

Planos Operacionais de Curto Prazo da Climos

Quais serão as atividades da Climos nos próximos 12 a 24 meses?

Maio de 2008

Histórico

A Climos pretende executar um programa de demonstração da Fertilização dos Oceanos com Ferro (OIF). Entendemos e agradecemos o interesse de cientistas, reguladores e pessoas envolvidas nessas atividades. Muitos aspectos do nosso planejamento dependem de desenvolvimentos no contexto regulador marinho, de financiamento e diversos fatores de logística e programação. Sendo assim, a apresentação geral a seguir é ilustrativa e os detalhes podem mudar com o tempo. No entanto, para fornecer informações e o histórico dos inúmeros aspectos envolvidos nesta demonstração, estamos disponibilizando este documento. Agradecemos todos os comentários ou sugestões relativos a este documento e seus conteúdos, já que os nossos progressos até o momento foram resultados de incontáveis sugestões e opiniões recebidas de colegas e outros colaboradores. Além disso, embora tenhamos descrito esses elementos em série, devemos esclarecer que, por questões práticas, muitos deles estão sendo implementados em paralelo.

Em outros documentos apresentados à Convenção de Londres/Protocolo de Londres SG, destacamos que os últimos 15 anos representam um período de pesquisa científica básica importante que utilizou a Fertilização dos Oceanos por Ferro como ferramenta para estudar o papel do ferro na produtividade dos oceanos e alguns aspectos do desenvolvimento biológico de proliferações e interações com partes da cadeia alimentar. Essas experiências notáveis trouxeram inúmeras novas informações sobre a produtividade dos oceanos, mas não foram projetadas para responder a questões relacionadas à troca de CO₂ e outros gases biogênicos entre ar/mar, e para uma variedade de perguntas sobre o impacto da Fertilização dos Oceanos com Ferro em grande escala. Como as experiências tiveram grande êxito em estimular as proliferações e como a fertilização com ferro natural (ex. Plateau Kerguelen) e alguns experimentos de maior porte (ex. EIFEX) sugerem que as proliferações estimuladas por ferro poderiam seqüestrar quantidades substanciais de carbono, ainda resta determinar o potencial das proliferações estimuladas por OIF de maior escala como mecanismo para redução de CO₂.

A capacidade potencial de seqüestro da OIF e o impacto da sua aplicação em maior escala constituem questões diferentes para serem elucidadas através de pesquisas e estão intimamente relacionadas a possíveis oportunidades comerciais da redução de carbono. Sabemos que essas perguntas não podem ser respondidas com um único grande experimento. Em vez disso, vemos esse experimento como parte de uma nova fase de pesquisa centrada na eficácia e no impacto de experimentos de médio porte (~200 x 200 km). O programa de demonstração que estamos planejando terá como foco a pesquisa relacionada à exportação e ao seqüestro como impacto ambiental. Somente de posse dessas informações cientistas, reguladores e o setor privado poderão concluir se as implantações em maior escala da OIF para mitigar o CO₂ poderiam ser bem-sucedidas e também a natureza de seus impactos. Se não puder ser demonstrado nesta escala moderada que a OIF seqüestra carbono e faz isso com impactos irrelevantes ou aceitáveis no ecossistema, ela não poderá ser realizada em grandes escalas.

Autorizações

A Climos assumiu o compromisso de obter uma autorização de um país signatário da Convenção de Londres - Organização Marítima Internacional sobre Despejos nos Oceanos (IMO LC) antes de qualquer experimento de demonstração real. Se não conseguirmos obter isso, não avançaremos. Por esse motivo, nosso foco de curto prazo tem sido conquistar o envolvimento e a participação necessários para comunicar o que acreditamos ser uma razão lógica para a realização de mais demonstrações científicas com financiamento privado. Nossas atividades incluem:

- A formação de um Comitê de Consultoria Científica (SAB);
- Proposta de elementos de um “Código de Conduta” no ano passado para estabelecer vários dos requisitos que nós estabelecemos;
- Uma apresentação para os delegados da Convenção de Londres em novembro de 2007;
- O desenvolvimento de uma metodologia de sistema preliminar para quantificar a exportação e a permanência do carbono. Isso estará em desenvolvimento durante o curso do próximo ano;
- O anúncio da contratação da Tetra Tech para elaborar um modelo conceitual detalhado e um relatório ambiental mestre da OIF que servirá de base para uma avaliação abrangente do impacto ambiental;
- Preparação de material detalhado com antecedência da reunião Interseccional do Grupo Científico da Convenção de Londres, realizada em Guayaquil (incluindo respostas à análise canadense e à crítica do Greenpeace sobre a OIF; além de outras notas relacionadas à condição jurídica da OIF em virtude da LC e os fundamentos para análise da comercialização).

Após a conclusão do modelo conceitual e do relatório ambiental mestre da Tetra Tech, pretendemos explorar a possibilidade de obter uma autorização para um cruzeiro de demonstração em um país signatário da CL favorável, que seja operacionalmente prático com base em uma localização de projeto escolhida por nós.

Seleção do local

O paradigma inicial da fertilização com ferro que nós escolhemos é a fertilização de uma zona HNLC, que é uma zona com alta concentração de nutrientes e baixa concentração de clorofila. As zonas HNLC foram o foco principal para onze dos últimos doze experimentos de pesquisa da OIF. Embora outros paradigmas (como a fertilização para estimular a fixação de nitrogênio) tenham sido discutidos e debatidos e possam existir argumentos válidos para explorar esses paradigmas, a nossa primeira demonstração tem como objetivo ser uma OIF em uma zona HNLC.

Esta opção limita as possibilidades de escolha de local para o projeto. Embora o Pacífico Equatorial seja uma região HNLC, nós optamos por não considerá-la no nosso primeiro experimento devido ao potencial para geração de N₂O e porque os modelos sugerem que um certo nível de esgotamento de determinados nutrientes poderia ser problemático nesta região. Isso nos levou a focar no norte do Pacífico ou no Oceano Antártico. Experiências de OIF bem-sucedidas já foram realizadas nas duas áreas. Nós limitaremos ainda

mais nossas escolhas de lugar a áreas localizadas ao norte da latitude indicada pelo Tratado da Antártica de forma que o nosso trabalho não afete a Antártica. A principal limitação na escolha entre o norte do Pacífico e o Oceano Antártico é a sazonalidade. O fitoplâncton precisa de determinadas quantidades mínimas de luz do sol para crescer e também de níveis adequados de nutrientes e isso naturalmente limita sua simulação intencional de crescimento para a temporada de verão.

A segunda limitação na seleção do local é a distância da costa. A OIF, em geral, não é eficaz próxima da costa porque o ferro é fornecido por escoamento fluvial e/ou ressuspensão de sedimentos da plataforma continental. Por outro lado, para que o carbono seja seqüestrado com permanência suficiente, a água deverá ser profunda o bastante para que o carbono exportado não tenha nenhum contato com a atmosfera por um período mínimo de 100 anos. Como queremos ser conservadores em relação à estimativa de permanência, só consideraremos para o projeto zonas de águas profundas (pelo menos, 200 metros de profundidade e provavelmente com ~4000 metros de profundidade ou mais) e pelo menos 500 km de distância da massa de terra mais próxima (e mais provavelmente a pelo menos 1000 a 1500 km de distância). Esses dois parâmetros são elementos do Código de Conduta que nós propusemos.

A terceira limitação na escolha do local é a proximidade de um porto operacional que possua uma frota adequada de navios operacionais capazes de realizar a distribuição do sulfato de ferro segundo as nossas especificações. São poucos os países que são, ao mesmo tempo, signatários da Convenção de Londres, próximos de possíveis locais operacionais no Oceano Antártico e no norte do Pacífico, e que possuam portos operacionais de tamanho suficiente para manter uma frota de navios disponível para contratação e satisfatórios para o trabalho a ser realizado. Até o momento da elaboração deste documento, a Climos não havia tido nenhuma discussão formal com nenhum país específico para fins de autorização de um projeto de OIF sob a Convenção de Londres.

Organização e anúncio da equipe científica

A Climos selecionará e contratará um Cientista Chefe (Pesquisador Principal) para chefiar e coordenar o cruzeiro em seu nome. Daremos preferência a um Cientista Chefe que tenha experiência prévia em conduzir experiências de OIF. Estamos discutindo a posição com um grupo seletivo de cientistas. Durante o último trimestre de 2008, a Climos realizará um workshop para membros da comunidade internacional familiarizados com a ciência da OIF para debatermos as medidas e a modelagem necessárias para quantificar a exportação/seqüestro de carbono. O Pacific Marine Environment Laboratory do NOAA (U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration) ofereceu suas instalações para a realização do workshop. Um segundo workshop terá como foco central medidas e modelagem para quantificar os impactos da OIF. Ele será realizado no final de 2008 ou no início de 2009. Estamos conversando sobre a possibilidade de compartilhar o patrocínio deste evento com um programa internacional de mudança global direcionado a ecossistemas marinhos interdisciplinares.

Com as informações e o planejamento do workshop, o Cientista Chefe proporá uma equipe científica para realizar o cruzeiro de demonstração em nosso nome. Essa equipe será escolhida com base em suas credenciais específicas e seu reconhecimento na área de foco da pesquisa. Considerando a natureza de

pesquisa oceanográfica ativa, será inevitável que alguns indivíduos que gostariam de participar do cruzeiro tenham compromissos prévios que os impeçam de participar.

Criação do Projeto de Demonstração

Metodologia:

A Climos começou a elaborar uma metodologia preliminar para a OIF. A metodologia continuará a ser elaborada em colaboração com a equipe científica baseada em medidas e modelagens recomendadas pelo workshop. A metodologia representa o método para quantificar o benefício de seqüestro do projeto da OIF. É um documento técnico formal que incluirá, entre outros elementos, uma descrição e cálculos detalhados para:

- A distribuição do ferro,
- Os vários métodos de instrumentação a serem usados,
- A definição dos limites do projeto.
- O método para medição das condições 'basais' fora da área do projeto,
- Os métodos para medir a biomassa resultante dentro dos limites do projeto
- Os métodos para medir a exportação de carbono e a profundidade ou as várias profundidades em que a exportação de carbono será medida.
- O método para integrar as várias medidas assim como técnicas estatísticas adotadas para calcular o seqüestro geral de carbono.,
- O método de medição de qualquer gás biogênico com o forçamento radiativo produzido em decorrência do projeto.
- O uso de técnicas de modelagem em combinação com parâmetros medidos diretamente para determinar a redução de CO₂ atmosférico à medida que a superfície do oceano se reequilibra ao longo do tempo, além do efeito nos nutrientes para produtividade subsequente tanto dentro da área do projeto como em locais de corrente a jusante.

Embora esta metodologia siga os padrões dos documentos exigidos para os projetos de carbono segundo o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM) estabelecido sob o Protocolo de Kioto, a experiência não pode ser qualificada como um projeto do Protocolo de Kioto/projeto CDM, nem temos a intenção de propô-lo dessa forma. Estamos usando o desenvolvimento da metodologia para aumentar o rigor na descrição da experiência para vários públicos. A metodologia é antes de tudo um documento científico e deve ser desenvolvido em colaboração com cientistas especializados nos vários campos em questão. Ele é também um documento que os verificadores familiarizados com os mercados de carbono usariam para determinar a quantidade e a permanência de todo o carbono seqüestrado.

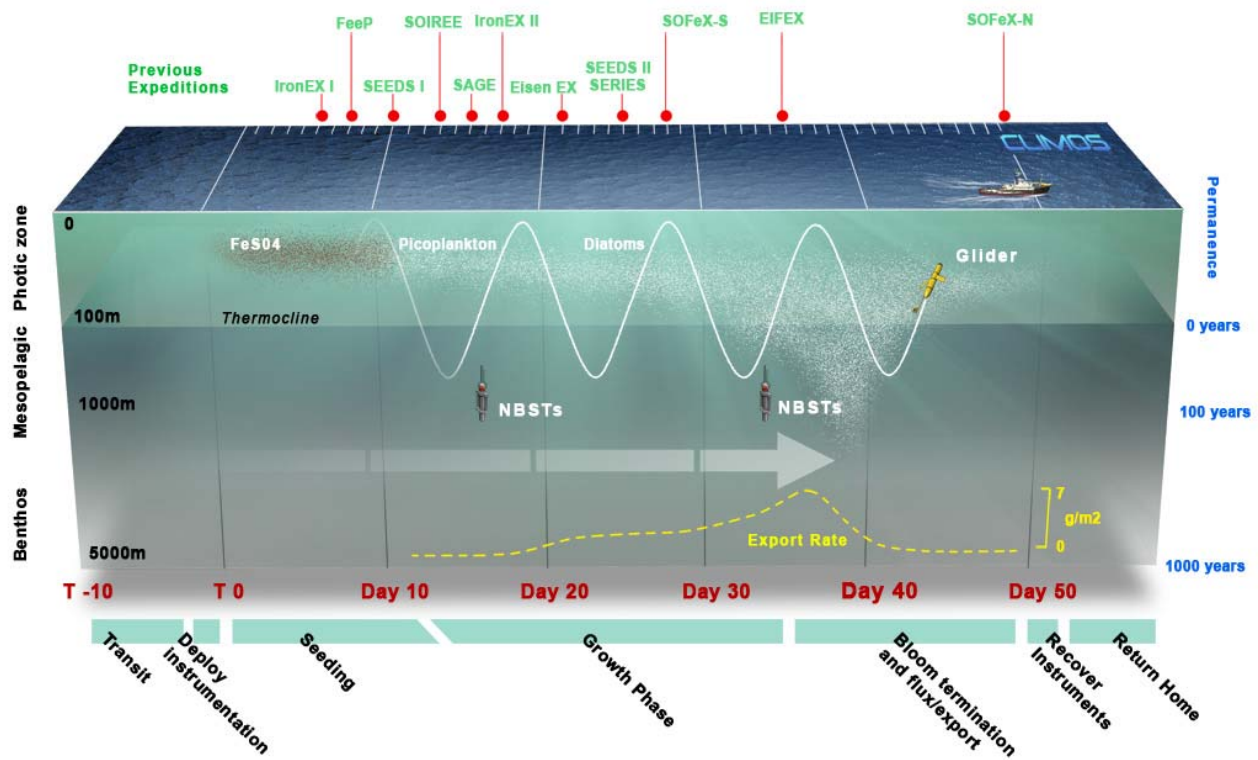
Uma vez finalizada, a Climos colocará a metodologia à disposição do público para revisão pela comunidade científica internacional.

Escala:

Os resultados das experiências de OIF anteriores deixam clara a necessidade de realizar uma série de demonstrações de segunda geração em grande escala com o objetivo de terminar se a OIF pode ser considerada uma técnica eficaz para redução de carbono. (Boyd, Jickells *et al.*, 2007), Grupo especial da IOC sobre a OIF 2008, (Buesseler, Doney *et al.*, 2008). As escalas das zonas descritas neste documento variam de 100 x 100 km a 200 x 200 km, aproximadamente a dimensão dos redemoinhos de mesoescala. Em experimentos recentes, procurou-se fertilizar zonas dentro de redemoinhos para conter o ferro e a zona fertilizada dentro do redemoinho e reduzir ao mínimo a diluição. A realização de experiências nesta escala aumentará bastante a probabilidade de que as medições na zona sofram uma diluição mínima com o material fora da zona e aumentará a precisão estatística das medidas de seqüestro de carbono.

Duração:

Os primeiros projetos de OIF foram projetos de cruzeiros longos o bastante para observar o desenvolvimento das proliferações de fitoplâncton. Muitas vezes, esses cruzeiros tinham uma duração muito curta para capturar a fase de exportação e/ou dissipação. Acreditamos que a equipe científica realizará medições por aproximadamente 70 dias (incluindo a ida e a volta) em uma embarcação de maior capacidade e resistência máxima para pesquisas oceanográficas.



Planejamento e Logística na Preparação para um Cruzeiro de Demonstração

A plataforma de medição da pesquisa:

O projeto de demonstração da Climos envolverá financiamento de uma equipe científica independente para conduzir medições para a experiência a partir de uma embarcação de pesquisa conhecida que já esteja devidamente equipada com as instalações necessárias para uma operação de pesquisa oceanográfica sofisticada. Quando a localização e a duração do período estiverem estabelecidas, vamos trabalhar com o Cientista Chefe para identificar as embarcações de pesquisa que possam estar disponíveis e que sejam apropriadas para o projeto considerando a localização, a duração e os instrumentos a serem implantados, o número de integrantes da equipe científica, a sazonalidade e a probabilidade do estado do mar.

Identificação de uma fonte de sulfato de ferro:

A Climos contratará um fornecedor de sulfato de ferro (mais provavelmente em forma de monohidrato, i.e. $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Nós escolheremos um fornecedor que seja capaz de fornecer uma análise confiável da pureza do material. Em termos gerais, pretendemos utilizar um composto de sulfato de ferro que seja fabricado especificamente para atividades de fertilização. O sulfato de ferro é normalmente usado para uma variedade de aplicações terrestres como nutrientes-traços em fertilizadores de plantas e suplementos nutricionais para animais. Embora o sulfato de ferro, muitas vezes, derive originariamente de um co-produto da fabricação de aço ou de dióxido de titânio, os fabricantes comerciais o submetem a processos adicionais de acordo com as especificações apropriadas ao uso pretendido. A Climos obterá análises e fornecerá às partes interessadas para determinar os níveis de qualquer outro material residual na solução que será adotada.

Um relatório completo desses materiais será fornecido separadamente.

A Tabela 1 indica a análise das impurezas de um fornecedor típico de $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, as concentrações dessas impurezas que resultariam de uma solução de sulfato de ferro de 5 nmol e as concentrações normais desses metais na águas do mar.

Elemento	Concentração máxima em $\text{Fe}(\text{SO}_4)$ (ppm)	Concentração em solução de 5 nmol de $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (mg/l)	Concentração em água do mar (mg/l)
As	1	0,000001	2,60
Cd	2	0,000002	0,11
Cr	20	0,000017	0,20
Cu	17	0,000014	0,90
Pb	17	0,000014	0,03
Mg	9600	0,008156	1290000,00

Mn	2700	0,002294	0,40
Ni	85	0,000072	6,60
Zn	2000	0,001699	5,00

Contratação de embarcações para distribuição:

Um experimento da magnitude acima proposta pela comunidade científica levaria algumas semanas para fertilizar com uma única embarcação. Esse período prolongado de fertilização significaria que uma extremidade da zona estaria em uma fase de proliferação e exportação consideravelmente diferente da do lado oposto. Isso introduziria várias complexidades à interpretação dos resultados. Por este motivo, usaremos várias embarcações para fertilizar a zona. O número de embarcações dependerá do tamanho final do experimento escolhido. Como a fertilização é uma atividade operacional, a Climos assumirá a responsabilidade pela contratação dos navios que distribuirão o ferro e obterá as permissões necessárias para essa distribuição.

O Projeto

A solução de sulfato de ferro, um quelante (HCl) e a água do mar serão misturados em uma zona do oceano cuidadosamente escolhida com a finalidade de estimular naturalmente o aumento das proliferações de fitoplâncton de vida curta.

Antes de ser introduzido no oceano, o composto de sulfato de ferro será diluído em uma solução que consiste em água do mar e uma pequena quantidade de ácido hidrolórico (HCl) que quebra o sulfato de ferro para aumentar sua solubilidade e evitar sua rápida precipitação para fora da água do mar. A concentração extremamente baixa do HCl será mais do que compensada pelo aumento no pH obtido através da absorção do CO₂ pelo fitoplâncton estimulado através da própria proliferação. A concentração de destino para o FeSO₄ na água do mar será de aproximadamente 4 nmol/kg em toda a zona selecionada. Essa quantidade tem sido considerada como meta por várias experiências anteriores e é aproximadamente igual ao fluxo de ferro da poeira durante o período de um ano. Esse posicionamento do ferro será realizado por embarcações separadas ('navios de distribuição') da embarcação de pesquisa ('navio de medição') que executará as medições. É provável que mais de um navio de distribuição vá ser usado.

Uma embarcação de pesquisa ('navio de medição') implementará uma variedade de instrumentos para medir o desenvolvimento da proliferação assim como a exportação subsequente (i.e. seqüestro) dessa biomassa para o fundo do mar.

Toda a instrumentação implantada será recuperável.

O projeto consistirá do percurso de ida e volta até a localização do projeto por todas as embarcações, implantação de instrumentos, que pode levar vários dias, distribuição inicial ou 'semeadura' de até várias

semanas (seguida pela partida dos navios de distribuição), observação da proliferação e medições da exportação.

Além da medição da eficiência do seqüestro de carbono, o cruzeiro também dará ênfase ao impacto biológico. Uma variedade de amostras e medidas será obtida antes, durante e após a demonstração, tanto dentro como fora da área do projeto para caracterizar a resposta biológica e do ecossistema.

Avaliação do projeto:

A Climos planeja realizar diversas atividades para garantir a avaliação apropriada dos resultados do experimento:

- Todos os dados gerados durante o cruzeiro serão transferidos imediatamente pelo Cientista Chefe para um banco de dados públicos para garantir a transparência e para que qualquer pessoa possa avaliar as medições e todo e qualquer resultado e conclusão obtidos deles.
- Todos os participantes e usuários de dados serão incentivados a publicar seus resultados em uma literatura científica de livre acesso e discuti-los em encontros e workshops científicos.
- Os programas SOLAs (Surface Ocean Lower Atmosphere Study) e o IMBER (Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research) do IGBP (International Exosphere Biosphere Program) estão discutindo o estabelecimento de um procedimento onde SOLAS e IMBER poderiam fornecer uma avaliação independente dos resultados científicos dos experimentos em um período apropriado após os experimentos. A avaliação permitirá que os participantes na equipe científica apresentem seus resultados para indivíduos que não estavam no cruzeiro, mas que usaram os dados do cruzeiro para apresentar resultados, e para a comunidade científica internacional interessada no cruzeiro para discutir resultados com os participantes e outros usuários dos dados. Nós apreciamos a colaboração do SOLAS, o programa internacional que tanto contribuiu para promover as experiências de OIF anteriores, e o IMBER, um programa internacional voltado para a compreensão do impacto de mudanças em grande escala no oceano, por terem facilitado as análises da comunidade científica internacional.

Relato da Convenção de Londres

Todos os dados publicados e resultados de workshop serão disponibilizados para a LC/LP e nós estaremos preparados para fazer apresentações à LC/LP para que eles possam entender os resultados do experimento.

Boyd, P. W., T. Jackals, *et al.*, (2007). "Mesoscale Iron Enrichment Experiments 1993-2005: Synthesis and Future Directions." *Science* **315**(5812): 612.

Buesseler, K. O., S. C. Doney, *et al.*, (2008). "Ocean Iron Fertilization--Moving Forward in a Sea of Uncertainty." *Science* **319**(5860): 162.