeiro 2001) | doi:10.1038/35053203: Earth systems engineering and management)

“Neste momento, estão usando a atmosfera como esgoto. Mandamos CO₂ para lá e não nos preocupamos.”. diz o professor **Alan Robock** – da **Rutgers University**.



Alan Robock e-mail: robock@envsci.rutgers.edu

“Não conhecemos os efeitos da mudança climática em grande escala que desencadeamos” professor **Dale Jamieson** - **New York University**.



Dale Jamieson (Autor)

“Temos que resolver esse problema nos próximos 50 anos, não temos centenas de anos, liberamos quase 30 bilhões de toneladas de CO₂ na atmosfera a cada ano, se não pararmos, enfrentaremos um ano de ajuste de contas”. **Professor Daniel Schrag** - **Havard University**.



Daniel Schrag

Muitos cientistas acreditam que por volta de 2050, chegaremos a um ponto que não terá mais volta, quando o aquecimento global colocará a natureza contra nós. Os sistemas naturais vão alimentar e acelerar o aquecimento.

As plantas só um exemplo:

A medida que a vegetação morre e se decompõe mais cedo o CO₂ liberado na decomposição da vida vegetal excederá a quantidade de CO₂ absorvida pelas árvores e plantas. **Por causa disso, as temperaturas ficarão cada vez mais altas.**

“A elevação drástica na temperatura ameaça as camadas polares que representam uma quantidade imensa de água potável aumentando os níveis dos mares. Isso criará um mundo onde nossas cidades costeiras ficarão submersas. Perderemos todos os legados culturais e históricos que estarão nelas. Custaremos à economia uma quantia impossível de se calcular. A questão é podermos abrir mão dos combustíveis minerais a ponto de poder deter os piores efeitos do aquecimento global?” **Professor Sthefen W. Pacala – Director Princeton Environmental Institute.**



Prof. Stephen W. Pacala, PhD

<http://talkminer.com/viewtalk.jsp?videoid=2X2u7-R3Wrc&q=> (assista vídeo – 1 hora)

“Mesmo com o mundo aquecendo à nossa volta, se tivesse um pedaço de carvão e precisasse dessa energia para impulsionar minha economia, seria de meu interesse queimar esse pedaço de carvão.” **Ken Caldeira – Carnegie Institution of Washington.**



Ken Caldeira examina uma simulação de alterações atmosféricas apontando soluções para combater o efeito estufa - Climatologista - Stanford

<http://www.wired.com/science/planetearth/news/2007/07/geoengineering>

“Não fizemos nada de importante para resolver o problema do aquecimento global. Falamos dele há 20 anos, mas não demos nenhum passo concreto para resolvê-lo”.

Robert Kunzig – co-author -Fixing Climate.



Robert Kunzig

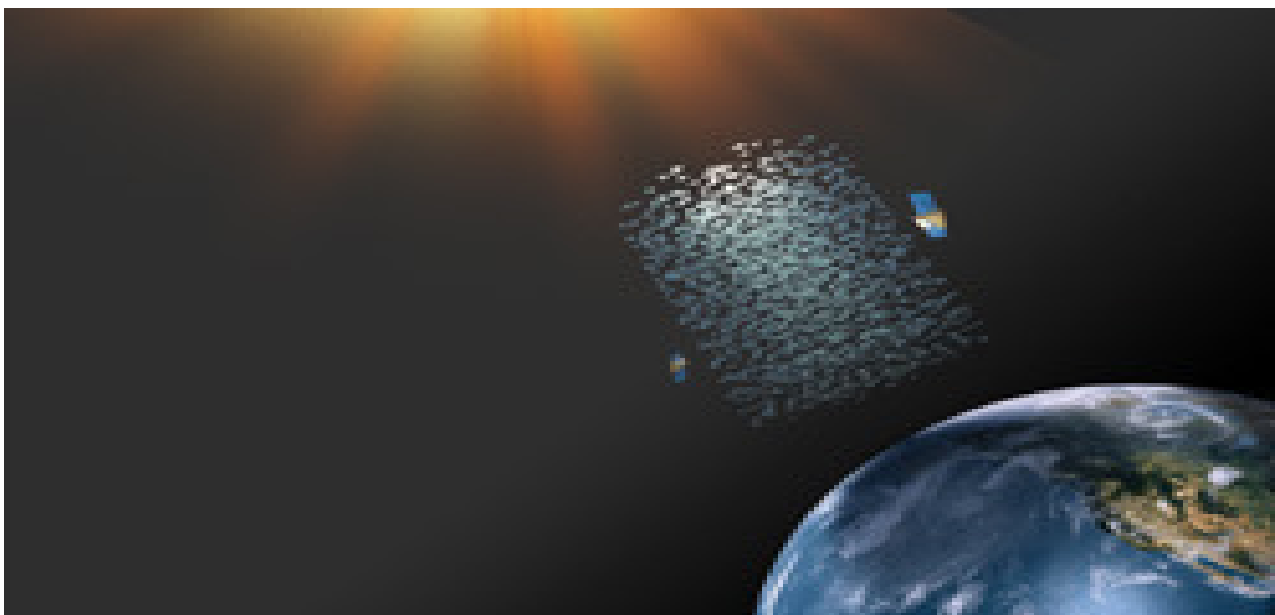


Queimada nas matas – liberação de grande quantidade de CO₂

Um guarda-sol para refrescar a Terra,

Medidas urgentes exigidas pelo aquecimento estimulam resoluções próximas da ficção científica. Mas nenhum método é uma solução mágica.

Kevin Hand



NUVENS DE PÁRA-SÓIS no espaço, como nesta concepção artística de uma sombra nana Terra, podem abrandar o aquecimento do planeta

por **Robert Kunzig**

Quando **David W. Keith**, físico especialista em energia da University of Calgary, em Alberta, Canadá, dá palestras sobre **Geoengenharia**, enfatiza sempre que essa idéia não é nova.



David W. Keith



Robert Kunzig



Al Gore



Lyndon B. Johnson

De fato, não é de hoje que se tem pensado em alterar deliberadamente o clima da Terra para reverter o aquecimento global. Isso vem acontecendo desde que se começou a falar em **aquecimento global**.

Já em 1965, quando **Al Gore** era calouro na universidade, um painel formado por especialistas ambientais prevenia o presidente **Lyndon B. Johnson** de que as **emissões de dióxido de carbono (CO₂) de combustíveis fósseis** poderiam provocar “mudanças profundas no clima” e que elas “poderiam ser nocivas”.

Àquela época, os cientistas não só consideraram a hipótese de reduzir as emissões, mas também tinham uma idéia em mente: “**espalhar pequenas partículas refletoras**” sobre cerca de **12,8 milhões de km² de oceanos**, para defletir cerca de **1% adicional da luz do Sol** de volta para o espaço “uma solução maluca da Geoengenharia”, comenta Keith: “na verdade não funciona”.

As idéias de **Geoengenharia** sobreviveram, nas décadas seguintes, mas sempre foram postas à prova – eram consideradas, por cientistas e ambientalistas, **como tentativas tolas e até imorais de encaminhamento para o aquecimento global.**

Três fatos recentes reativaram essas idéias:

Primeiro, apesar de anos de conversações e tratados internacionais, é que as **emissões de CO₂ estão aumentando mais rápido que o pior cenário imaginado até 2007 pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).**

“A tendência é haver um aumento crescente da dependência do carvão”, avalia **Ken Caldeira**, especialista em modelagem climática da Carnegie Institution for Science, em Stanford, Califórnia.

Segundo, o gelo polar está derretendo mais rápido que nunca, sugerindo que o clima pode estar mais perto do limite de colapso – ou de um ponto crítico, como nunca se imaginou.

Terceiro, o ensaio publicado por **Paul J. Crutzen em 2006.**



Paul J. Crutzen

Prêmio Nobel de Química, em 1995



Daniel P. Schrag

Harvard University

Nesse artigo – publicado na **Climatic Change** – o respeitado especialista holandês em **química da atmosfera** lamentou ter de considerar seriamente a aplicação urgente de medidas de **Geoengenharia.**

Crutzen recebeu o Prêmio Nobel de Química, em 1995, por seu trabalho sobre a destruição do ozônio atmosférico.

Se ele levava a Geoengenharia a sério, por que nós também não devemos fazer isso?

Em novembro de 2007, **Keith e o geofísico Daniel P. Schrag, da Harvard University**, não tiveram dificuldades em convencer os maiores especialistas em clima a se juntarem a **geoengenheiros** num workshop em Cambridge, Massachusetts.

Ao final do encontro, todos concordaram que mais pesquisas seriam necessárias – uns porque a **Geoengenharia** realmente os entusiasmou, outros porque a consideraram um mal menor; e outros ainda porque pretendiam dar-lhe um golpe de misericórdia.

Mas ainda havia certo consenso: a **Geoengenharia** estava de volta.

Os métodos da **Geoengenharia** se dividem em **duas categorias**, correspondentes a dois botões que se podem girar imaginariamente para ajustar a temperatura da Terra.

1) Controlar a quantidade de luz solar – ou mais precisamente, **a energia solar que chega à superfície do planeta;**

2) Controlar a quantidade de calor devolvida para o espaço; que depende da quantidade de dióxido de carbono (CO₂) presente na atmosfera.

Os processos para remover CO₂ da atmosfera, por exemplo, **fertilizando os oceanos com ferro**, poderia ser uma solução viável. Mas levaria décadas para ter um efeito perceptível.

Já a **proteção solar** poderia, em princípio, deter o aquecimento global imediatamente – embora somente enquanto fosse mantida em atividade.

As idéias de proteção solar atingem então o que os cientistas vêem como um problema climático extremamente urgente.

“Se a camada de gelo da Groenlândia começar a colapsar amanhã, e se você fosse o presidente dos Estados Unidos, o que faria?” pergunta Schrag para ele mesmo responder:

“Não há escolha”.

Profissionalização das Pesquisas

Até agora, relativamente poucas pesquisas foram realizadas em quaisquer das abordagens ou sobre os efeitos colaterais potencialmente sérios e imprevisíveis.

“Há muito mais a ser discutido que realizado”, adverte **Caldeira**.



Ken Caldeira - Climatologista - Stanford

“A maior parte da pesquisa foi feita de forma improvisada, como hobby.”

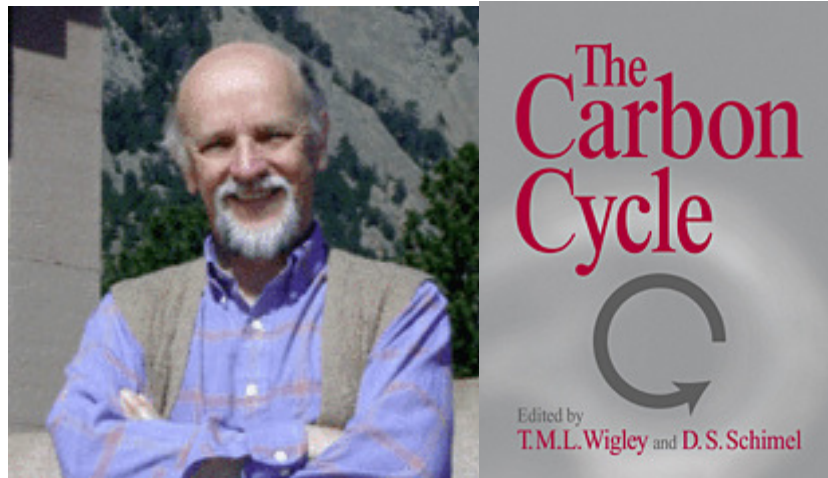
Algumas idéias não vão, além disso. Espalhar partículas refletoras sobre uma grande parte do oceano, por exemplo, iria inevitavelmente poluí-lo e as partículas seriam provavelmente depositadas nas praias rapidamente. Mas outras idéias são mais difíceis de ser descartadas.

Descartar a racionalidade básica que existe por trás da **Geoengenharia** é ainda mais difícil.

Alguns pesquisadores sugerem que bloquear a radiação solar é um paliativo para deter o aumento do CO₂ atmosférico ou que a Geoengenharia pode resolver o problema do CO₂ sozinha.

Enquanto isso, cientistas argumentam que é preciso dar tempo para a tecnologia permitir que o mundo se converta às fontes de energia livres de carbono.

“O motivo pelo qual eu acredito que a **Geoengenharia** deva ser levada a sério”, considera **Tom M. L. Wigley**, do **National Center for Atmospheric Research (NCAR, em inglês)**, “é que não creio que possamos salvar o planeta com as propostas de redução de emissões que estão sendo discutidas. **Ninguém está levando realmente a sério a complexidade do desafio tecnológico.**”



Tom M. L. Wigley (1940 -) é físico matemático australiano e climatologista com contribuições importantes: **clima e modelagem do ciclo do carbono.**

O método de **Geoengenharia** que **Crutzen e Wigley** defendem é o mais barato e o que tem mais chances de dar certo. Foi proposto por volta de 1974 pelo físico **russo Mikhail I. Budyko**, falecido em 2001, quando trabalhava no Observatório Geofísico de Leningrado, atual São Petersburgo.

A idéia era injetar milhões de toneladas de dióxido de enxofre (SO₂) por ano na estratosfera.



Erupção do vulcão Pinatubo - Filipinas - 06/12/1991

Lá, esse elemento reagiria com oxigênio, água e outras moléculas para formar minúsculas gotas de sulfato compostas por água, **ácido sulfúrico (H₂SO₄)** e qualquer tipo de poeira, sal e outras partículas em torno das quais o ácido e a água se condensam.

Nuvens de gotículas de sulfato espalham a luz solar, tornando o pôr-do-sol mais vermelho, o céu mais pálido e a superfície da Terra, em média, mais fria – todos concordam com tudo isso.

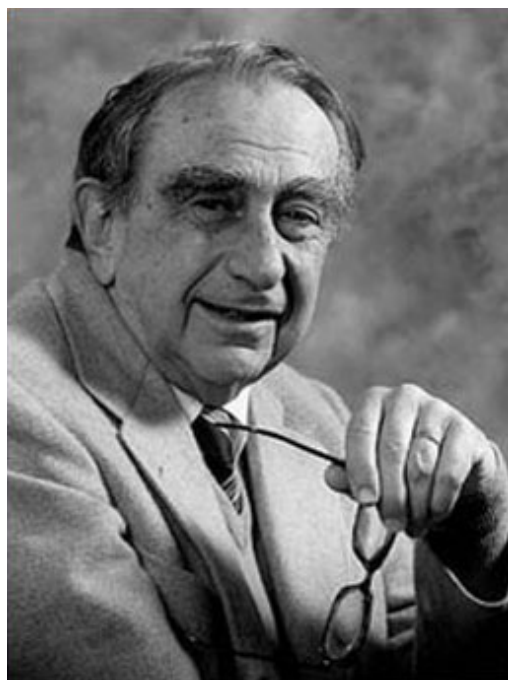
Em 1991, a erupção vulcânica do monte Pinatubo, nas Filipinas, injetou 20 milhões de SO₂ na estratosfera e provocou todos esses efeitos e resfriou a Terra em cerca de 0,5° C por quase um ano.

“Por isso, já sabemos basicamente que funciona”, avalia Caldeira.

Na verdade, Caldeira começou a alimentar essa idéia quase uma década antes de **Crutzen** tê-la mencionado. Na época em que Crutzen percebeu a ameaça, o mundo estava mais preparado para aceitar a **Geoengenharia**.

Estava 0,5°C mais quente desde o trabalho de **Budyko**, e muito gelo havia derretido.

Nos anos 90, **Edward Teller** e seus colegas do **Lawrence Livermore National Laboratory** sugeriram que partículas metálicas poderiam permanecer suspensas mais tempo e refletir mais luz solar, mas **Crutzen** insistia na idéia já testada de injetar SO₂. Isso permitiu que ele estruturasse sua proposta de forma bastante atraente.



Edward Teller – “Pai” da bomba de Hidrogênio

Nasceu na Hungria - Budapeste * 15/01/1908 + 09/09/2003

Queimando combustíveis fósseis, enfatiza, as pessoas já estão lançando 55 milhões de toneladas de SO₂ na baixa atmosfera a cada ano, sem contar os 8 bilhões de toneladas de CO₂.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a concentração resultante de **SO₂** mata **500 mil pessoas todo ano.**

Ela também resfria o planeta, embora ninguém saiba exatamente quanto – e assim como os governos começaram a fortalecer leis antipoluição, como o decreto sobre Ar Limpo, nos Estados Unidos, agravando o problema do aquecimento global.

Não seria mais lógico, sugere Crutzen, lançar parte desse SO₂ em altitudes estratosféricas? Em elevadas altitudes ele poderia nos proteger do Sol sem prejudicar a vida na Terra.



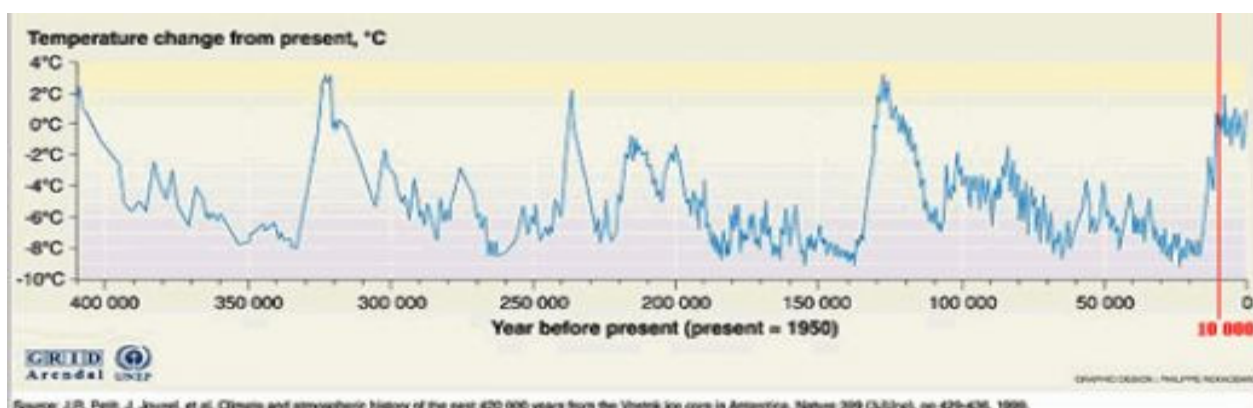
Mikhail I. Budyko – Físico russo



aviões usando combustível com alto teor de SO₂

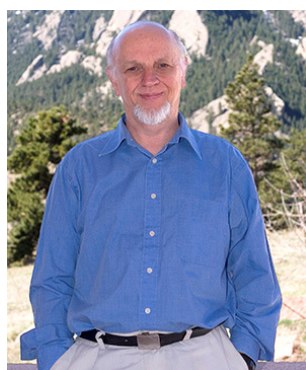
A idéia original de Budyko era enviar aviões à estratosfera usando combustível com alto teor de enxofre; Crutzen propôs liberar o SO₂ com balões.

São bastante variáveis as estimativas sobre quanto **dióxido de enxofre** seria necessário para contrabalançar, por exemplo, **uma duplicação do CO₂ em relação aos níveis pré-industriais.**



Variação da temperatura ao longo dos anos

Wigley atribui um valor – normalmente expresso pelo peso de enxofre apenas – de 5 milhões de toneladas por ano;



Tom M. L. Wigley - físico matemático australiano e climatologista

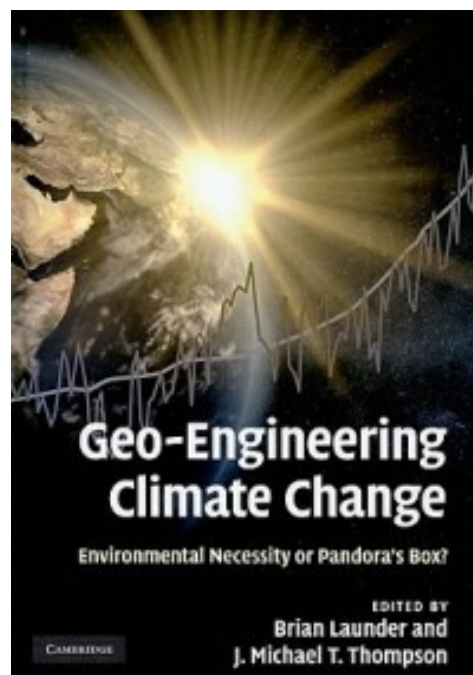
Crutzen e Philip J. Rasch, do NCAR, calcularam que **1,5 milhão de tonelada** poderia ser suficiente, desde que as partículas fossem, em média, menores que material vulcânico típico, com menos de **0,2 micron**.



Paul Crutzen, Prêmio Nobel de Química, em 1995



Philip J. Rasch



Todas essas estimativas são pequenas se comparadas com a quantidade de SO_2 que já injetamos na baixa atmosfera, e pela gravidade do problema, elas são ínfimas. A quantidade anual de SO_2 necessária, calcula **Caldeira**, é aproximadamente o que poderia ser injetado com uma mangueira de incêndio.

Crutzen estima que seu método poderia custar entre US\$ 25 e US\$ 50 bilhões por ano, o que representa entre US\$ 25 e US\$ 50 por cidadão de países desenvolvidos.

Isso é menos do que o americano médio gasta em apostas de loterias, e o retorno seria muito mais eficaz: um planeta mais frio, pelo menos em termos de médias globais.

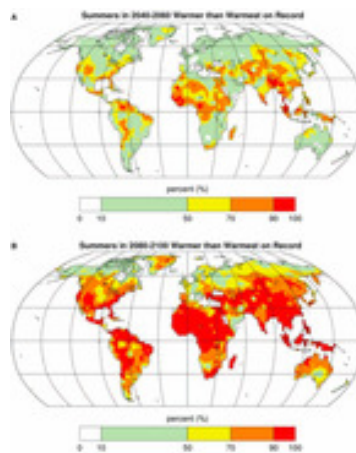
Mudanças Climáticas são Locais

Nesse quadro todo, o mais importante são os padrões regionais de temperatura.

Nesse contexto, de acordo com **David S. Battisti**, especialista em modelagem climática da **University of Washington**, o bloqueio solar com SO_2 e a retenção de calor pelo CO_2 não estão bem correlacionados.



David S. Battisti – Professor Phd



Planeta está ficando mais quente

O CO_2 aquece o planeta dia e noite, durante o verão e o inverno. À medida que o gelo derrete no oceano e nos continentes, substituindo uma **superfície branca e fria por uma escura e mais quente**, o aquecimento por CO_2 é amplificado junto aos pólos.



Já uma proteção solar estratosférica com SO_2 bloquearia o Sol somente quando e onde ele brilhasse; não haveria efeitos diretos durante o inverno polar. Isso deveria resfriar os trópicos mais que os pólos, exatamente o contrário do que seria necessário para recuperar as condições climáticas ao seu estado pré-industrial.

Surpreendentemente, as poucas simulações feitas até agora sugerem que a **proteção solar com sulfato não é tão simples assim**.

“O que obtivemos, na verdade, é que ele tem um efeito muito interessante de reverter a tendência de aquecimento global do clima”, comenta Caldeira.

Ao resfriar os pólos no verão, o suficiente para manter o gelo marinho, a proteção solar dispara o mesmo feedback poderoso que amplia o aquecimento por CO₂, mas ao contrário.

No entanto, a proteção do ácido sulfúrico pode ter várias desvantagens em outras áreas.

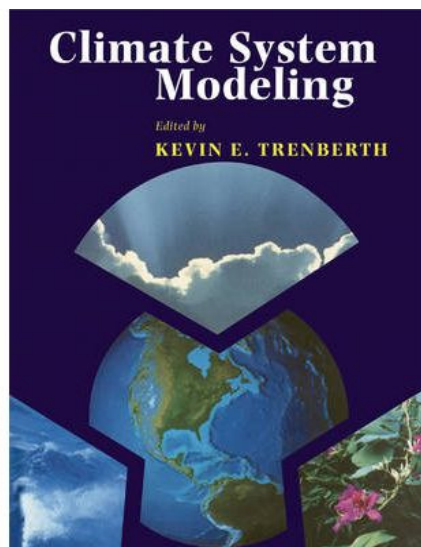
O SO₂, como o CO₂, não só afetam a temperatura, mas podem alterar os regimes de ventos e chuvas, de formas imprevisíveis.

Quanto menos luz solar atinge a superfície da Terra, menos água evapora, particularmente nos trópicos, tornando mais escassas a chuva e a água doce disponíveis nessas regiões.

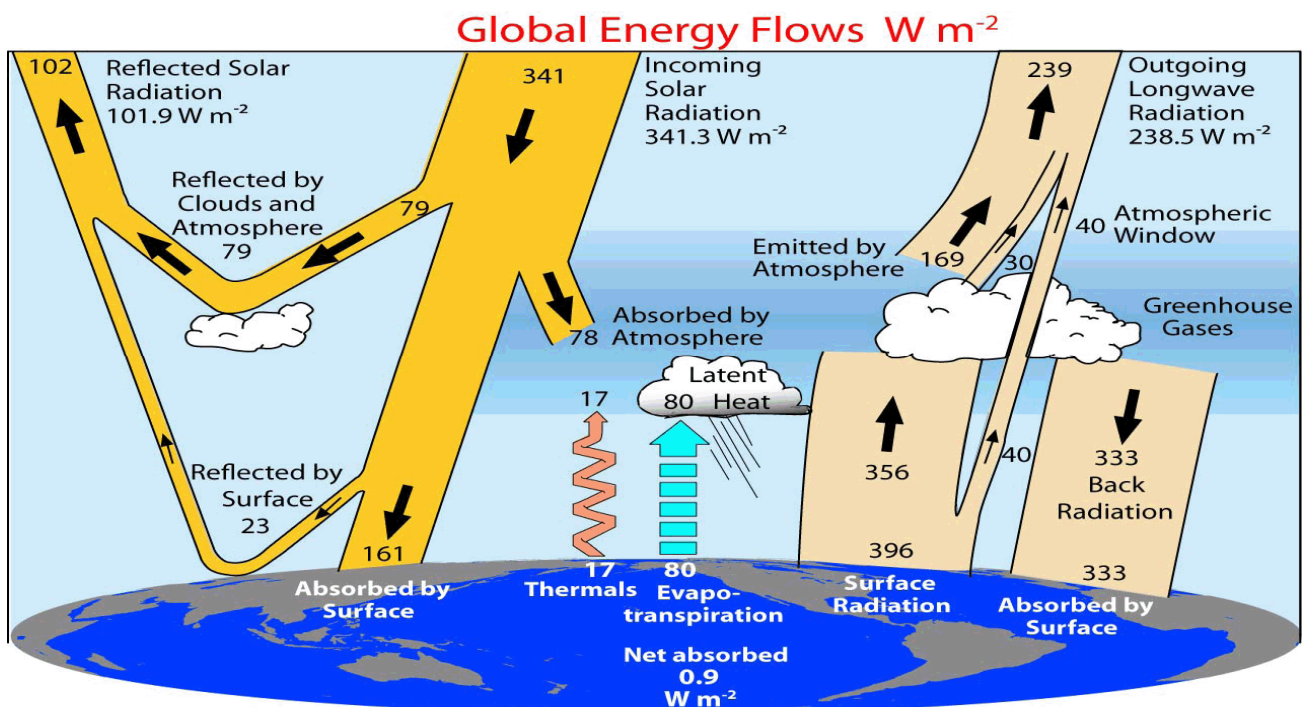
A erupção do monte Pinatubo parece ter produzido esses efeitos, de acordo com a análise de Kevin E. Trenberth e Aiguo Dai do NCAR.



Kevin E. Trenberth



Aiguo Dai



A quantidade de chuva no solo e o volume de água dos rios caíram drasticamente no ano seguinte à **erupção**. Ainda que menos evaporação pudesse deixar o solo mais úmido.

E a modelagem de **Caldeira** sugere que adicionar SO_2 à atmosfera juntamente com o CO_2 provoca menores variações na precipitação, do que adicionar somente CO_2 .

Diminuindo ou não, a chuva provavelmente se **tornará mais ácida se injetarmos milhões de toneladas de ácido sulfúrico na estratosfera**.

Globalmente falando, o aumento de ácido seria provavelmente menor, pois já estamos injetando muito SO_2 na baixa atmosfera.

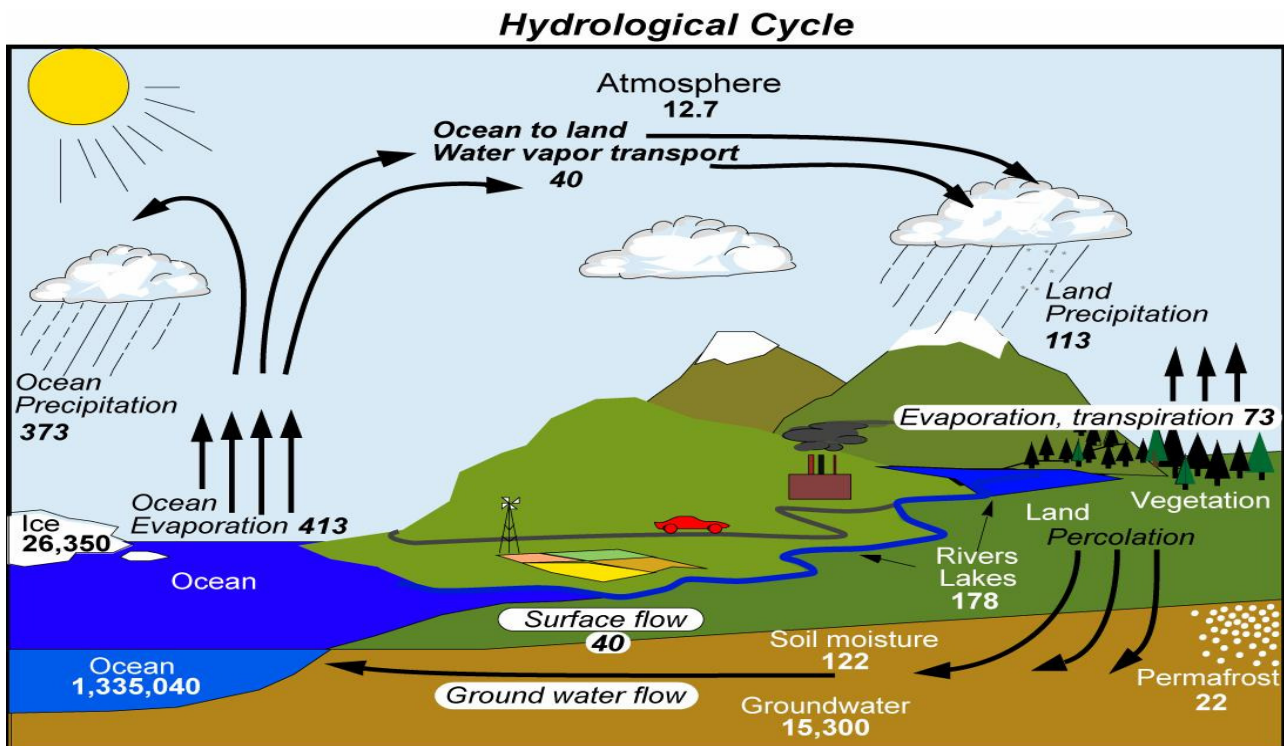
Alan Robock, da Rutgers University, no Bulletin of the Atomic Scientists, mostrou que chuvas ácidas poderiam cair em áreas ainda intocadas, que até agora têm se esforçado para manter sua pureza.



Alan Robock



Erupção de tipo stromboliano do vulcão Krakatoa (Indonésia), junho de 2009.



Units: Thousand cubic km for storage, and *thousand cubic km/yr* for exchanges

O ozônio estratosférico é mais preocupante.

Átomos de cloro que atingem a alta atmosfera, resultantes dos **clorofluorcarbonos** usados há muito tempo em refrigeradores e latas de sprays, criam uma rarefação na camada de ozônio da Antártida na primavera, e permitem que a luz ultravioleta (UV) atinja diretamente a superfície da Terra.

As reações químicas que destroem o ozônio, no entanto, ocorrem somente a certa temperatura limite, e na superfície de partículas estratosféricas, incluindo as moléculas de ácido sulfúrico.

Como os clorofluorcarbonos foram banidos pelo Protocolo de Montreal, em 1987, **o buraco de ozônio está ficando menor e menos profundo.**

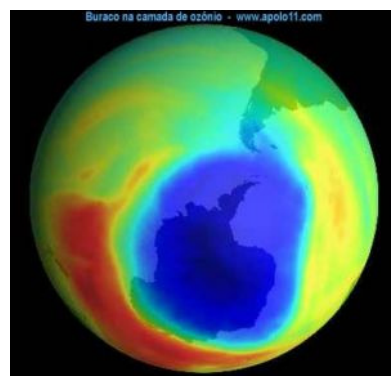
Mas se mais ácido sulfúrico for injetado na estratosfera, ele poderá agir como um catalisador e retardar a recuperação do ozônio.

Redução de Ozônio Polar - É evidente que o “experimento” Pinatubo provocou certa perda de ozônio, mas não muito.

De acordo com **Simone Tilmes, do NCAR**, as dimensões reduzidas do efeito podem não ser reais, porque **nos anos seguintes à erupção, os invernos foram mais rigorosos.**



Simone Tilmes



buraco camada ozônio

Em invernos mais frios, comenta **Tilmes**, a destruição de ozônio nos pólos pode ser ainda mais severa. Para piorar ainda mais o ozônio, os gases do efeito estufa que provocam aquecimento global, na verdade, **tendem a resfriar a estratosfera aprisionando calor junto à superfície.**

Pelos cálculos de **Tilmes**, se começássemos a injetar SO₂ na estratosfera nos próximos anos, a **recuperação do buraco de ozônio da Antártida seria atrasada de 30 a 70 anos.**

Em anos mais frios poderia surgir também um buraco de ozônio em altas latitudes do hemisfério norte, banhando cidades dessa parte do mundo com radiação UV que provoca câncer.

Como **Rasch** observa, os resultados de **Tilmes** podem representar um “cenário de gravidade extrema”, ao combinar a quantidade de SO₂ necessária para contrabalançar uma duplicação de CO₂ nas próximas décadas com a quantidade de cloro presente na estratosfera hoje, mesmo com os níveis de cloro diminuindo continuamente.



Georg Rasch (1901-1980)

Universidade de Cambridge

O efeito do SO₂ no ozônio permanece incerto, assim como cada item da **Geoengenharia de sulfatos.**

Poderíamos começar o trabalho no ano que vem, mas além de refrescar o planeta globalmente não teríamos uma idéia real do que estaríamos fazendo, como não sabíamos o que estávamos fazendo com a camada de ozônio quando o mundo começou a usar clorofluorcarbonos em refrigeradores e sprays.

Crutzen reconhece o braço-de-ferro de conseqüências inimagináveis em seu ensaio, ao escrever:

“As chances de efeitos climáticos inesperados ocorrerem não podem ser descartadas, como foi claramente observado no rápido e imprevisível desenvolvimento do buraco de ozônio na Antártida”.

Nebulina Marinha na Troposfera

Na baixa atmosfera, SO_2 não apenas espalha a luz solar provocando doenças respiratórias como cria nuvens onde antes não havia e torna mais brilhantes as já existentes: é o chamado efeito aerossol indireto.

Climatologistas acreditam que esse efeito já contribuiu para resfriar o planeta pelo menos na mesma proporção que o espalhamento direto por partículas de aerossóis.

Nuvens lineares de gases expelidos pelas chaminés de navios ilustram o fenômeno perfeitamente: elas permanecem durante dias e se estendem por centenas de quilômetros à medida que o navio se desloca. Imagens de satélites registram a luz solar refletida por elas de volta para o espaço.

A idéia de **John Latham** para resfriar o planeta é, basicamente, tornar mais brancas as nuvens sobre o mar guarnecendo seus contornos com **fumaça lançada por navios** – mas produzida de forma limpa.

Latham, físico inglês aposentado e **especialista em nuvens**, acredita que **aspersando gotas microscópicas de água no ar sobre o mar, utilizando uma frota de barcos a vela não tripulados, poderia criar esse artifício.**



John Latham



aspersando gotas microscópicas de água no ar

O mecanismo básico do efeito aerossol indireto é bastante simples. A quantidade de luz solar refletida por uma nuvem depende da área das gotas de água que formam a nuvem.

“Se em vez de termos algumas gotas grandes tivermos uma grande quantidade de gotas pequenas, para a mesma quantidade de água (condensada da evaporação em gotículas) haverá uma área maior”, justifica **Latham**.

Em princípio, adicionar partículas à atmosfera – gotas mais numerosas e menores – **torna as nuvens mais brancas e refletoras.**

Atualmente, nas áreas sobre os continentes, o ar está carregado de partículas de origem antropogênica e, como resultado, acredita-se que as nuvens estejam mais brancas e mais refletoras do que deveriam.

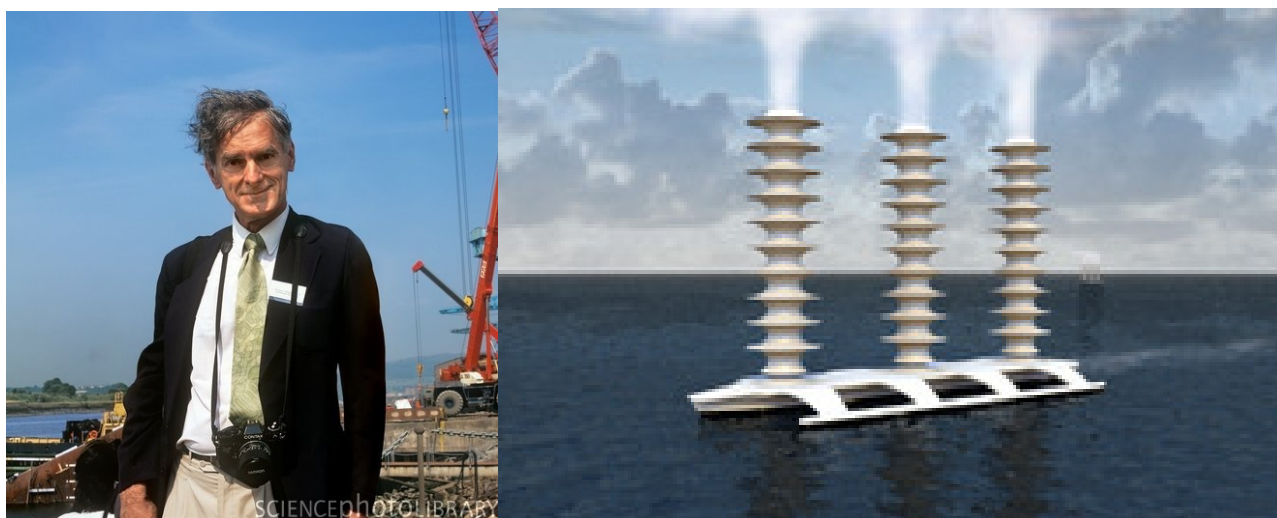
Mas sobre os oceanos o ar está carregado de partículas naturais, incluindo gotículas de água oceânica levantadas pela espuma das ondas.

Quando as gotículas atingem uma altitude de **aproximadamente 300 metros, a maior parte da água já evaporou**, deixando partículas de sal – mas nessa altitude o vapor de água começa a se condensar novamente em torno das partículas.

As novas gotículas formam nuvens **estrato-cúmulus** baixas sobre o mar, que cobrem cerca de 25% dos oceanos do planeta.

A idéia de Latham é tornar essas nuvens mais brilhantes, adicionando sal suficiente por meio de aspersão por aeronaves para quadruplicar o número de gotículas de água nas nuvens.

Stephen Salter, professor emérito de engenharia da Edimburg University, na Escócia, apresentou uma idéia que, pelo menos em teoria, parece engenhosa.



Stephen Salter

chaminés formadas cilindros altos e giratórios

“É basicamente um regador”, detalha ele, com a diferença que o bico seria um disco de silício guarnecido com **bilhões de furinhos com menos de um microm de diâmetro. O regador seria montado em um barco a vela não-tripulado, guiado por satélite.**

Mais especificamente, a embarcação poderia ser um **navio Flettner, baseado no efeito Magnus, em que a chaminés são formadas por cilindros altos e giratórios e funcionam como velas, gerando uma força ascendente, porque um lado se move a favor do vento e o outro lado contra.**

Na proposta de **Salter**, turbinas acionadas pelo movimento da água do mar ao longo do navio gerariam eletricidade para manter os **cilindros girando e também para aspergir água do mar nos cilindros em gotículas de 0,8 micron.**

Salter e Latham estimam que 1.500 navios, cada um aspergindo 30 litros por segundo – a um custo unitário de US\$ 2 milhões, para um total de US\$ 3 bilhões do projeto – poderiam compensar o aquecimento global provocado pela duplicação do CO₂.

Metade do trabalho seria realizado na Inglaterra, de acordo com os resultados da modelagem feita pelo Departamento de Meteorologia do Centro Hadley para Pesquisa e Previsão Climática de Exeter, com navios que cobririam apenas 4% dos oceanos.

Ninguém conseguiu modelar exatamente como o resfriamento poderia espalhar-se pelo planeta.

“Poderíamos obter, ao final, um mundo crivado de locais com climas extremos: muito frios ou muito quentes”, avalia **Battisti**.

Uma outra preocupação é o vento seco descendente produzido pelos navios de aspersão; nuvens formadas por inúmeras gotículas são mais duradouras, o que **é desejável para a proteção solar, mas também produzem menos chuva.**

Finalmente, não se sabe avaliar exatamente quanto essas nuvens seriam mais brilhantes.

Elas são superestimadas pelos modelos climáticos existentes: de acordo com eles, aerossóis presentes na atmosfera neste momento poderiam cancelar o aquecimento global, o que evidentemente não está acontecendo.

Rasch começou a fazer simulações da proposta de **Latham**. “**Esta é uma das partes do clima que menos entendemos**”, ele reconhece.

À medida que os métodos de **Geoengenharia** avançam, aspergir água do mar na atmosfera, a partir de barcos movidos pelo vento, ainda parece bastante razoável.

Se qualquer coisa der errado, observa Latham, é possível desligar a aspersão em poucos dias ou no máximo em poucas semanas, enquanto o ácido sulfúrico na estratosfera teria permanência por anos.

“Certamente é mais benéfico optar pelo spray”, acrescenta **Wigley**. Mas somente um teste de campo poderia responder algumas das questões levantadas, e até agora o **único apoio que Latham recebeu foi do canal de televisão Discovery Channel.**

Para conseguir boas imagens para uma série de documentários sobre **Geoengenharia**, produtores de programas financiaram a construção de um pequeno navio **Flettner**.

Um Guarda-sol no Espaço

O Discovery Channel pagou para construir um dispositivo para J. Roger P. Angel: um disco transparente de cerâmica com nitrato de silício perfurado com minúsculos orifícios.



J. Roger P. Angel

Director, Steward Observatory Mirror Laboratory
Regents' Professor of Astronomy
Regents' Professor of Optical Sciences

O disco mede de 1,25 cm de diâmetro e cerca de 0,25 micrometro de espessura – 0,025 da espessura de um filme plástico de cozinha, mas muito mais resistente.

Angel, diretor do Steward Observatory Mirror Laboratory da University of Arizona, é bastante conhecido por desenvolver tecnologias inovadoras de óptica e espelhos de telescópios.

Assim, suas idéias para a construção de um dispositivo óptico em forma de disco feito do mesmo material usado em mancais automotivos de alto desempenho foram muito bem-vindas.

Há alguns anos, depois de sua esposa ter assistido **“Uma verdade inconveniente”** – o documentário de **Al Gore sobre aquecimento global** – ela lhe perguntou se ele poderia fazer alguma coisa pelas mudanças climáticas.

Angel respondeu com uma proposta de **Geoenharia** engenhosa, mas um tanto quanto fora de propósito.

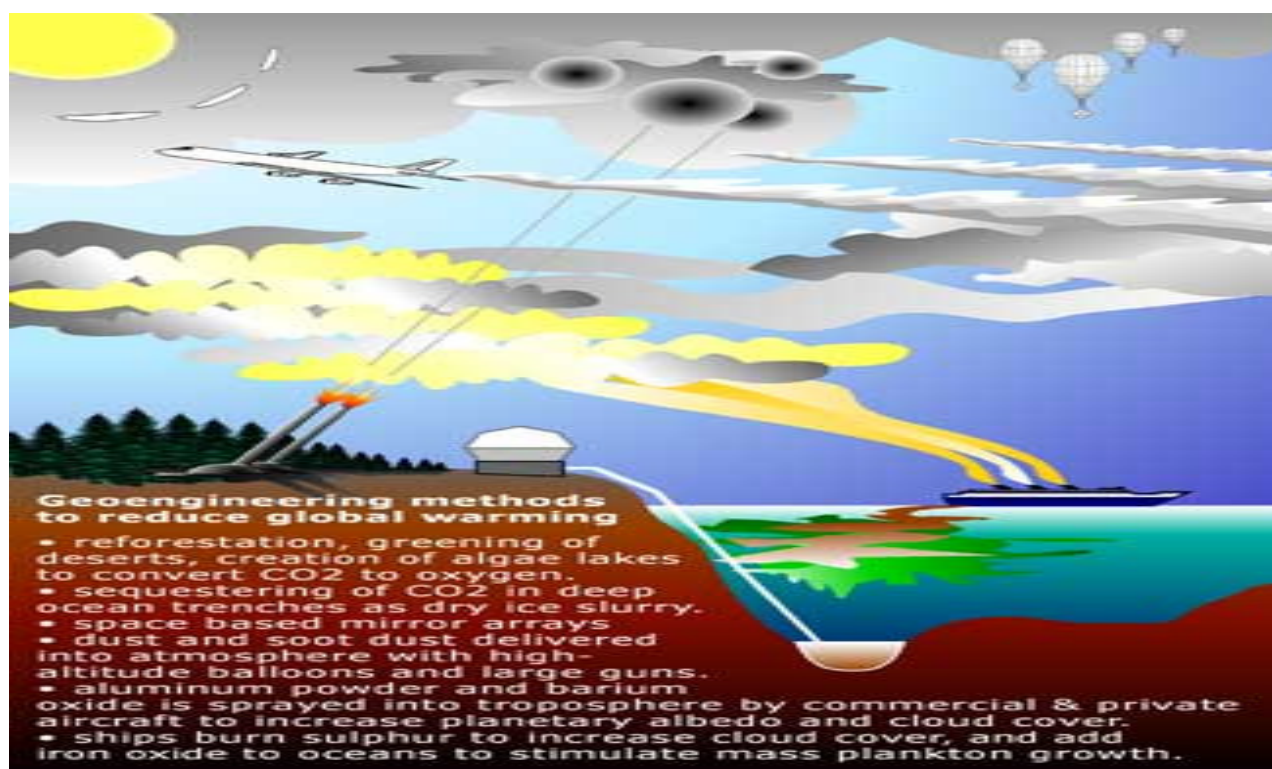
A proposta pretendia colocar um guarda-sol em L1, o ponto lagrangeano interno, a 1,5 milhão de quilômetros da Terra, entre a Terra e o Sol.

No ponto lagrangeano, o Sol exerce a mesma força gravitacional que a Terra. Em L1, o guarda-sol poderia diminuir a intensidade de radiação sobre o planeta sem poluir a atmosfera.

No método idealizado por Angel, o guarda-sol ancorado no espaço não seria formado por uma única nave, mas por trilhões delas – cada uma, constituída por um disco de nitrato de silício com 60 cm de diâmetro, equipado com um computador e um sistema de navegação com menos de uma grama.

(Angel observa que as borboletas monarca pesam menos de uma grama e viajam milhares de quilômetros.)

Esses “objetos voadores” seriam lançados em pilhas de milhões deles, um por minuto, durante 30 anos, **por meio de um canhão automático** – uma bobina eletromagnética alimentada por um pulso curto de alta tensão – com mais de um quilômetro de comprimento, a maior parte enterrada no solo.



Dessa forma **Angel** pensa em manter o peso do “**guarda-sol**” **abaixo de 20 milhões de toneladas lançadas da Terra.**

Ainda para efeito de comparação, isso representa “apenas” 70 mil vezes menos que a massa atual da Estação Espacial Internacional, uma massa nada trivial para ser lançada ao espaço.

Motores de propulsão iônica de alta eficiência transportariam cada pilha da órbita da Terra até L1, onde os objetos seriam espalhados, como cartas de baralho voadoras, **formando uma nuvem de 100 mil km de extensão.**

Satélites “pastores” patrulhando a nuvem poderiam estabelecer um Sistema de Posicionamento “Local” e cada disco se encarregaria de autocorrigir qualquer desvio ou tendência de sair da nuvem, através de espelhos minúsculos funcionando como velas solares.

Os fótons solares atravessam o nitrato de silício de cada disco diretamente, mas os que passam pelos orifícios saem ligeiramente adiantados.

Os dois conjuntos, então, produziram interferência destrutiva, bloqueando parte da radiação que de outra forma atingiria a Terra **espalhando cerca de 2% dessa radiação de cada lado do planeta.**

Angel, no entanto, adverte que sua proposta “**não é uma tarefa rápida nem barata**”. Na verdade, com custo estimado, por baixo, em US\$ 5 trilhões, um guarda-sol instalado no espaço, de acordo com Wigley, “está simplesmente fora de questão.”

Ele “exigiria um esforço enorme e talvez seja mais fácil construir turbinas de vento e usinas de energia solar”, avalia **Caldeira. Angel parece concordar.**

Ele passa a maior parte do tempo tentando descobrir formas de concentrar a luz solar e produzir células fotovoltaicas mais eficientes. Afinal, ele observa, qualquer tipo de sombra desperdiçaria energia solar.

A **Geoengenharia** pode não resolver o problema do CO₂ – em parte porque **o problema não é apenas de aquecimento global.**

Se tivéssemos de diminuir o aquecimento global com um guarda sol, **o CO₂ continuaria a aumentar nos oceanos, lentamente acidificando-os e, com o passar do tempo, as conseqüências ecológicas seriam duras.**

No entanto, interromper o aquecimento global temporariamente pode ser vantajoso.

E o ácido sulfúrico da **Geoengenharia**, considera Caldeira, seria “tão barato que governos isolados poderiam arcar com as despesas.”

Os Estados Unidos poderiam se encarregar de **salvar a capa de gelo da Groenlândia e assim evitar que a Flórida seja inundada;**

A China poderia tratar dos glaciares do Himalaia;

A Suíça protegeria sua indústria de esqui;

Todos sem o espalhamento comum das negociações sobre aquecimento global.

Dependendo do ponto de vista, este é um dos cenários mais atraentes entre as idéias mirabolantes que a Geoengenharia propõe.

Provavelmente o fato mais terrível é pensar no que poderá acontecer se não reduzirmos as emissões de carbono: construir uma proteção refrescante – e depois ver que ela simplesmente não funciona.

Raymond T. Pierrehumbert, especialista em modelagem climática da University of Chicago, refere-se a este cenário como “o mundo de Dâmocles”.

A ameaça do sulfato que sustenta a espada de CO₂ terá de ser mantida, ano após ano, com injeções contínuas de quantidades cada vez maiores de SO₂.

Se ela nunca for brandida por guerras e agitação popular ou crises orçamentárias, o CO₂ acumulado aqueceria o planeta repentinamente, criando a situação emergencial que o guarda-sol pretende evitar, só que pior. Caldeira também simulou o cenário de colapso da proteção juntamente com **H. Damon Matthews, da Concordia University**, em Montreal, Canadá.

Eles concluíram que a Terra deve se aquecer a uma taxa de **2°C a 4°C por década, 10 vezes mais rápido que a taxa atual.**

A história da humanidade comenta **Pierrehumbert**, tem mostrado que não temos garantias de que essa catástrofe possa ser evitada. Em um gráfico que ele usa para ilustrar o resultado de suas simulações, no ponto onde a Geoengenharia pára e as temperaturas disparam está indicado: **“Queda de Roma”**.

Ninguém sabe dizer, neste momento, se a **Geoengenharia** algum dia fará sentido. A maioria dos envolvidos na área concorda que agora, mais que nunca, pesquisas são inevitáveis – mas as opiniões dos especialistas em relação a esses estudos são controversas.

Para alguns, como **Wigley**, um guarda-sol poderia ser uma estratégia racional para economizar tempo no estafante trabalho de converter energia em outras formas que neutralizem as emissões de carbono. Outros temem que com isso se poderá reduzir os incentivos para desenvolver esses projetos.

“É extremamente desastroso que esse gênio tenha saído da garrafa bem na hora em que o mundo parece finalmente despertar para a gravidade das mudanças globais”, lamentou **Pierrehumbert** recentemente para uma platéia no Kavli Institute, da University of California, em Santa Barbara.

“Há um sério risco de que as pessoas comecem a ver isso prematuramente como atitudes omissas.” Para ele, “esta tecnologia vai inibir ações que estão começando a ser tomadas e que envolvem severas reduções nas emissões”.

Um pequeno grupo de cientistas tem um plano de contingência. Cada um tem uma estratégia, mas todos participam da **nova política científica para combater os efeitos do aquecimento global, chama-se Geoengenharia.**

Ela pode ser uma forma de nos levar além desse período em que não podemos prescindir dos combustíveis minerais.

“A conservação ambiental por si só não vai nos livrar desse problema **Dr. Jason Box – Byrd Polar Research Centre, Ohio State University.**



Uma manta gigante poderá salvar a calota polar?

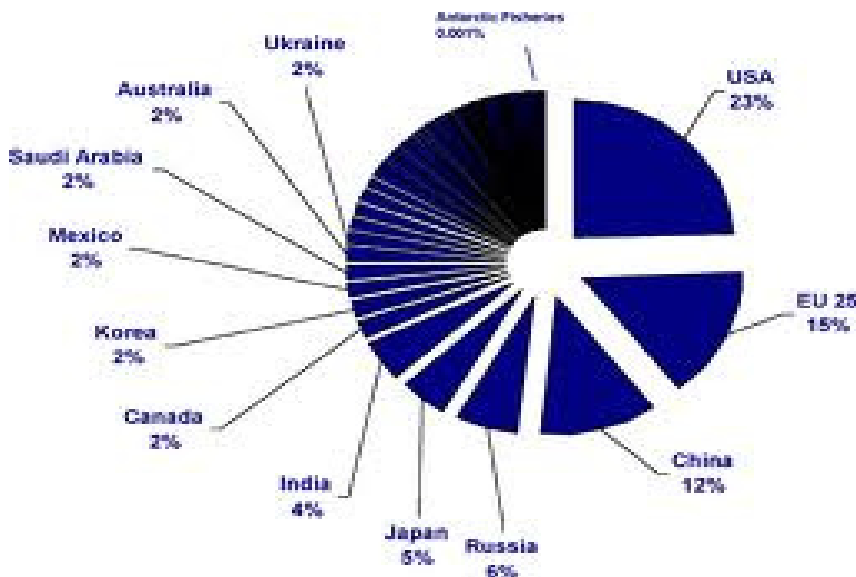


Dr. Jason Box

“Estamos nos afundando, precisamos de todas as ferramentas disponíveis. A **Geoengenharia** propõem novas tecnologias e estratégias para modificar os sistemas naturais da Terra. Hoje elas são propostas, mas os cientistas querem transformá-las em realidades amanhã.

Alguns projetos visam **trocar combustíveis minerais por novas fontes de energia limpa**. Outras propõem usar a bioquímica dos sistemas naturais para eliminar o excesso das emissões de carbono.”

Dr. Gregg Marland - Oake Ridge National Laboratory.



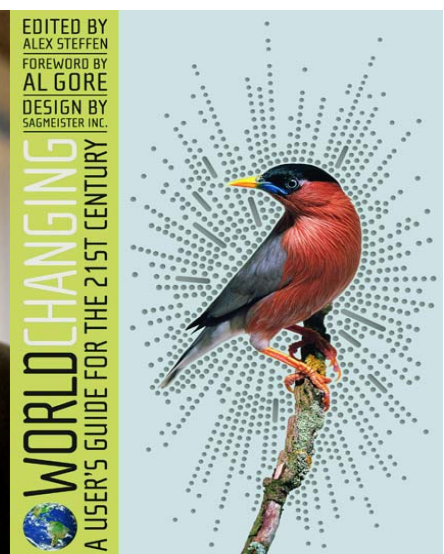
Dr. Gregg Marland

“Esses processos radicais incentivaram um debate que divide a comunidade científica em dois. No centro do debate sobre a **Geoengenharia** há duas questões:

A **primeira** é se podemos fazer isso de maneira que fiquemos seguros em relação aos resultados.

A **segunda**, e mais importante é se devemos mesmo fazer, mas ambos os lados acham que a **Geoengenharia é inevitável.**”

Alex Steffen – Environmental Journalist & Executive Editor Worldchanging.

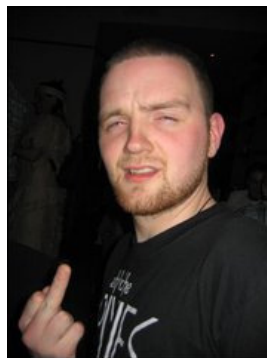


Alex Steffen



<http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http://transitionculture.org/wp->

“Eu não sou a favor, não a defendo, mas acho que acontecerá pela seguinte razão se observarmos onde tudo está agora considerando o nosso sucesso em encarar o problema nos falhamos.”
Professor Scott Parrett – John Hopkins University.



Scott Parrett

Se eu fosse o presidente dos EUA, e alguém me dissesse que haveria uma seca que destruiria toda a agricultura dos EUA e os cientistas me dissessem que há uma tecnologia que poderia ser usada para evitá-la seria muito difícil não considerar usá-la.

Os críticos acreditam que reequipar a Terra com estratégias não testadas, é brincar de Deus com bilhões de vidas em jogo. Pode estar certo de que haverá consequências inesperadas que nós entendemos apenas vagamente. É muita arrogância achar que sabemos o suficiente a não ser que estejamos em apuros e não tenhamos escolha.

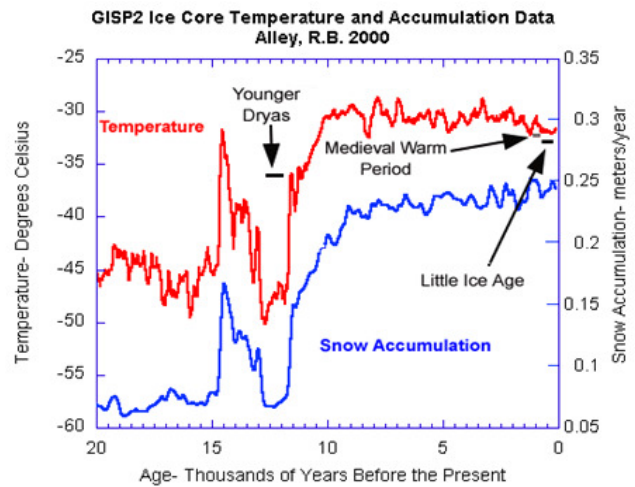
- **Será que temos o direito moral de controlar o clima?**
- **Quem controlaria o termostato?**
- **E se a Rússia quiser calor e a Índia quiser frio?**
- **Quem vai decidir?**
- **Pior problema da Geoengenharia é que não sabemos o suficiente sobre o planeta para fazermos intervenções assim sem termos consequências inesperadas.**

Mas um número crescente de especialistas vê a **Geoengenharia** como a única opção restante se o mundo for incapaz ou não estiver disposto a reduzir as emissões de carbono.

“Nós nunca aperfeiçoaremos a natureza humana, **mas podemos aperfeiçoar a tecnologia**. Temos de seguir em frente e faremos isso com invenções e inteligência. Mas poderemos contar com estratégias não testadas para nos salvar?” **Professor Richard Alley – Pennsylvania State University**



Richard Alley



Como saberemos se a Geoengenharia funcionará?

Para responder a isso o Discovery Channel começou o “**Idéias para Salvar o Planeta**”.

Um esforço inédito para identificar e testar as mais promissoras e ambiciosas estratégias e tecnologias de **Geoengenharia** nas pranchetas de hoje.

- 1. Uma manta gigante poderá salvar a calota polar?**
- 2. Poderemos bombardear as florestas e trazê-las de volta à vida?**
- 3. Um feixe de energia poderá nos livrar dos combustíveis minerais?**
- 4. Ou frotas de geradores cheios de hélio sairiam melhor?**

A situação chegou a um extremo tal que não podemos deixar de falar em **Geoengenharia**.

Precisamos saber o que pode dar errado. Não podemos ser apenas fãs dessa tecnologia.

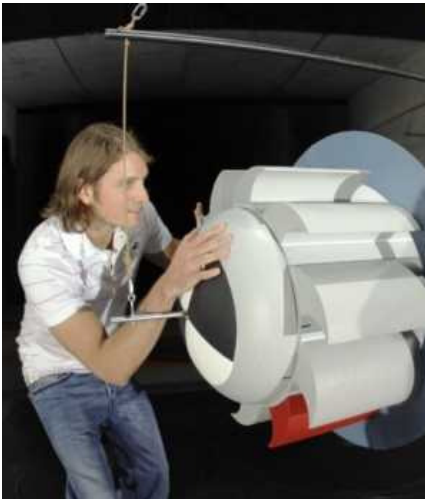
Nós também temos que pensar em todos os problemas.

“**Idéias para Salvar o Planeta**” explora os problemas e a promessa da **Geoengenharia** através de experimentos inovadores nunca tentados até agora. Para fazê-los acontecer uma equipe da **Discovery Channel** se reunirá com os cientistas para explorar a ciência, a tecnologia e a logística de cada proposta.



Projetos de Geoengenharia lembram filmes de ficção científica

Basel Singer de partículas. Jenniffer Languel é uma importante engenheira ambiental e o bilionário Kevin O'Leary é um executivo global.



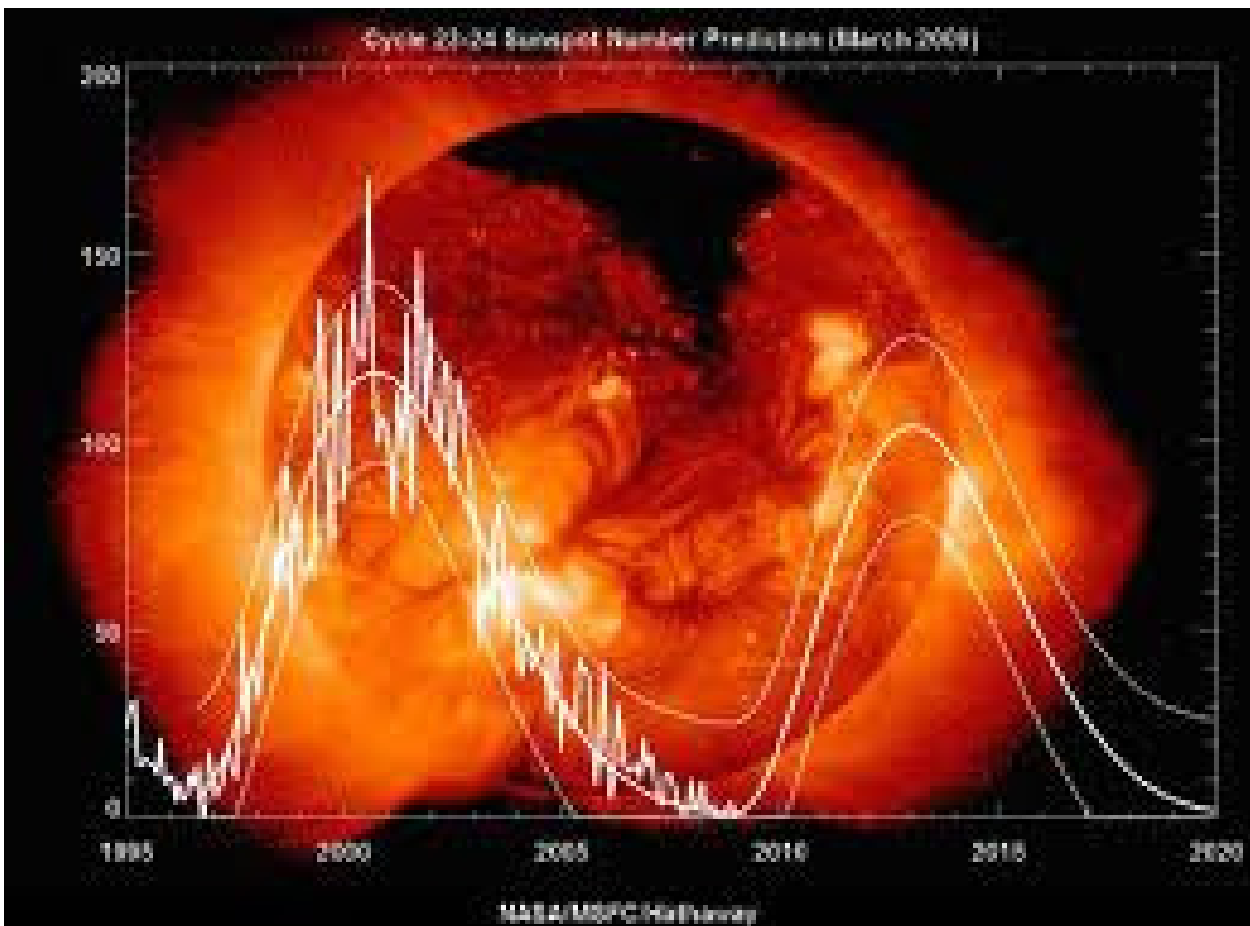
Basel Singer



Jenniffer Languel



Kevin O'Leary



Assista documentário da Discovery Chanel: Idéias para Salvar o Planeta: parte 1, 2 e 3.

http://www.outorga.com.br/Ideias_para_salvar_o_planeta_p1.wmv

http://www.outorga.com.br/Ideias_para_salvar_o_planeta_p2.wmv

http://www.outorga.com.br/Ideias_para_salvar_o_planeta_p3.wmv

Se tivermos um plano de sugar o carbono direto do ar, os oceanos farão o trabalho.

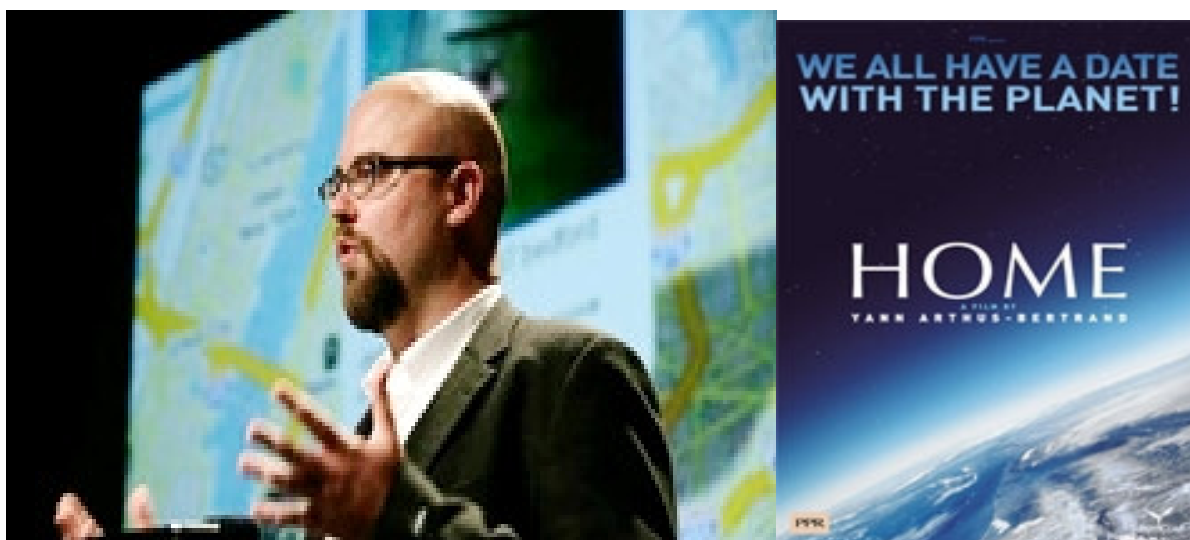
Juntos eles se reunirão com os cientistas para ajudar a realizar os testes e coletar os dados que um dia poderão transformar os conceitos da **Geoengenharia em realidade**. Preciso da sua ajuda para fazer um protótipo para provar que isto dará certo. A jornada começa com duas visões extraordinárias da **Geoengenharia**.

A missão resfriar a Terra redirecionando os raios de Sol.

Todos os projetos de **Geoengenharia** exigem uma coisa. Para as estratégias funcionarem os **geoengenheiros** têm de entender os sistemas planetários que estão tentando manipular.

“Procuramos não pensar em como somos dependentes de florestas tropicais, manguezais, tundras da região do norte. Tudo isto faz parte do sistema planetário por nos oferecer o controle das enchentes a polinização, o habitat para as espécies migratórias dos quais os outros sistemas dependem. A mudança climática está derrubando peça por peça desse sistema.”

Alex Steffen – Environmental Journalist & Executive Editor Worldchanging.



(documentário 1 hora e 33 minutos) <http://www.youtube.com/watch?v=jqxENMKaeCU>

- Nosso sistema planetário é amplo e complexo.
- Ele é feito de muitas forças naturais integradas.
- As calotas polares contêm água potável e controlam os níveis do mar.
- As correntes oceânicas regulam o clima.
- O clima ajuda as plantas a crescer e as plantas produzem oxigênio que precisamos para viver.
- A energia que impulsiona esse sistema vem do Sol.
- Agora grande parte do calor do Sol está sendo aprisionado na atmosfera por quantidades crescentes de CO₂ no ar.
- E se pudéssemos resfriar o clima customizando os refletores naturais da Terra as nuvens?

O climatologista **John Lathan** e o engenheiro **Steven Salter** acreditam que podem diminuir a temperatura da Terra fazendo as nuvens oceânicas refletirem 10% mais luz solar de volta para o espaço.



Assista vídeo 3,23 minutos – propagação do calor

http://www.youtube.com/watch?v=II7oMgZTIUM&feature=player_embedded#at=38

“Imaginamos uma frota de mais de 1.500 barcos movendo-se pelos oceanos do mundo. Eles pulverizariam partículas de água marinha sob as nuvens em questão. Uma fração dessas partículas entraria nas nuvens e haveria um aumento correspondente de refletividade”. **Professor John Lathan – National Center for Atmospheric Research**

“Lathan precisa mostra que pode fazer as partículas bem finas, colocá-las nas nuvens e que de fato aumentarão a refletividade das nuvens. É o caminho perfeito para uma experiência.” Robert Kunzig Co-author Fixing Climate.

Não é muito para neutralizar, diz Lathan, talvez 10% na refletividade das nuvens.

Gostei muito da idéia. É tão simples. A **equipe da Discovery** investiga a física das micro partículas que mantêm as nuvens juntas e auxilia no projeto **de uma frota de naves-robôs que um dia poderiam deixar as nuvens mais brilhantes**.

A propulsão vem dos rotores achatados. Quando os rotores começarem a girar poderão abalar o barco. Se pudermos desenvolver a tecnologia certa a Geoengenharia poderia baixar a temperatura de todo o planeta? A ciência pode salvar a humanidade modernizando a natureza?

Mas queremos realmente alterar a vasta cobertura de nuvens sobre os nossos oceanos em escala global?

“As nuvens são pouco conhecidas do sistema climático. A idéia de que pode haver manipulação intencional em um sistema tão pouco conhecido é um fato que me deixa bastante cético.

Refletir mais sol poderia provocar secas numa parte do planeta e furacões na outra? Queremos correr esse risco?” **Professor Dale Jamieson – New York University**.

Não se está apenas bloqueando o Sol que esfria o clima, mas também o Sol que faz crescer coisas. E a mudança de temperatura entre onde esta a nuvem e onde não está.

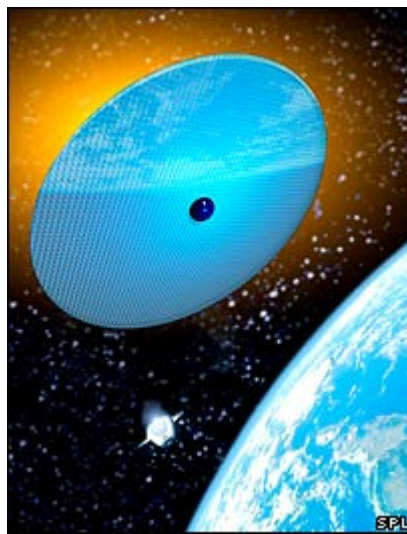
O máximo que poderia acontecer de drástico, seria a chuva parar de cair no continente da África. **Professor Richard Alley – Pennsylvania State University.**

Quando se começa a controlar o clima ele controla o tempo que controla nossas vidas. Mas **Salter, Lather** e outros acreditam que o projeto é seguro desde que seja feito em estágios.

“Se estivermos errados poderemos parar na mesma hora, e tudo voltara a ser o que era antes em alguns dias. É totalmente reversível. Ter um veleiro não tripulado bombeando névoa no ar parece ser uma forma benigna de **Geoengenharia.**” diz **Stephen Salther professor Emetitus – University Endinburg.**

É uma idéia que vale a pena testar. E se conseguíssemos diminuir o calor do Sol sem interferir na cobertura das nuvens? E se lançássemos uma grande nuvem no espaço em vez disso?

Um espelho gigante vaga lentamente pelo espaço entre a superfície da Terra e o Sol, interceptando os raios solares antes de atingirem a Terra e refletindo-os para longe com segurança.



O espelho, feito de milhões de chips de silício, situa-se em um ponto do espaço onde a gravidade da Terra e do Sol se cancelam. Com o tempo, a vasta estrutura, construída trabalhosamente por anos por espaçonaves, vaga naturalmente para longe de seu ponto de partida, mas sistemas complexos a bordo a fazem voltar gradualmente para onde exerça seu papel vital de nos manter seguros.

Esse espelho espacial, até agora, é ficção científica. Tal estrutura teria custado centenas de bilhões de dólares, se fosse tecnicamente possível.

Contudo, muitos cientistas dizem que logo precisaremos começar a construir espelhos espaciais, criar nuvens artificiais ou alterar a química do oceano para impedir os piores efeitos do aquecimento global.

A mudança climática está ocorrendo mais rapidamente do que previsto, e os riscos estão crescendo diariamente. Muitos cientistas acreditam que alterar os sistemas da Terra para ajudar a esfriar o planeta em breve talvez seja a única opção, **enquanto nosso apetite desenfreado por combustíveis fósseis superam nossas boas intenções em deter as emissões.**

“As chances de reduzir as emissões de forma suficientemente rápida agora são muito baixas. Esta é uma ótima razão para procurar alternativas. É uma política de segurança”, disse **Stephen Salter, professor de engenharia da Universidade de Edimburgo.**

A ciência que altera os sistemas naturais do mundo é chamada de Geoengenharia, uma área que já foi marginal na pesquisa científica e rapidamente está se tornando central, atraindo séria atenção da academia e dos governos.

John Holdren, principal assessor científico do presidente dos EUA, **Barack Obama**, disse em público há poucas semanas:

“Tem que ser pensado... não temos o luxo de eliminar qualquer abordagem”.



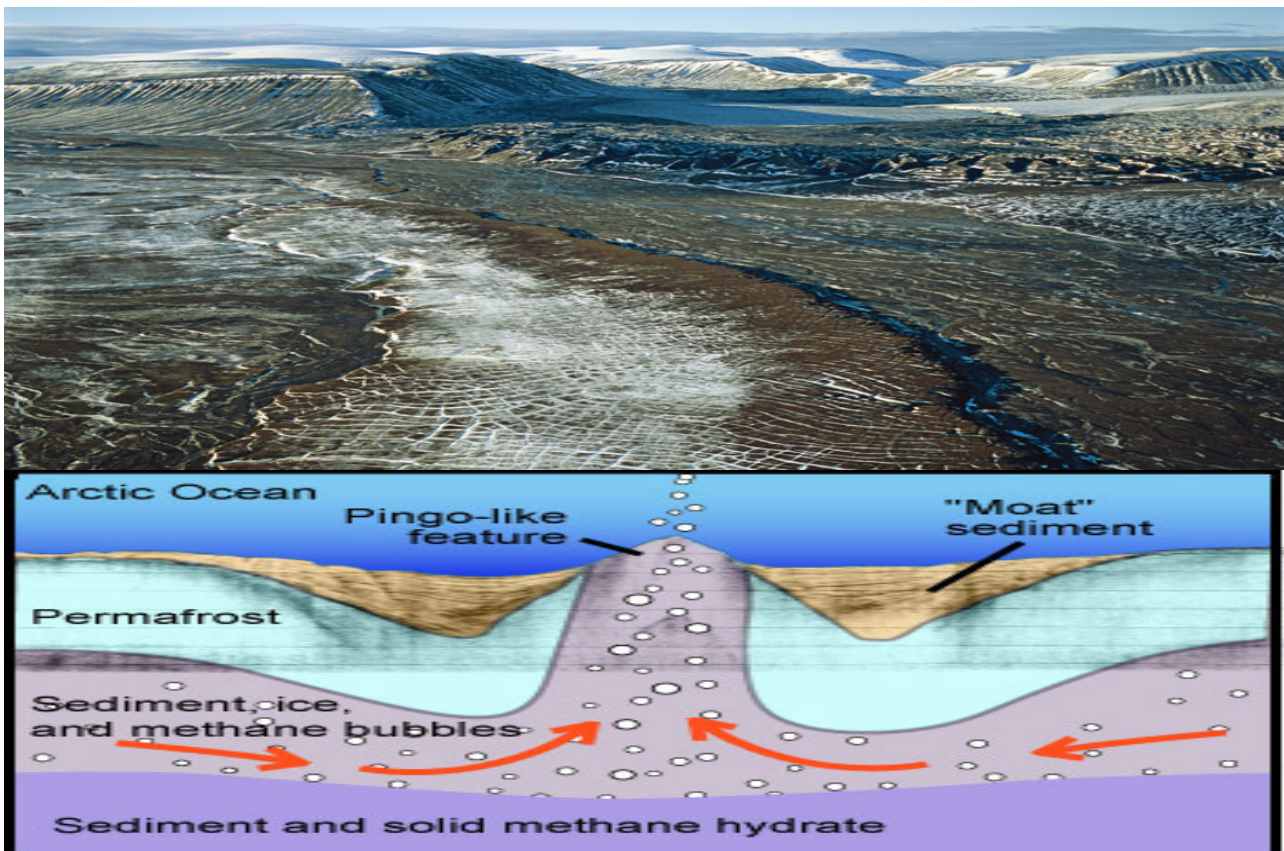
John Holdren

Barack Obama

O debate foi intensificado por uma série de estudos publicados na revista “Nature”.

Eles concluíram que o mundo tinha poucas chances de deter os aumentos de temperatura em 2°C - nível amplamente reconhecido pelos cientistas como limite de segurança, para além do qual a mudança climática se torna irreversível e potencialmente catastrófica.

*Tal nível de aquecimento arrisca levar ao derretimento, por exemplo, da camada de gelo permanente da Sibéria, **liberando quantidades enormes de metano**, causando um aquecimento ainda mais forte e rápido.*



*A **permafrost** protege uma camada de gases e minerais de entrarem em contato com a superfície e quando derretida, além de se tornar uma área pantanosa e digamos “podre”, libera o acesso destes elementos, principalmente o perigoso gás **metano**, que além de tóxico e altamente explosivo, prejudica diretamente a questão da camada de ozônio causando a **piora do aquecimento Global**.*

A maior parte das sugestões de **Geoengenharia** recai em uma de **três categorias**.

As mais absurdas propõem bloquear os raios solares usando meios mecânicos - um espelho ou um anteparo como um guarda-sol, por exemplo. Esses seriam enormemente caros, se possíveis.

Algumas das propostas mais promissoras envolvem formas de aumentar a capacidade da Terra de refletir os raios solares de volta para o espaço.

Partículas de enxofre lançadas na estratosfera poderiam refletir suficiente luz para fazer uma diferença mensurável. Há um problema: o enxofre provoca chuva ácida.

Os proponentes desse método salientam que muito menos enxofre seria necessário do que aquele que chove das sujas usinas de energia, mas ainda assim haverá objeções.

Um método mais barato e menos controverso seria borrifar a água do mar a partir de navios. Isso criaria nuvens de gotículas minúsculas, que refletiriam mais a luz.

Salter diz que uma desvantagem seria que, além de refletir a luz do sol, as nuvens segurariam o calor infravermelho na Terra.

Entretanto, o professor diz que a vantagem seria enorme - cada gotícula refletiria 20 bilhões de vezes a quantidade de energia usada para criá-la. Ele estima que uma frota de cerca de **500 navios seria necessária, ao custo de 1 milhão de libras (cerca de R\$ 3 milhões) cada**.

Os pesquisadores também estão explorando a **remoção do carbono da atmosfera**. Uma forma é **fertilizar os oceanos com ferro, para que o plâncton cresça e absorva o carbono**.

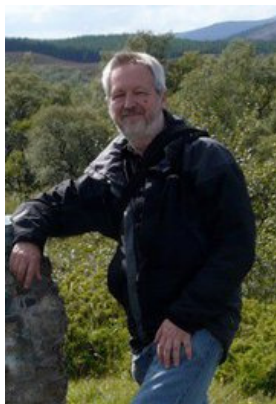
Menos realista são enormes “**varredores**” de ar -velas cobertas de substâncias químicas que reagem com o CO₂. Dois problemas que não foram resolvidos neste método são o conhecimento da absorção química e a quantidade de energia enorme que seria necessária para impulsionar vastos volumes de ar.

O uso da **Geoengenharia** não eliminaria a necessidade de **profundos cortes de emissões, advertiu Salter**:

“**Ninguém na Geoengenharia defende isso. Achamos muito importante reduzir as emissões**”.

Os dois devem ser perseguidos ao mesmo tempo, ou as emissões crescentes anulariam os benefícios dos projetos de alteração da Terra.

Tim Lenton, professor de ciência do sistema da Terra da Universidade de East Anglia, que conduziu uma análise dos métodos de Geoengenharia, disse que os cientistas devem tomar cuidado com “alterações em um sistema que não se compreende plenamente”.



Tim Lenton

Por exemplo, disse ele, os estudos mostraram que **colocar aerossóis de enxofre na atmosfera levaria a um ressecamento em regiões vulneráveis como Sahel e a Índia**.

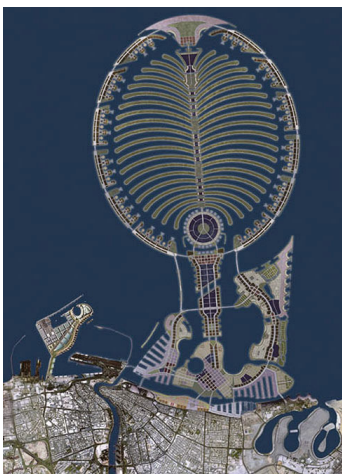
Fonte: Financial Times

Mega-projetos de restauração de praias, ou de grandes aterros hidráulicos como os de Dubai. Ou até mesmo países como a Holanda, que praticamente foram conquistados ao mar (7.000 km², ou 1/5 do país resultam de intervenções de engenharia).

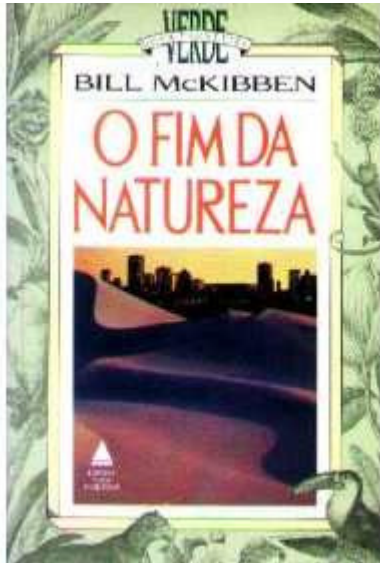


Ilhas artificiais em Dubai

Fonte: <http://tech.groups.yahoo.com/group/TheCivilEngineer/message/9253>



Bill McKibben no seu famoso livro "End of Nature" já observava:



Bill McKibben

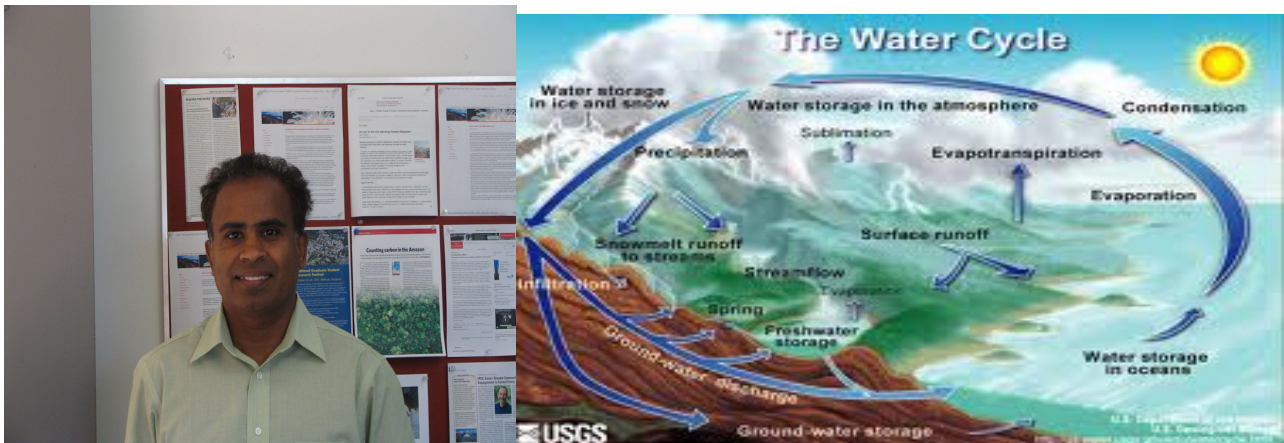
"Nós vivíamos em um mundo que achávamos feito para nós, porém agora nós é que construímos aquele mundo". As escrituras estavam certas. Cumprimos as ordens divinas, enchemos o planeta e o sujeitamos.



"E disse Deus: Façamos o homem à nossa imagem, conforme a nossa semelhança; domine ele sobre os peixes do mar, sobre as aves do céu, sobre os animais domésticos, e sobre toda a terra, e sobre todo réptil que se arrasta sobre a terra. Criou, pois, Deus o homem à sua imagem; à imagem de Deus o criou; homem e mulher os criou. Então Deus os abençoou e lhes disse: Frutificai e multiplicai-vos; enchei a terra e sujeitai-a; dominai sobre os peixes do mar, sobre as aves do céu e sobre todos os animais que se arrastam sobre a terra".

À medida que aumentam as emissões causadas pela queima de combustíveis fósseis, a redução da luz solar que atinge a Terra poderia de fato ter um efeito de resfriamento sobre as temperaturas na superfície.

Estudo feito no **Laboratório Nacional Lawrence Livermore, nos Estados Unidos**, liderado pelo cientista **Govindasamy Bala**, mostra que essa manipulação intencional da radiação solar também poderá levar a um **ciclo global da água menos intenso**.

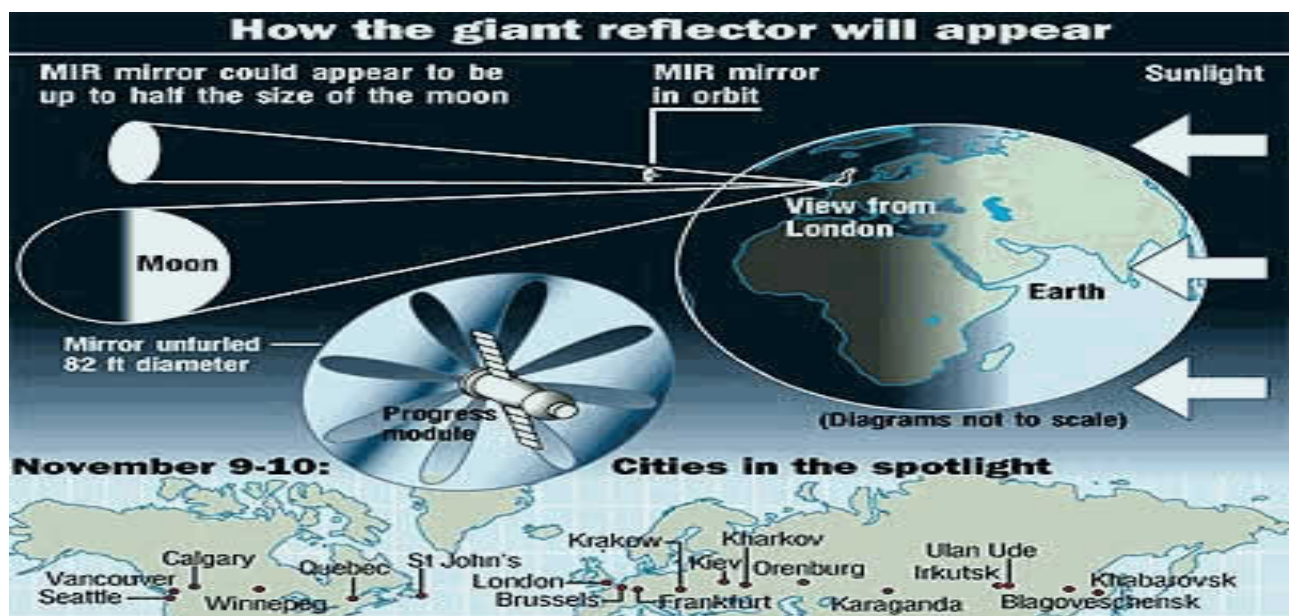


Govindasamy Bala - Professor, Center for Atmospheric and Oceanic Sciences, Indian

Diminuir as temperaturas por meio da "Geoengenharia" também poderá significar menos **chuvas**. A redução na luz solar pode ser alcançada através de métodos de Geoengenharia.

Dois principais projetos de Geoengenharia:

- 1) O projeto chamado "sombra solar, que poderia suavizar as alterações no clima por meio da manipulação intencional da incidência da radiação solar sobre a superfície da Terra;

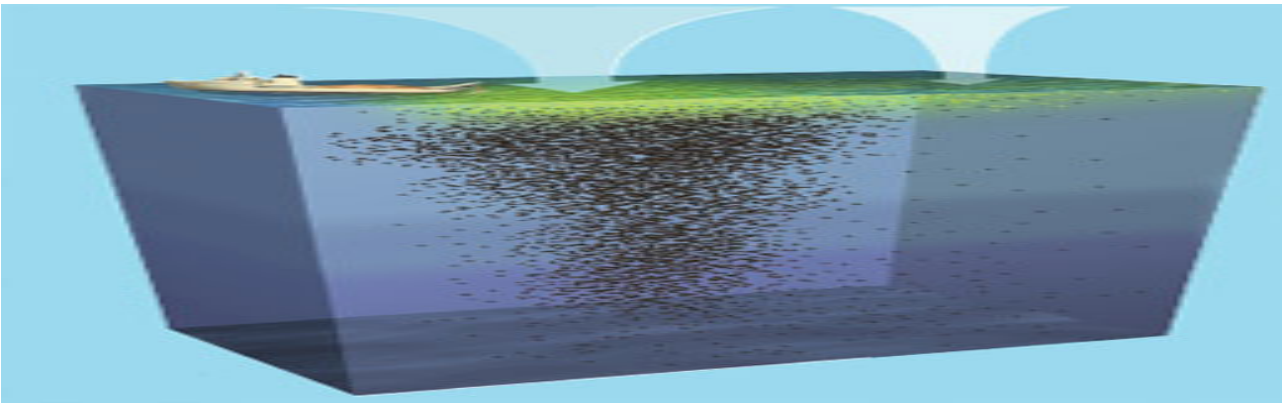


Refletor Gigante

2) A remoção do CO₂ atmosférico e seu seqüestro:



a) vegetações terrestres (fotossíntese - síntese de moléculas orgânicas a partir do dióxido de carbono atmosférico e da água, utilizando a luz como fonte de energia)



* b) oceanos - aumentando o crescimento do plâncton, espalhando um micronutriente rico em ferro em regiões do oceano onde esse mineral seja escasso. O crescimento do plâncton certamente absorveria dióxido de carbono do ar.



c) O CO₂ “sequestrado” é bombeado para reservatórios através de poços tubulares profundos

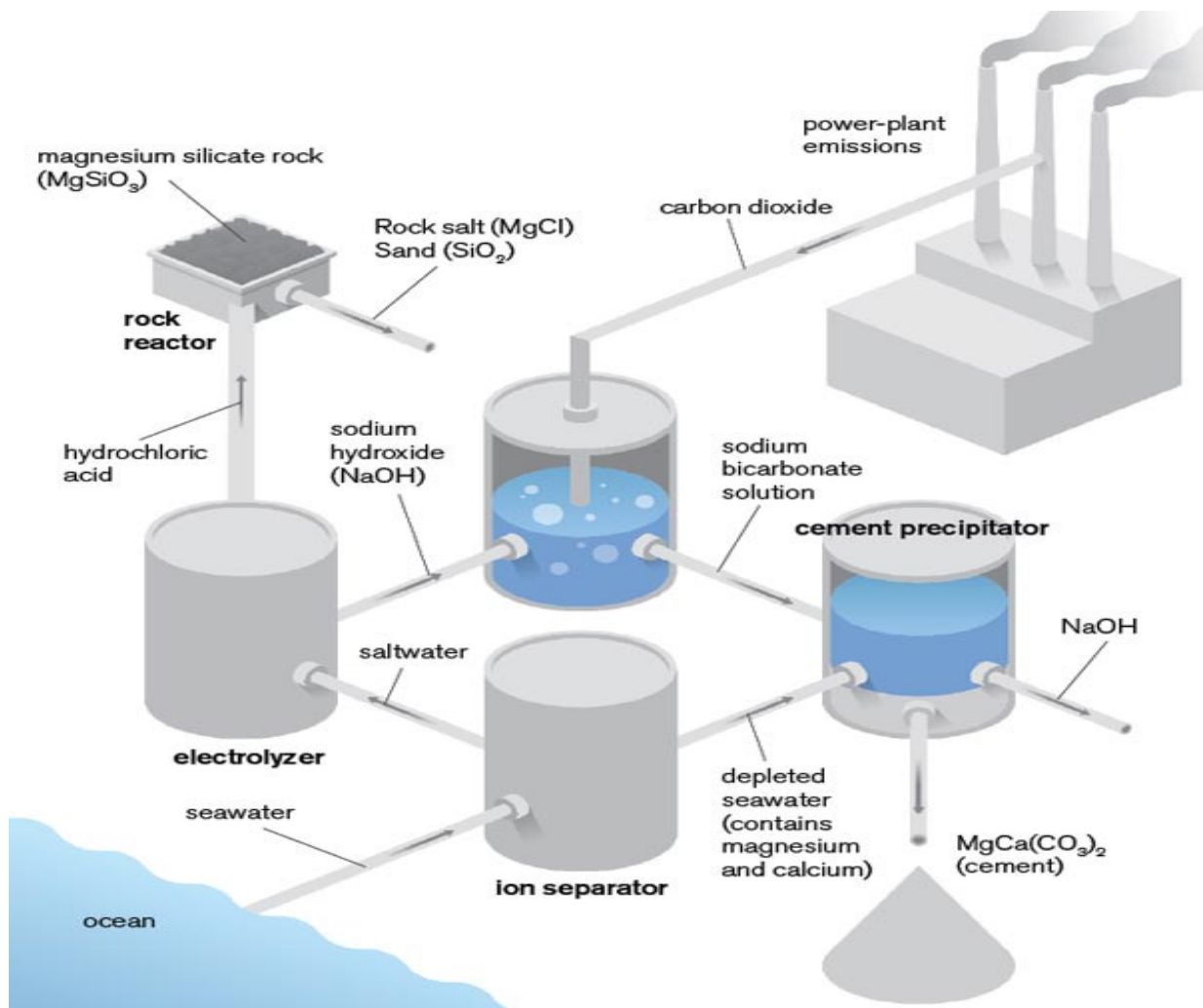
*** Oceanos - aumentando o crescimento do plâncton,**

O que não está claro, depois de uma dezena de testes de campo de **fertilização por ferro**, é exatamente quanto carbono capturado por matéria orgânica poderia afundar o suficiente para se afastar da atmosfera, ou quais seriam os efeitos colaterais dessa manipulação direta de ecossistemas marinhos.

Uma forma, sugerida mais recentemente pelo aluno de pós-graduação **Kurt Zenz House** e seus colegas da **Harvard University**, é tornar a água do mar mais alcalina.



Kurt Zenz House



A proposta de **House** é salpicar sal marinho ou cloreto de sódio e permitir que ele reaja com a água do mar para criar hidróxido de sódio e ácido hidroclorídrico. O ácido poderia então ser recolhido em terra e o hidróxido de sódio permaneceria no oceano.

Isso permitiria que mais CO_2 ficasse dissolvido na água – sem acidificar ainda mais o oceano. Finalmente, considera **House**, o carbono terminaria na forma de carbonato de cálcio no leito do mar.

Mas construir usinas de tratamento da água do mar seria extremamente caro – seriam necessárias 100 usinas grandes para absorver alguns décimos do CO_2 que as pessoas lançam na atmosfera todos os anos.

Talvez a alternativa desbravadora proposta por **Klaus S. Lackner, da Columbia University, e por David W. Keith, da University of Calgary, em Alberta, no Canadá,** seja a de construir depuradores que possam capturar CO_2 do ar ambiente.



Klaus S. Lackner



David W. Keith

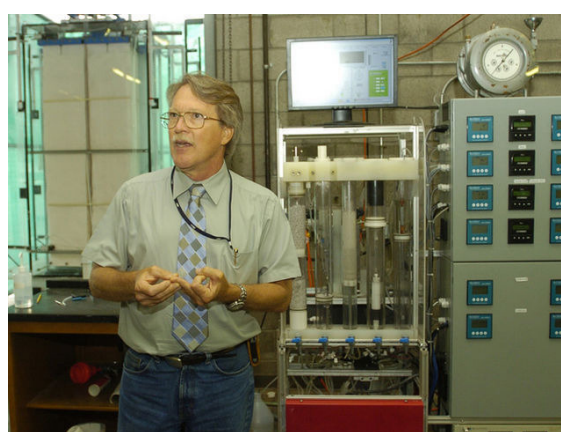


Captador de CO_2 do ar

Lackner e seu colega, **Allen B. Wright, do Global Research Technologies (GRT), em Tucson, Arizona,** desenvolveram um plástico patenteado que seqüestra CO_2 da atmosfera como um papel pega mosca.



Klaus S. Lackner



Allen B. Wright

Quando o plástico enriquecido com CO_2 é umedecido com vapor de água, um fluxo de CO_2 puro é criado e pode ser seqüestrado no subsolo – ou, um dia talvez, até possa ser reconvertido em combustíveis de hidrocarbonetos.

O custo do projeto também é alto, mas a idéia de **Lackner** pode ser iniciada em pequena escala: a GRT espera vender as primeiras unidades dentro de dois anos, para estufas particulares que usam CO_2 para enriquecer a atmosfera do ambiente onde suas plantas são cultivadas.

Por **Robert Kunzig.**

EQUIPAMENTO PARA CAPTURA DE CO₂

O pesquisador **Frank Zeman**, da **Universidade de Columbia**, nos **Estados Unidos**, propôs a construção de um **equipamento capaz de capturar o CO₂ diretamente da atmosfera**.

Ele poderia ser instalado em áreas de grande concentração de veículos ou em áreas industriais, processando o ar ambiente e preparando o dióxido de carbono para armazenamento.



Frank Zeman

equipamento captura o CO₂ diretamente da atmosfera

O maior desafio para a tecnologia de captura estacionária de CO₂ é a baixa concentração do gás na atmosfera – 1 tonelada de CO₂ capturado exigirá o processamento de 3 milhões de metros cúbicos de ar.

Correntes atmosféricas naturais - Desta forma, o custo da captura torna-se altamente dependente da energia necessária para movimentar o ar.

O custo que pode ser totalmente eliminado, segundo o pesquisador, se o equipamento for instalado de forma a aproveitar as **correntes naturais de vento**.

O processo de funcionamento do equipamento é semelhante ao das demais técnicas de captura de CO₂. O gás é absorvido por uma solução de hidróxido de sódio, resultando em um carbonato, que tem os íons de sódio substituídos por íons de cálcio.

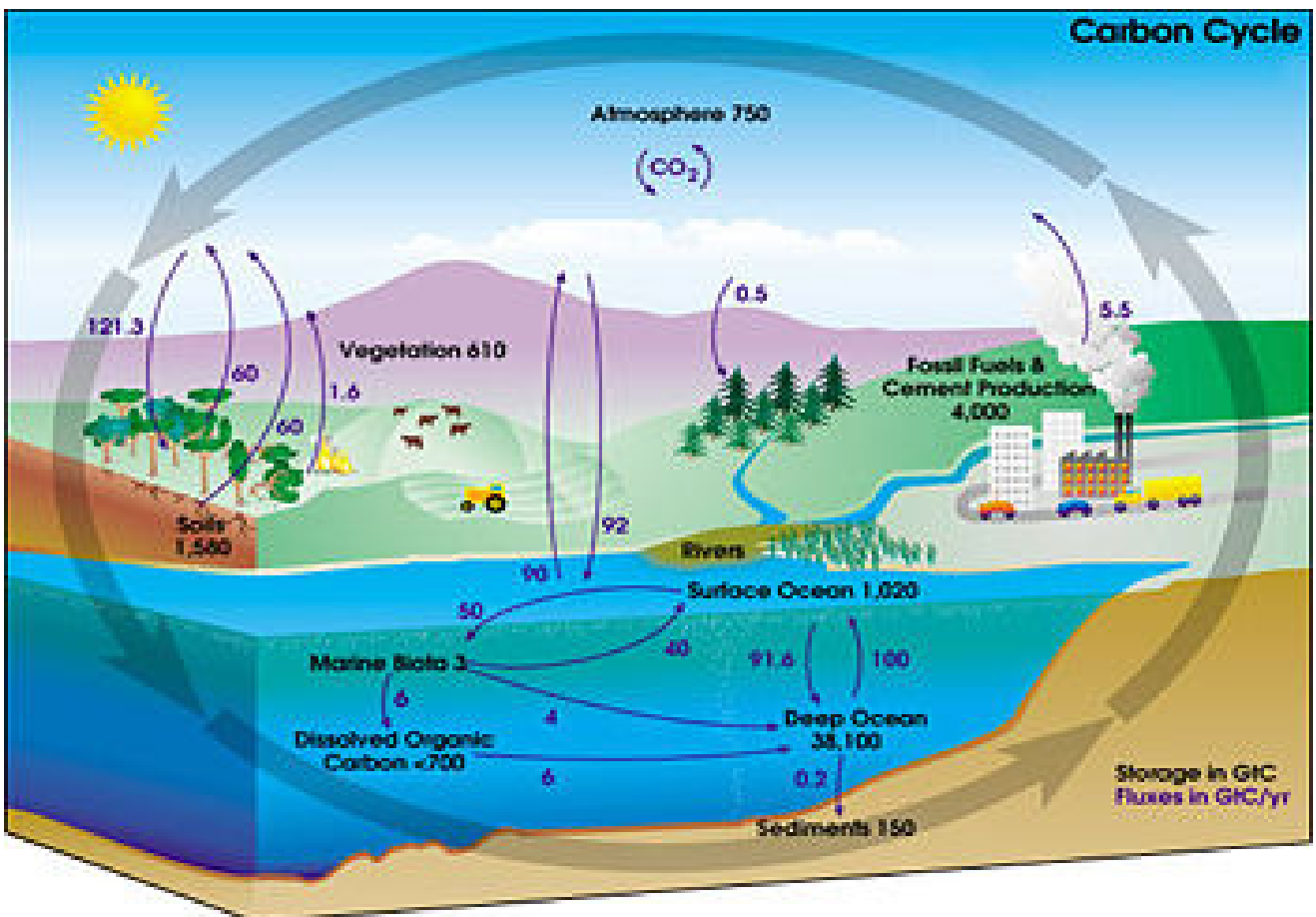
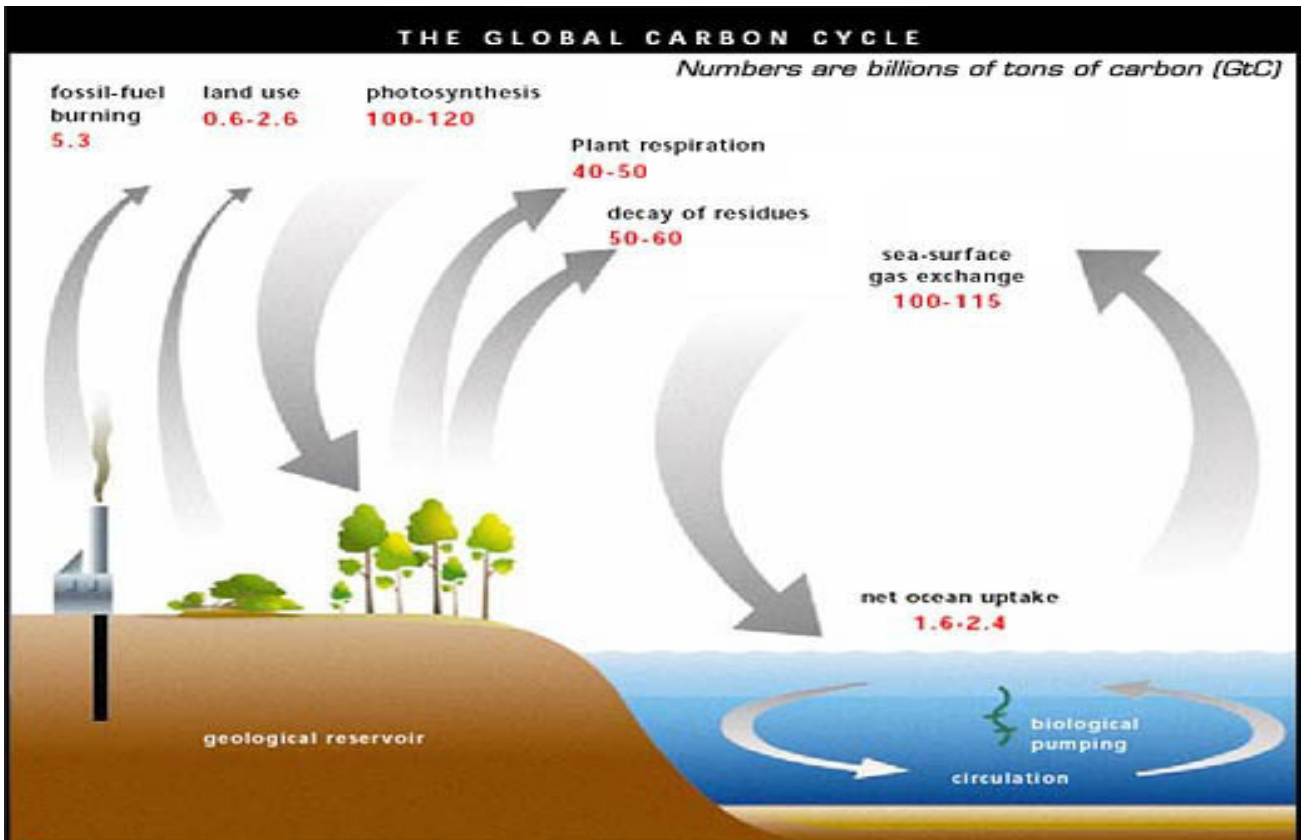
O CO₂ é liberado do carbonato de cálcio por calcinação termal em um forno modificado especialmente para a tarefa.

O CO₂ é então armazenado em cilindros a uma pressão de 80 bar.

A energia consumida no processo é calculada em 350 kJ/mol de CO₂ capturado, sem contar o gasto para pressurização do gás e a eventual necessidade de movimentação do ar ambiente.

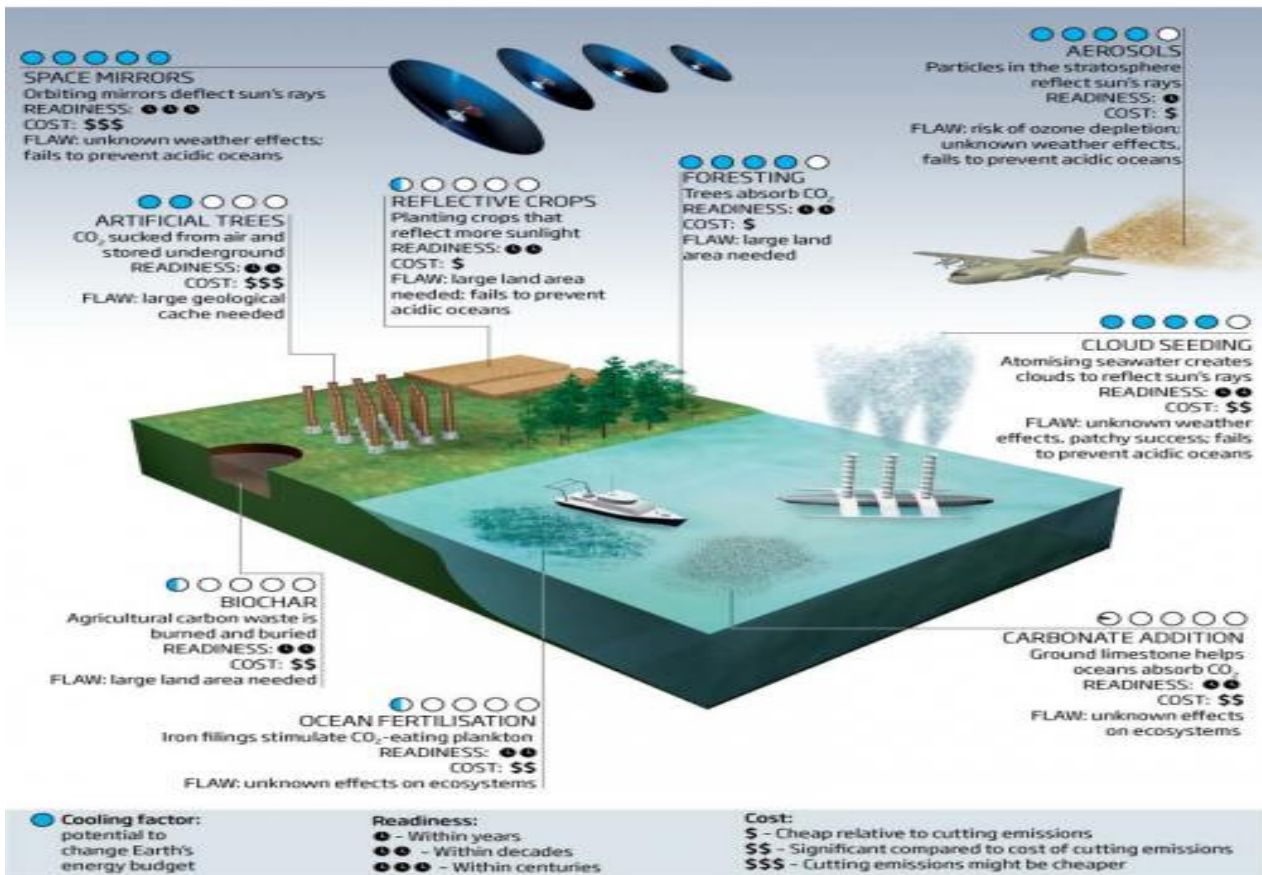
Bibliografia: Energy and Material Balance of CO₂ Capture from Ambient Air
Frank Zeman - Environmental Science & Technology

O CICLO GLOBAL DO CARBONO

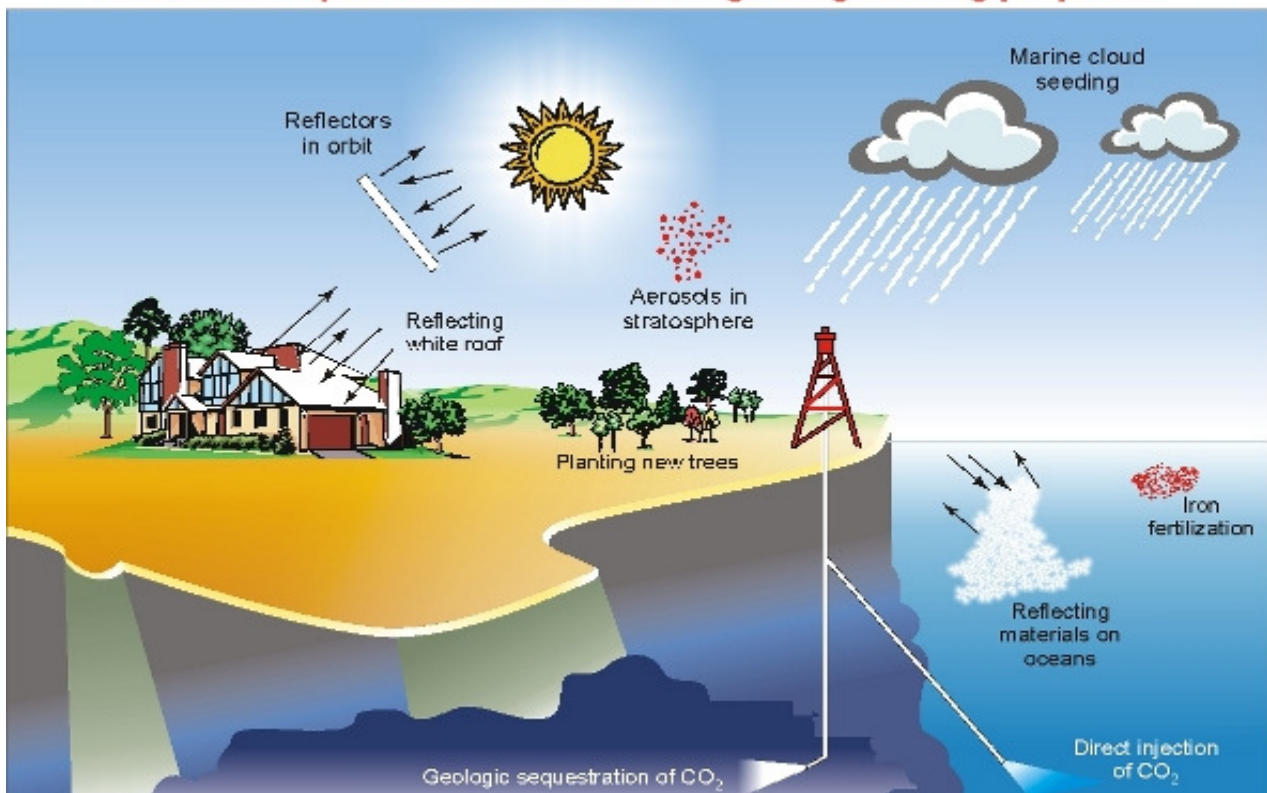


Geoengineering – Resumo

Geoengineering weighed up



Schematic representation of various geoengineering proposals



Propostas da Geoengenharia variam muito dependendo da ideologia que está por trás delas.

Em um extremo temos a linha desenvolvimentista que não quer mudar hábitos, não quer reduzir consumo e sonha com intervenções drásticas em escala planetária.

Por outro lado, propostas menos agressivas que vão pelo caminho do combate às causas do problema, da redução do consumo e do respeito à complexidade do nosso sistema ambiental.

A solução para o aquecimento global com menor impacto e menor custo: impedir o desmatamento e fazer o reflorestamento em áreas degradadas.

Árvores sequestram carbono da atmosfera; podem ser manejadas para fornecer matérias primas para a indústria; detêm a erosão do solo; protegem encostas e as margens dos rios.

Melhor ainda se o reflorestamento for feito com espécies nativas para a recuperação de ecossistemas degradados. O reflorestamento não vai competir com a agropecuária se investirmos em tecnologia para melhorar a produtividade da lavoura.

A agricultura pode também contribuir no combate ao aquecimento global. O plantio direto pode funcionar como parte de um mecanismo de sequestro de carbono e, da mesma forma, o tratamento do solo com carvão vegetal.

As propostas da Geoengenharia precisam ser assimiladas com senso crítico porque a tecnologia não é neutra e a mãe terra reage segundo suas leis.

“Fala-se tanto da necessidade de deixar um planeta melhor para os nossos filhos e, esquece-se da urgência de deixarmos filhos melhores para o nosso planeta.” Ad.

**“O laço essencial que nos une é que todos habitamos este pequeno planeta. Todos respiramos o mesmo ar. Todos nos preocupamos com o futuro dos nossos filhos. E todos somos mortais.”
John Kennedy**

“Os homens de teu planeta cultivam cinco mil rosas num mesmo jardim... e não encontram o que procuram...” Antoine de Saint-Exupéry

“O maior desafio tanto no nosso século quanto nos próximos é salvar o planeta da destruição. Isso vai exigir uma mudança nos próprios fundamentos da civilização moderna – o relacionamento dos seres humanos com a natureza.” Mikhail Gorbachev



LET'S SAVE THE EARTH por LAZZO MATUMBI

(Vamos salvar o Planeta)

Veja clipe: http://www.youtube.com/watch?v=FkjX_dXjTDQ

DON'T YOU SEE THAT SHE IS DYING,

(Você não percebe que está morrendo?)

IT IS UP TO YOU NOW, MAN,

(Só depende de você agora, companheiro)

TO STOP HER LONELY CRYING.

(Parar seu choro solitário)

NO MATTER HOW YOU FEEL,

(Não importa como você se sinte)

WONDER IF YOU EVER BE,

(Imagine se você sempre será)

IT'S TIME TO CHANGE YOUR MIND

(É chegado momento de mudar sua mente)

AND MAKE A NEW DECISION...

(E tomar uma nova decisão)

SAVE THE LAKES, RIVERS, FOUNTAINS,

(Salve os lagos, rios, fontes)

KEEP THE RAIN FORESTS OF GAIA,

(Conserve as florestas de chuva de Gaia)

GIVE HER CARE, LOVE, EVERYTHING,

(Dê-lhe cuidados, amor, tudo)

WE ARE ONE MY FRIEND RIGHT NOW.

(Nós somos UM, meu amigo, agora)

SITUATION IS SO CRITICAL

(A situação está tão crítica)

SHE IS SUCH A FRAGILE BABY

(Ela é um ser tão frágil)

LET LIVE ALL BEINGS, EVERYWHERE,
(Deixe que todos os seres vivam, em toda a parte)

LET'S THINK ABOUT THE FUTURE.

(Vamos pensar no futuro)

IT IS ALL THE SAME VIBRATION,

(Tudo tem a mesma vibração)

IN NATURE, SOUND, INSIDE YOU,

(Na natureza, um som, dentro de você)

INTERDEPENDENT SOULS

(Almas interdependentes)

BOOTSTRAPPED IN THE UNIVERSE.

(Interligadas no universo)

TOGETHER WE CAN CHANGE MANKIND

(Juntos podemos mudar a humanidade)

FOLLOW OUR MIND...

(Siga nossa maneira de pensar)

DO IT NOW...DO IT NOW

(Faça isso, AGORA!)

LET'S SAVE THE EARTH



Veja o clipe: <http://orquestrando.blogspot.com/2010/10/lets-save-earth.html>

Uma sonata de Beethoven escrita há mais de 200 anos pode ter algum significado na atualidade?

Além de músicos e apreciadores, a WildAid, uma organização norte-americana sem fins lucrativos, acredita que sim.

Ela encontrou uma fórmula inovadora para enviar uma mensagem para a humanidade sobre a situação física do planeta: um jovem pianista de música clássica, uma das mais sentimentais obras pianísticas e imagens que apresentam duas realidades distintas.

O pianista **chinês Lang Lang interpreta a Sonata nº 23 do compositor alemão**, também conhecida como "**Appassionata**", e, em dois movimentos distintos da obra, vê sua performance mesclada com cenas do mundo que ainda temos em contraste com aquele que estamos destruindo.

As imagens apelam para a condição do planeta e ao próprio papel do homem nesse processo, e trazem uma leitura nova e atual do trabalho de Beethoven (1770-1827), considerado um dos mais importantes nomes da história da música.

A mensagem deixada por Lang Lang é um convite para evitar a destruição daquilo que ainda resta.

"Nosso planeta está nos enviando uma mensagem. Você está ouvindo? Vamos trabalhar juntos para salvar a Terra."

Luiz Antonio Batista da Rocha - Eng. Civil

Consultor em Recursos Hídricos – Auditor Ambiental

rocha@outorga.com.br – www.outorga.com.br