



Solicitação de Expedição Científica ao
CNPq – Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Cooperação Internacional



Experimento BARCA

Balanço Atmosférico Regional de Carbono na Amazônia

Coordenador Geral

Dr. José Antonio Alves Gomes - Diretor

INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

Av. André Araújo, 2936, Petrópolis - CEP 69083-000, Manaus – Amazonas,

Fone: (92) 643-3377 / Fax. (92) 642-1840

Coordenadores Científicos

Prof. Paulo Artaxo

Instituto de Física da USP

Rua o Matão, Travessa R, 187

CEP 05508-900, São Paulo, S. P.

e-mail: artaxo@if.usp.br

fone: (11) 3091 7016, FAX (11) 3091 6749

Profa. Maria Assunção Faus da Silva Dias

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INPE/CPTEC

Rodovia Presidente Dutra Km. 40, Cachoeira

Paulista, São Paulo, CEP 12630-000, e-mail:

mafdsdia@usp.br, www.cptec.inpe.br

Índice

1 – Resumo da proposta de Expedição Científica	2
2 – Introdução e fundamentação científica.....	2
3 – Objetivos	9
4 – Metodologia e estratégia de medidas.....	9
4.1a – Medidas de superfície	10
4.1b – Medidas com aviões em larga escala	11
4.2 – Estratégia de Modelamento	13
5 – Treinamento e Educação na proposta LBA/BARCA	14
6 – Referências e bibliografia.....	14
Apêndice 1 – Lista de pesquisadores brasileiros	18
Apêndice 2 – Lista de pesquisadores estrangeiros	20

1 – Resumo da Proposta de Expedição Científica

O experimento LBA/BARCA – Balanço Atmosférico Regional de Carbono na Amazônia, busca preencher lacunas científicas importantes na questão do balanço regional de carbono e gases traços na Amazônia. Pretendemos realizar um conjunto integrado de atividades de medidas de campo e de modelamento que auxiliem no esclarecimento de uma das questões chaves na Amazônia, que é o balanço de carbono e gases traços em larga escala. Modelos de inversão em larga escala, utilizando simulações meteorológicas em alta resolução, acopladas a modelos biosféricos fornecerão o quadro necessário para uma quantificação do fluxo de carbono e gases traços em larga escala. Medidas de CO₂, CH₄, O₃, N₂O, VOCs, e outros gases, além de aerossóis e vapor de água serão realizadas em larga escala com a medida da distribuição vertical e horizontal utilizando aeronaves. Extensas medidas em solo quantificarão processos biogeoquímicos que são relevantes ao balanço de carbono na Amazônia e para a ciclagem de CO₂, CH₄, CO, O₃, VOCs e água. Estudos detalhados do impacto de parâmetros ambientais tais como temperatura, radiação, aerossóis, precipitação, nutrientes e outros no funcionamento biogeoquímico da Amazônia serão realizados. Estes estudos serão realizados em larga escala na Amazônia nos 4 compartimentos: solo, sistema fluvial, biomassa e atmosfera.

Duas aeronaves serão utilizadas para medidas de perfis de concentrações até 12.5 Km de altitude, um Lear Jet e o Bandeirante do INPE. As medidas aéreas serão realizadas na estação chuvosa e seca de 2005. Serão implementados no Brasil modelos avançados de inversão acoplados a modelos de mesoescala de alta resolução. Medidas detalhadas nas 14 torres do experimento LBA, concomitantes com as medidas em larga escala detalharão processos de micro escala relevantes para o modelamento na Bacia como um todo. O experimento será integrado ao SIPAM, e utilizará e compartilhará toda a plataforma de logística e medidas ambientais do SIPAM. A integração de pesquisadores e estudantes de várias disciplinas será fundamental, e uma componente de treinamento e educação é parte integrante da proposta.

Esperamos com este experimento integrador, realizar também uma síntese do conhecimento científico acumulado no experimento LBA, fornecendo subsídios importantes para o estabelecimento de estratégias de desenvolvimento sustentável para a região Amazônica.

2 – Introdução e fundamentação científica

O ciclo biogeoquímico do carbono é crítico para o funcionamento do ecossistema Amazônico, e pelos efeitos climáticos globais do CO₂, um dos mais importantes do ponto de vista de mudanças climáticas globais (Schimel et al., 1995, 2001, Cox et al., 2000). A Amazônia é responsável por cerca de 10% da produtividade primária líquida (NPP) global, e contém metade da área de florestas tropicais remanescentes 5.8 milhões de quilômetros quadrados, e extensas áreas de cerrado (Malhi e Philips, 2004a,c). Estimativas atuais de fluxos de carbono como CO₂ estão sujeitas a grandes incertezas que se propagam no balanço global de carbono (Araújo et al., 2002). A **Figura 2.1** abaixo indica a complexidade da ciclagem de carbono em ecossistemas tropicais terrestres. O carbono do solo, da biomassa e da atmosfera interagem com uma dinâmica própria de cada compartimento, mediado por fatores biológicos, ecofisiológicos, ambientais e climáticos (Andersen et al., 2002, Andreae et al., 2002, Artaxo et al., 2001).

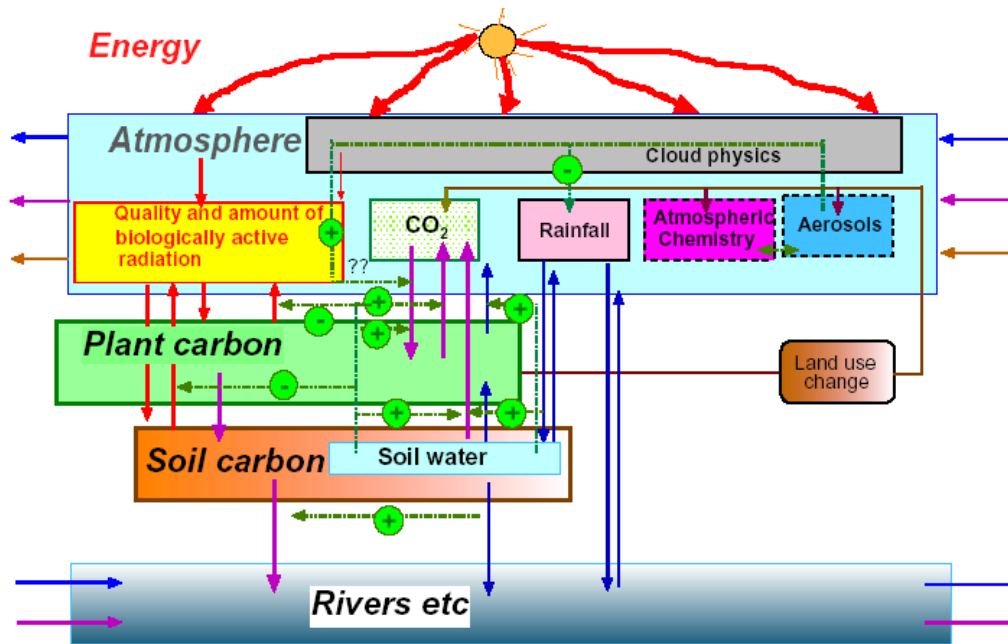


Figura 2.1 - Esquema da ciclagem de carbono em ecossistemas tropicais terrestres. O carbono do solo, do sistema fluvial, da biomassa e da atmosfera interagem com uma dinâmica própria de cada compartimento, mediado por fatores biológicos, ecofisiológicos, ambientais e climáticos.

O Experimento LBA (Experimento de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia) (<http://lba.cptec.inpe.br/lba/index.html>) tem um amplo programa de pesquisas de medidas de balanço de carbono na Amazônia, e está operando 14 torres de medidas de fluxos de CO₂ por correlação de vórtices turbulentos (Avisar et al., 2002). As torres estão distribuídas em diversos tipos de uso de solo e com climatologias diferentes. A **Figura 2.2** indica a localização de algumas destas torres e uma foto das localidades.

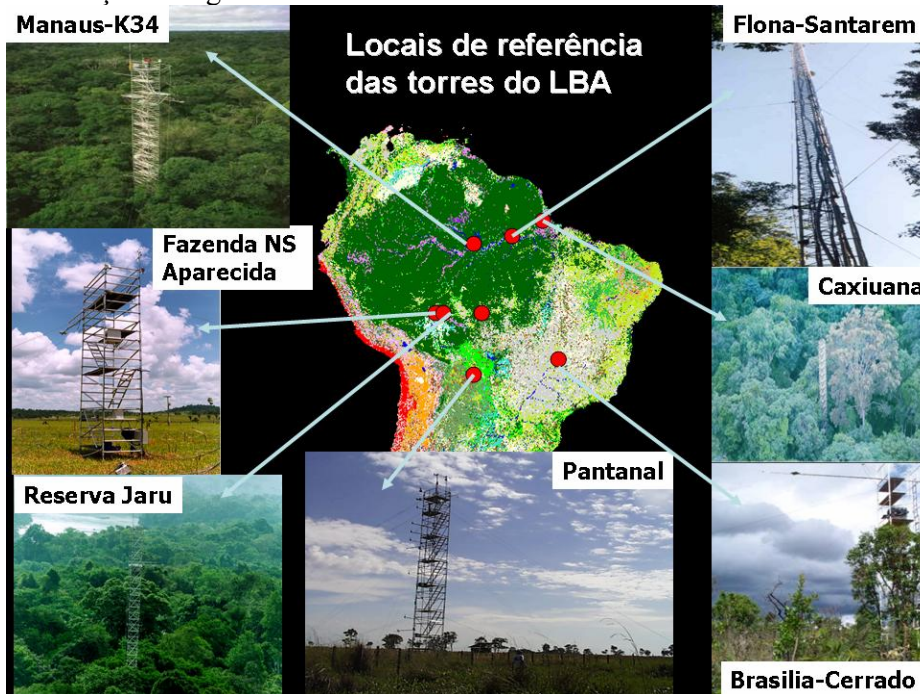


Figura 2.2 - Localização de algumas das torres do LBA, com uma foto das localidades

Estudos anteriores do LBA realizados com correlação de vórtices turbulentos apontam para a possibilidade em algumas das torres de enorme absorção de carbono na Amazônia: 5 a 6 toneladas de carbono por hectare por ano (Grace et al., 1995, Kruijt et al., 2000), Mahli et al., 2000. Globalmente isso significa ≈ 1 PgC/ano, que é uma fração considerável do chamado “global missing carbon” (Fan et al., 1998). Estes fluxos dificilmente seriam sustentados a longo prazo, por uma série de razões, entre eles a limitação de nutrientes (Lloyd et al., 2001, Andreae et al., 2002). Um fluxo de ≈ 2 tC/ha/ano significa que a biomassa típica da Amazônia (≈ 150 tC/ha) teria que dobrar em 75 anos, o que não está sendo observado em estudos de inventários florestais (Mahli et al., 2004, Saleska et al., 2003). A **Figura 2.3** realiza uma compilação dos resultados de diversos estudos publicados ao longo dos últimos 7 anos, e indica uma enorme disparidade entre os fluxos de carbono, desde absorção de carbono de 5-6 tC/há/ano até fonte de cerca de 1.5 tC/ha/ano (Ometto et al., 2004). Embora haja uma indicação de que a floresta como um todo poderia estar funcionando como um absorvedor de carbono da ordem de 0.5 tC/ha/ano, as incertezas são enormes, e tem implicações globais (Clark et al., 2002, 2004). Claramente, as 14 torres em operação pelo LBA têm fornecido informações críticas sobre processos relevantes à ciclagem de carbono, mas não fornecem o fluxo em escala da bacia toda.

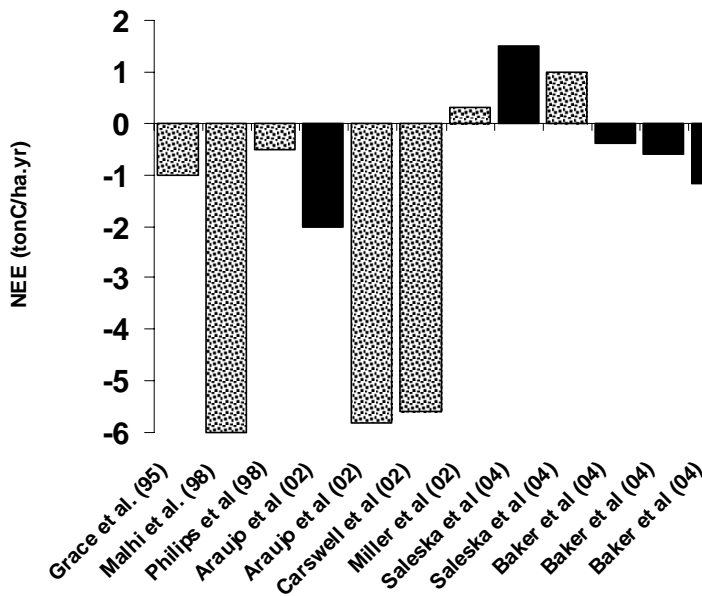


Figura 2.3 - Estimativas de trocas de carbono líquida (NEE) obtidas por técnica de correlação de vórtices turbulentos e por estimativas de inventário de biomassa. As publicações e as localidades das medidas são: Grace et al. (1995a) Ji-Paraná; Mahli et al. (1998), Manaus; Phillips et al. (1998) – inventário de biomassa, diversas localidades; Araújo et al. (2002), Manaus; Carswell et al. (2002) – Reserva Caxiuanã; Miller et al. (2004) – inventário de biomassa, Santarém; Saleska et al. (2004) – inventário de biomassa, Santarém; Saleska et al. (2004) – Santarém; Baker et al. (2004) – inventário de biomassa, localidades na Amazônia oriental e central, Amazonia ocidental e áreas alagadas, respectivamente. (Compilação de Ometto et al., 2004).

Estas incertezas indicadas na Figura 2.3 propagam-se quanto se tenta estimar o fluxo de carbono total em bases anuais. A **Figura 2.4** compara os fluxos globais anuais em PgC/ano (1 Pentagrama corresponde a 10^{15} gramas). O fluxo global de queima de combustível fóssil é de cerca de +6 PgC/ano. Observa-se que o fluxo total de carbono medido em algumas torres do LBA, se extrapolado, seriam maiores que a absorção oceânica global. Esta figura ilustra as incertezas no entendimento dos processos que regulam a ciclagem de carbono ao nível global, e salienta o importante papel que as florestas tropicais exercem sobre o sistema (Ometo et al., 2004, Chambers et al., 2001, 2004). Em termos de regulação climática, a Amazonia também pode desempenhar um papel importante na regulação climática global (Werth e Avissar, 2002).

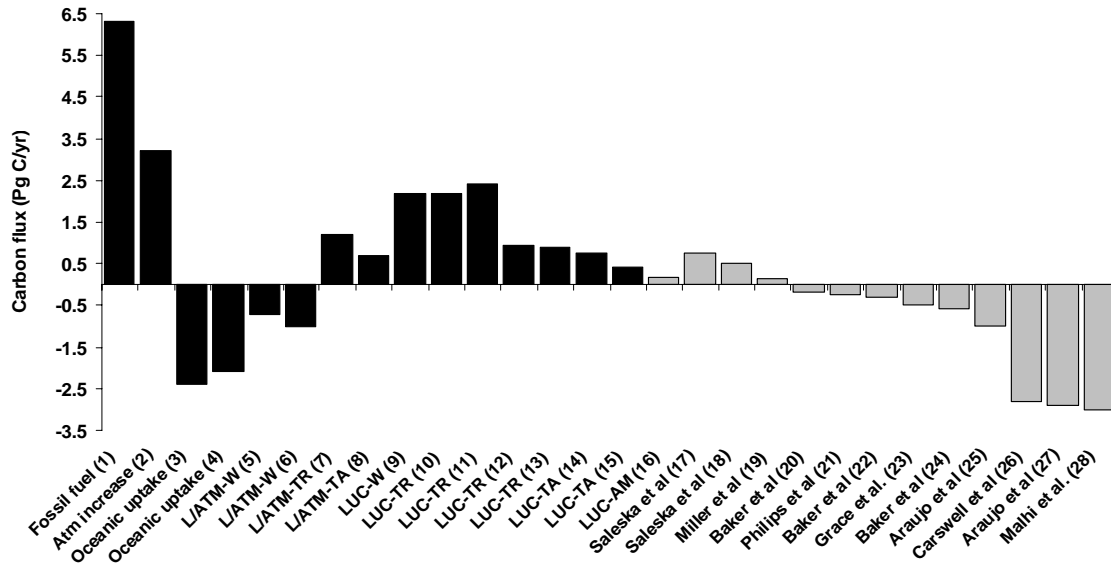


Figura 2.4. – Fluxos globais de carbono assumindo diversas fontes. Valores positivos denotam fontes de carbono para a atmosfera, e valores negativos denotam remoção de carbono da atmosfera pela biosfera. L/ATM denota fluxo do ecossistema terrestre para a atmosfera; LUC denota um fluxo devido a mudanças de uso do solo. W é uma abreviação para “World”, TR para “Tropics”, TA para “Tropical America” e AM para Amazônia. (1) Emissão global de combustíveis fósseis (Schimel et al. 2001); (2) Aumento atmosférico de CO₂ (Schimel et al. 2001); (3) Absorção de CO₂ pelos oceanos (House et al. 2003); (4) Absorção de CO₂ pelos oceanos (Houghton et al. 2003); (5) Absorção pelos ecossistemas terrestres (Houghton et al. 2003); (6) Absorção pelos ecossistemas terrestres (House et al. 2003); (7) Fonte de carbono por ecossistemas terrestres tropicais (modelos de inversão) (Gurney et al. 2003); (8) Fonte de carbono por ecossistemas terrestres tropicais na América (modelos de inversão) (Gurney et al., 2003); (9) Mudanças globais de uso do solo nos trópicos (Houghton et al., 2003); (10) Mudanças globais de uso do solo nos trópicos (Houghton et al., 2003); (11) Mudanças globais de uso do solo nos trópicos (Fearnside 2000); (12) Mudanças globais de uso do solo nos trópicos (Achards et al., 2003); (13) Mudanças globais de uso do solo nos trópicos (DeFries et al., 2002); (14) Mudanças globais de uso do solo nos trópicos (Houghton et al., 2003); (15) Mudanças globais de uso do solo nos trópicos (DeFries et al., 2002); (16) Mudanças de uso do solo na Amazônia (Houghton et al., 2002). Estimativas de (17) a (28) são fluxos de carbono feito por vários grupos do LBA. Originalmente estes fluxos foram apresentados como toneladas de C por hectare. Eles foram extrapolados usando uma área de 5 milhões de km² de florestas. (17) Saleska et al. (2004) – inventário de biomassa; (18) Saleska et al. (2004) – correlação de vórtices turbulentos; (19) Miller et al. (in press) – inventário de biomassa; (20) Baker et al. (2004) – inventário de biomassa; (21) Phillips et al. (1998) – inventário de biomassa; (22) Baker et al. (2004) – inventário de biomassa; (23) Grace et al. (1995) – correlação de vórtices turbulentos; (24) – Baker et al. (2004) – inventário de biomassa; (25) – Araújo et al. (2002) – correlação de vórtices turbulentos; (26) – Carswell et al. (2002) – correlação de vórtices turbulentos; (27) – Araujo et al. (2002) – correlação de vórtices turbulentos; (28) – Mahli et al. (1998) – correlação de vórtices turbulentos. (Adaptado de Ometto et al., 2004).

Uma das questões importantes das medidas de fluxo de CO₂ por correlação de vórtices turbulentos é que em períodos de calmaria à noite, o fluxo de CO₂ reportado não corresponde a realidade (Araújo et al., 2002). Para exemplificar este problema de medidas, realizamos alguns vôos na região da torre de Manaus para estimativa do fluxo de CO₂ por uma técnica chamada de “Boundary Layer Budget”, utilizando medidas precisas de CO₂ com aviões. A figura 2.5 abaixo ilustra os resultados obtidos (adaptado de Lloyd et al., 2004). Na parte esquerda, observamos o perfil vertical de CO₂ para diversas horas do dia, onde nas medidas realizadas pela manhã observamos o CO₂ da respiração noturna acumulado no dossel da floresta. A **figura 2.5** a esquerda mostra a integração do fluxo de CO₂ pela técnica de BLB versus as medidas de correlação de vórtices turbulentos, onde as duas técnicas concordam

bem durante o dia, mas fornecem valores muito diferentes durante a noite devido à calmaria e baixos valores de u^* .

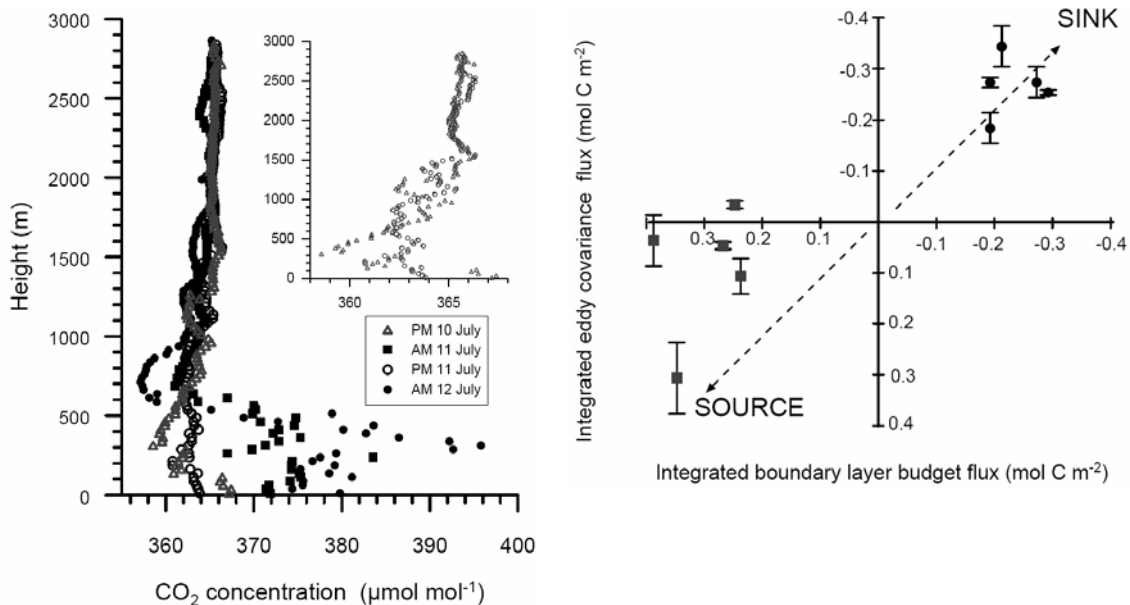


Figura 2.5 - Comparação entre as medidas de fluxo de CO₂ por correlação de vórtices turbulentos e pela técnica de “Boundary Layer Budget”. Vemos à esquerda o perfil vertical de CO₂ para diversas horas do dia, indicando a grande acumulação de CO₂ no dossel da floresta durante a manhã. A esquerda observamos a integração do fluxo de CO₂ pela técnica de BLB versus as medidas de correlação de vórtices turbulentos, onde as duas técnicas concordam bem durante o dia, mas fornecem valores muito diferentes durante a noite, devido à calmaria e baixos valores de u^* . (Loyd et al., 2004)

Entretanto, CO₂ não é o único gás de efeito estufa emitido por processos biológicos ou pela ação do homem na Amazônia. Metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e outros gases tais como VOCs, CO, O₃ e tem influências importantes no ecossistema amazônico (Kesselmeyer et al., 2000, Gunther et al., 2002) e também serão estudados nesta proposta científica. Uma compilação recente de Davidson e Artaxo (2004) estima a troca líquida de CO₂, CH₄, e N₂O da Amazônia para a atmosfera global e seus impactos como “greenhouse warming potential”. A tabela 2.1 indica o chamado potencial de aquecimento global em equivalentes de CO₂ para as alterações nos processos destes gases na Amazônia. Nesta tabela valores positivos indicam emissões da biosfera para a atmosfera e valores negativos indicam absorção pela biosfera Amazônica. A soma aproximada dos valores de potencial de efeito estufa para CO₂, CH₄ e N₂O é de aproximadamente zero, indicando que a absorção de carbono pela floresta natural e as emissões de queimadas estão aproximadamente em equilíbrio. Mas existem enormes incertezas nestes valores, e a proposta BARCA vai reduzir estas incertezas nesta área crítica das emissões da Amazônia.

Uma das questões importantes no impacto global atmosférico global é o papel desempenhado pelas partículas de aerossóis no balanço de radiação atmosférico e nos mecanismos de produção de nuvens (Procópio et al., 2004, Andreae et al., 2004). Ambos os processos alteram fortemente o balanço de radiação, o que por seu lado afeta fortemente a fotossíntese e a assimilação de carbono pela biomassa. Descobertas recentes do LBA (Clayes et al., 2004) mostram que a vegetação, através das emissões de compostos orgânicos voláteis (VOCs) tem os elementos para controlar a população de núcleos de condensação de nuvens na maior parte da Amazônia. Novos compostos que são produtos de oxidação de isopreno

são produzidos, e estes atuam como núcleo de condensação de nuvens. Já se conhecia que as partículas naturais biogênicas também são importantes como CCN, mas desconhecia-se este mecanismo de produção de partículas a partir das emissões de isopreno (Clayes et al., 2004). O experimento LBA/BARCA tem uma componente importante no estudo dos aerossóis, pois estes influenciam fortemente o processo de fixação de carbono pela biomassa. O LBA/BARCA tem uma componente de estudo do papel dos VOCs pois sua emissão pela floresta leva a perda líquida de carbono, embora de pequena monta (Gunther, 2002). Entretanto é importante quantificar este fluxo em larga escala, pois os estudos realizados até o momento em torres do LBA indicam resultados díspares quanto a capacidade da vegetação de emitir isopreno, terpenos e outros VOCs (Kesselmeier et al., 2000, Greenberg et al., 2004, Wiedinmyer et al., 2004).

Fonte ou sorvedouro	Fluxo em bases anuais para toda a bacia Amazônica	Greenhouse warming potential; Equivalentes de CO ₂ (Pg C yr ⁻¹)	Referencia
Alteração na biomassa acima do solo para florestas maduras	-0.3 to -0.5 Pg C	-0.3 to -0.5	Mahli et al., this issue
<u>Mudança</u> no carbono da biomassa devido à desflorestamento e reflorestamento	+0.15 to +0.35 Pg C	+0.15 to +0.35	Hirsch et al., this issue
Emissões de CH ₄ em áreas alagadas	+22 Tg CH ₄ -C	+0.5	Melack et al. this issue
Absorção de CH ₄ por solos em terra firme	-1 to -3 Tg CH ₄ -C	-0.02 to -0.07	Stuedler et al. 1996; Verchot et al., 2000
<u>Mudanças</u> devido a emissões de CH ₄ por gado, queimadas e solos de pastagem	+3 Tg CH ₄ -C	+0.07	Stuedler et al. 1996
Emissões de N ₂ O de solos da floresta	+1.2 to +1.3 Tg N ₂ O-N	+0.4	Davidson et al., 2001; Melillo et al., 2001
<u>Mudança</u> em emissões de N ₂ O do solo devido a mudanças de uso do solo	-0.02 to -0.08 Tg N ₂ O-N	-0.006 to -0.025	Melillo et al., 2001; Verchot et al., 1999

Tabela 2.1 - Cálculo do potencial de aquecimento global em equivalentes de CO₂ para as alterações nos processos de CO₂, CH₄ e N₂O na Amazônia. Nesta tabela valores positivos indicam emissões da biosfera para a atmosfera e valores negativos indicam absorção pela biosfera Amazônica. Adaptado de Davidson e Artaxo, *Global Change Biology* (2004) 10, 1–11.

As emissões de carbono por desmatamento jogam um papel importante no balanço de carbono na Amazônia (Cochrane et al., 2002, Fearnside, 1997, 2000, Houghton, 2003). Nos últimos anos, cerca de 25.000 Km² de florestas estão sendo convertidas (INPE, 2004). No experimento na estação seca, o sinal das emissões de queimadas estará presente, e será integrado no modelamento das emissões. Experimentos dedicados do LBA para medida de emissões de queimadas estão sendo executados, e no experimento LBA/BARCA, uma compilação e integração destes resultados será realizada.

A circulação atmosférica na Amazônia tem diversas peculiaridades que são chaves para o sucesso desta proposta científica (Silva Dias et al., 2002). A **Figura 2.6** apresenta a média dos padrões de circulação atmosférica em baixos níveis na Amazônia. Observamos a entrada de massas de ar pelo Atlântico, e medidas ao longo da costa serão realizadas para

caracterizar estas entradas de ar oceânicas. Dependendo do posicionamento de sistemas frontais no sul do país podemos ter duas situações de fluxos de baixo nível na parte sul da Amazônia, ilustrados na figura 2.6. Ao nível do solo, este padrão de circulação é fortemente influenciado pela topografia, pela presença de grandes corpos de água, e pela rugosidade da vegetação local. Durante o LBA/BARCA, lançamentos adicionais de radiosondas serão necessários, para um adequado modelamento da circulação de larga escala.

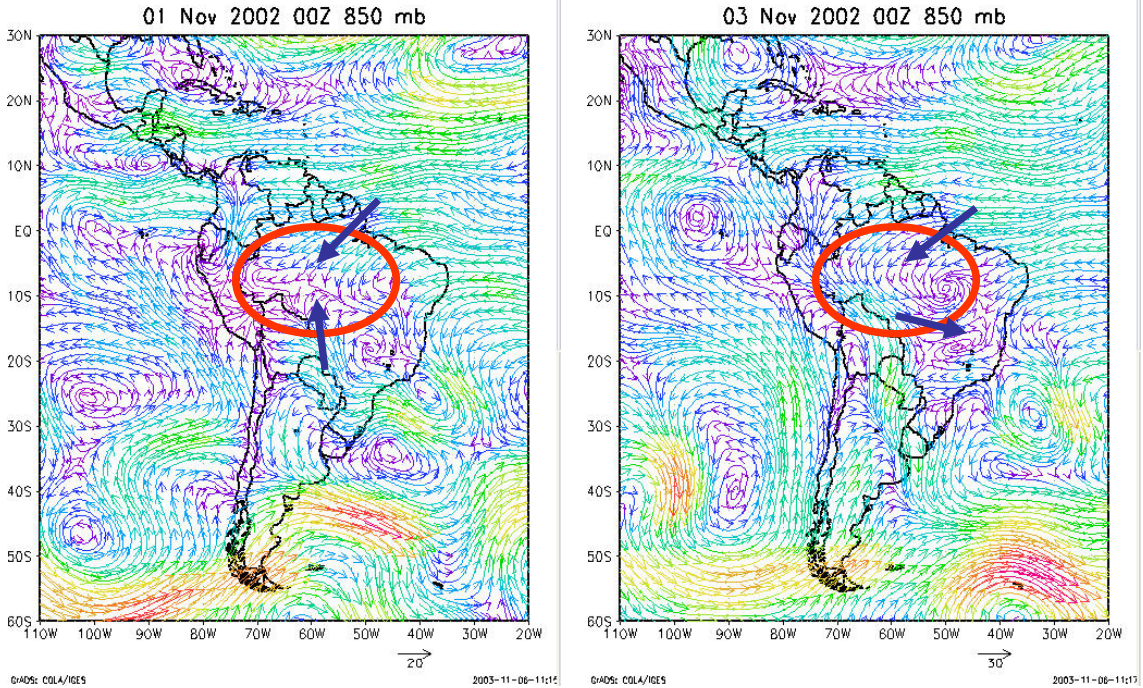


Figura 2.6 - Média dos padrões de circulação atmosférica em baixos níveis (850 mb) na Amazônia.

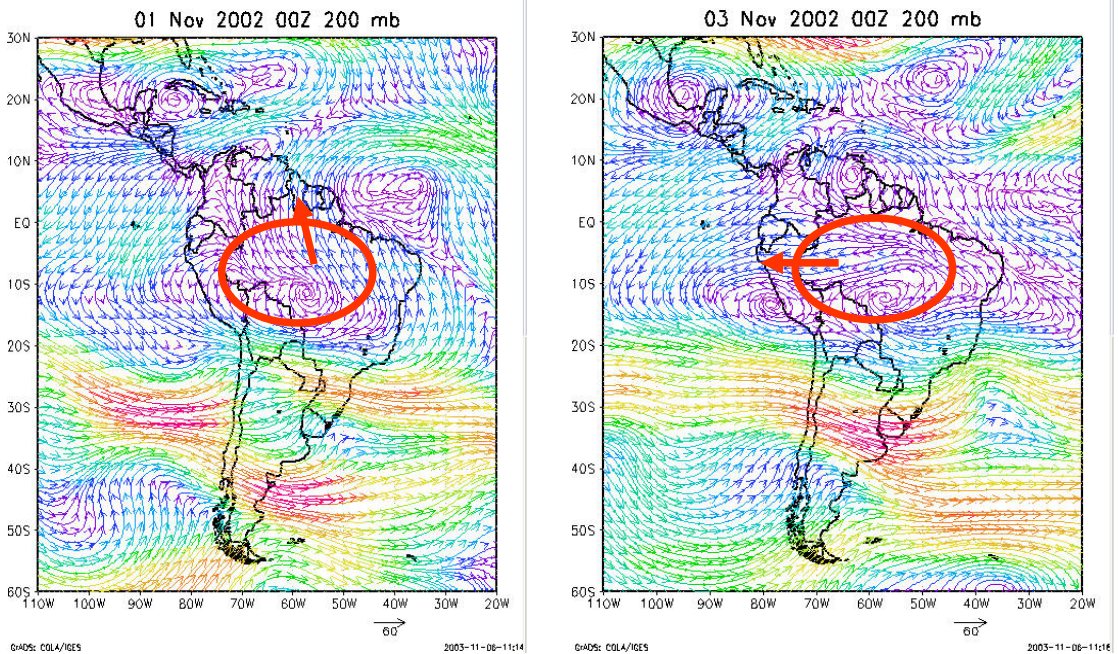


Figura 2.7 - Média dos padrões de circulação atmosférica em altos níveis (200 mb) na

região Amazônica.

A Figura 2.7 mostra o padrão de circulação em altos níveis (200 mb), com uma saída pelo Pacífico e pela parte norte da Bacia. Vôos nestas regiões em altos níveis serão realizados para medida da concentração de gases traços nestas saídas. Nestes altos níveis, a utilização de traçadores como VOCs, CO e O₃ é crítico para discriminar entradas de ar estratosférico ou advecção de regiões não influenciados pela floresta diretamente (Gerbig et al., 2003).

3 – Objetivos

Esta proposta BARCA (Balanço Atmosférico Regional de Carbono na Amazônia) está centrada em uma abordagem integradora do ciclo de carbono e gases traços na Amazônia, envolvendo várias escalas e estratégias de medidas e modelamento, que podem ser expressas em 5 objetivos centrais:

- 1 – Estudar e quantificar o balanço de carbono regional na Amazônia nas estações seca e chuvosa utilizando uma abordagem integradora com o uso de medidas em larga escala, modelos regionais de inversão e medidas simultâneas nas torres de fluxo do LBA.
- 2 – Caracterizar em larga escala a distribuição vertical e horizontal de CO₂, CH₄, O₃, N₂O, VOCs, e outros gases, além de aerossóis e vapor de água.
- 3 – Estudar e quantificar processos biogeoquímicos que são relevantes para o balanço de carbono na Amazônia e para a ciclagem de CO₂, CH₄, CO, O₃, VOCs e água.
- 4 – Estudar o impacto de parâmetros ambientais como temperatura, radiação, aerossóis, precipitação, nutrientes e outros parâmetros biogeoquímicos na ciclagem de carbono e gases traços em seus vários compartimentos: solo, sistema fluvial, biomassa e atmosfera;
- 5 – Operacionalizar modelos de inversão avançados, com meteorologia assimilada do modelo regional de alta resolução BRAMS. Integração do experimento com o sistema SIPAM.

BARCA é um esforço multidisciplinar colaborativo integrado, combinando várias escalas temporais e espaciais. Pretendemos reduzir as incertezas do balanço regional de carbono e outros gases traços e aerossóis na Amazônia, com o uso combinado de estratégias científicas de diferentes escalas. O LBA já tem muita experiência acumulado nesta abordagem integrada, mas será a primeira vez que tal abordagem é realizada para a bacia Amazônica como um todo. A parceria com o SIPAM é também crítica para o experimento, e as bases de dados a serem coletadas irão residir no sistema SIPAM, além do sistema LBA-DIS.

4 – Metodologia e estratégia de medidas

As observações da distribuição tridimensional de gases traços só pode ser feita com aviões e com uma abordagem integrada. O cerne da proposta científica é a realização de duas campanhas intensivas de amostragem utilizando duas aeronaves, para medidas do balanço de carbono em larga escala. Serão realizadas medidas de alta precisão de CO₂ (cerca de 0.1 ppm,

Daube et al., 2002), em vôos de larga escala utilizando uma aeronave brasileira Lear Jet da Lider Táxi aéreo, que pode voar até cerca de 12.000 metros de altitude e o avião Bandeirante do INPE, que deverá cobrir a faixa de 150 a 5.500 metros. Estas medidas serão coordenadas com trabalhos detalhados de medidas nas 14 torres do LBA. Também serão integradas ao sistema SIPAM em Manaus. O centro de operações do experimento deverá ser na sede do SIPAM em Manaus, e realizado em cooperação muito próxima com todo o pessoal do SIPAM. Um workshop realizado recentemente em Manaus com todo o pessoal do SIPAM demonstra a viabilidade e o grande benefício mútuo desta colaboração,

Os vôos serão planejados e coordenados por estudos meteorológicos detalhados usando simulações de campos meteorológicos em alta resolução. Um sistema de simulação rodando modelos de inversão e modelos atmosféricos regionais de alta resolução será operacionalizado durante as duas campanhas intensivas de medidas. A Figura 4.1 ilustra as regiões chaves para esta proposta científica.

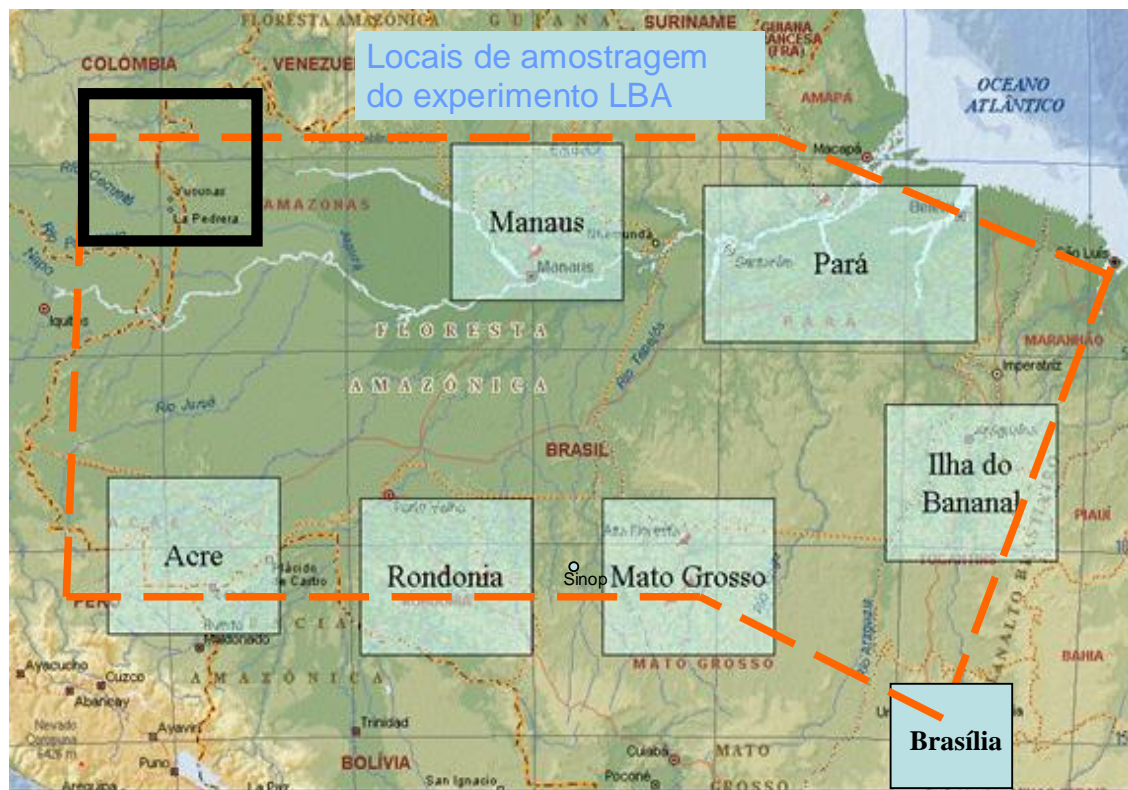


Figura 4.1 – Mapa com a localização das principais regiões a serem exploradas pelo experimento LBA/BARCA. O sistema SIPAM/SIVAM tem presença importante na maior parte desta região.

4.1 a – Medidas de superfície

Durante as duas campanhas intensivas de amostragem, um extenso conjunto de medidas em solo será realizado de modo coordenado. As 14 torres do LBA deverão estar em pleno funcionamento, medindo parâmetros tais como fluxo local de CO₂, respiração do solo, radiação incidente, concentração de gases traços e aerossóis, e medidas de parâmetros meteorológicos. Estas observação seguirão um padrão a ser definido pelo experimento LBA/BARCA, e os dados coletados serão centralizados nas bases de dados do SIPAM e do

LBA. Um conjunto extra de radio sondas será lançado, para uma completa cobertura da região Amazônica, que se somarão às do sistema meteorológico do INMET, da Aeronáutica e do SIPAM. Os radares meteorológicos do SIPAM serão úteis para a identificação de sistemas convectivos localizados e de larga escala. Estes sistemas serão estudados separadamente, pois podem levar a altas altitudes gases produzidos e processados pela superfície.

4.1b – Medidas com aviões em larga escala

O experimento LBA/BARCA deverá utilizar dois aviões: Um Lear Jet 35, da Líder Táxi aéreo, e o avião Bandeirante do INPE. A Figura 4.2 ilustra as duas plataformas de coleta. O avião Lear Jet voa até 42.000 pés, enquanto o Bandeirante voa até 15.000 pés, cobrindo as altitudes necessárias para uma completa cobertura da estrutura atmosférica.



Figura 4.2 - Aviões Lear Jet 35 da Líder Táxi aéreo e o avião Bandeirante do INPE, que serão as duas plataformas de coleta do LBA/BARCA. Estes aviões serão instrumentalizados para a realização das medidas do experimento LBA/BARCA



A **Tabela 4.1** ilustra a instrumentação que será utilizada no Lear Jet. O avião tem um espaço bastante reduzido, e somente medidas críticas serão realizadas nesta plataforma.

Medida	Fonte do instrumento (provisório)	Comentários
H ₂ O, P, T	Jena/Lloyd	Já utilizado no Brasil com sucesso
Lat/Lon/GeoAlt	USP/Artaxo	
CO	Harvard/	VUV
CO ₂	Harvard	Sistema Licor de alta precisão
Frascos	CMDL+USP	Medusa/Miller or suitcases IPEN
O ₃	Birks/2B	Instrumento portátil, mas excelente em aviões,

Tabela 4.1 - Instrumentação que será utilizada no avião Lear Jet.

Já o avião Bandeirante tem possibilidades de instalação de instrumentação muito melhores que o Lear Jet, Pois não tem as mesmas limitações de espaço e potencia. Utilizaremos instrumentação que já voou nesta aeronave do INPE em experimentos anteriores. Em particular as medidas no Bandeirante serão centradas em aerossóis e gases traços, já que a medida destas espécies na estação seca pode influenciar os mecanismos de formação de nuvens e a razão de radiação direta para difusa (Andreae et al., 2004, Artaxo et al., 2002). Tais medidas são difíceis de serem realizadas no Lear Jet. A **tabela 4.2** ilustra a instrumentação a ser operada no avião Bandeirante do INPE.

Medida	Fonte do instrumento (provisório)	Comentários
H ₂ O, P, T	Jena/Lloyd	Já utilizado no Brasil com sucesso
Lat/Lon/GeoAlt	USP/Artaxo	
CO	Mainz	VUV
CO ₂	CMDL Tans/Artaxo	A ser fornecido pelo CMDL
CO ₂	Jena/Lloyd/Artaxo	Já utilizado no Brasil com sucesso
Frascos	CMDL+USP	NOAA/Medusa ou IPEN
O ₃	Birks/2B	
TSI Nephelometer	Artaxo	Fornece o espalhamento ótico por aerossóis
MobPartAnal	Artaxo	Fornece a distribuição de tamanho de aerossóis
PTR-MS	Gunther/Artaxo	Medidas de Vocs em alta resolução

Tabela 4.2 - Instrumentação a ser operada no avião Bandeirante do INPE.

Do ponto de vista de operações de vôos, pretendemos realizar 3 tipos de planos de vôos, que serão coordenados com a situação de fluxo atmosférico em cada momento, fornecido pelos modelos de circulação em alta resolução.

- 1) **Experimentos Lagrangianos regionais:** Medidas diurnas de CO₂, CO e H₂O dentro e acima da camada limite planetária em um padrão seguindo a massa de ar enquanto seu transporte está ocorrendo. Este tipo de vôo fornece vínculos fortes entre processos de superfície e a composição atmosférica enquanto uma massa de ar está sendo transportada e processada pela biosfera.
- 2) **Experimentos Eulerianos:** Perfis verticais realizados em diferentes horas do dia sobre torres do LBA, em áreas selecionadas. Estes vôos podem fornecer fluxos de carbono de primeira ordem e fornecem variação diurna para cada região.
- 3) **Vôos de perfis horizontais de larga escala:** realização de amostragem de CO₂ e outros gases em larga escala junto com o padrão de fluxo sinótico com conhecimento da variabilidade diurna dos experimentos Eulerianos, vão fornecer os vínculos de fluxo de escala regional.

Em particular algumas áreas terão dedicação especiais, tais como a região de Rondônia, onde uma fração importante do solo foi convertido em pastagem. A costa do Atlântico também é uma região crítica, com a entrada de massas de ar em baixos níveis. A região de Santarém com a confluência do Tapajós e do Amazonas; Região de São Gabriel da Cachoeira

deverá ser sobrevoada pela primeira vez, em área preservada da Amazônia. O desenho específico dos vôos também levará em conta as medidas de superfície nas torres do LBA.

4.2 – Estratégia de Modelamento

O sistema de modelamento a ser utilizado na parte de inversão do experimento LBA/BARCA é baseado em uma integração próxima entre as medidas nas aeronaves e a meteorologia regional, e foi desenvolvido na Universidade de Harvard (Gerbig et al., 2003, Lin et al., 2003). O modelo pertence à classe geral de modelos de inversão, e tem sido largamente utilizado em experimentos de escala regional e global (Gurney et al., 2002, Ciais, 1995, Tans, 1990, Gloor et al., 1999). O modelo é baseado em trajetórias de parcelas de ar que são estatisticamente processadas (Stohl et al., 1998). A concentração de CO₂ no ponto \mathbf{x} no instante t_r pode ser representada como uma representação formal entre as fontes e sorvedouros $S(\mathbf{x}, t)$ [Gerbig et al., 2003, Lin et al., 2003]:

$$C(\vec{r}_r, t_r) = \int_{t_0}^{t_r} \iiint_V I(\vec{r}_r, t_r | \vec{r}, t) F(\vec{r}, t) dV dt + \iiint_V I(\vec{r}_r, t_r | \vec{r}, t_0) C(\vec{r}, t) dV$$

Onde $I(\mathbf{x}_r, t_r | \mathbf{x}, t)$ leva em conta o transporte atmosférico, especificando a fração de um elemento do fluido que estava em \mathbf{x} no tempo t . O primeiro termo do lado direito desta equação leva em conta a contribuição biosférica e antropogênica nas mudanças de CO₂ em (\mathbf{x}_r, t_r) , desde o instante de inicialização t_0 e o tempo t_r . O segundo termo refere-se à contribuição para a observação devido à advecção de CO₂ a partir do campo inicial de concentrações $CO_2(\mathbf{x}, t_0)$.

A função de influência pode ser vista como uma função que vincula os fluxos de superfície às variações de concentração no receptor, e é expressa como:

$$I(\vec{r}_r, t_r | \vec{r}, t) = \frac{\rho(\vec{r}_r, t_r | \vec{r}, t)}{P} \sum_{p=1}^P \delta[r_p(t) - \vec{r}]$$

Esta função de influência expressa a possibilidade de uma parcela de massa de ar emitida na posição \mathbf{r} e no tempo t ter sido observada no ponto de medida. É a componente central do modelo de inversão. O modelo de mesoescala leva em conta a convecção, e a advecção e é otimizado para a região Amazônica. Experimentos anteriores tem mostrado que o papel da convecção profunda no transporte de gases e aerossóis é bastante importante na Amazônia (Andreae et al., 2001). O esquema completo de inversão é bastante complexo, e a **figura 4.2.1** ilustra os diferentes componentes do sistema. Um modelo biosférico trata da emissão de CO₂ na superfície, trabalhando em conjunto com o modelo de inversão (STILT) e o modelo de mesoescala BRAMS, desenvolvido a partir do modelo RAMS (Pielke et al., 1992). Parametrizações de processos já estudados por várias equipes do LBA serão utilizados no modelo de superfície, tais como a dependência da radiação PAR na fixação de carbono por fotossíntese, entre outros processos. A variabilidade de densidade da biomassa também é um parâmetro importante e será incorporada no modelo biosférico (Baker et al., 2004). A dinâmica de carbono no solo também é um parâmetro importante (Camargo et al., 1999). Na figura 4.2.1 observamos que o módulo de assimilação de dados do modelo é um aspecto importante, fazendo com que o conjunto de medidas em torres seja parte integrante do

processo em larga escala, com o modelo servindo de ferramenta de escalonamento do fluxo de CO₂.

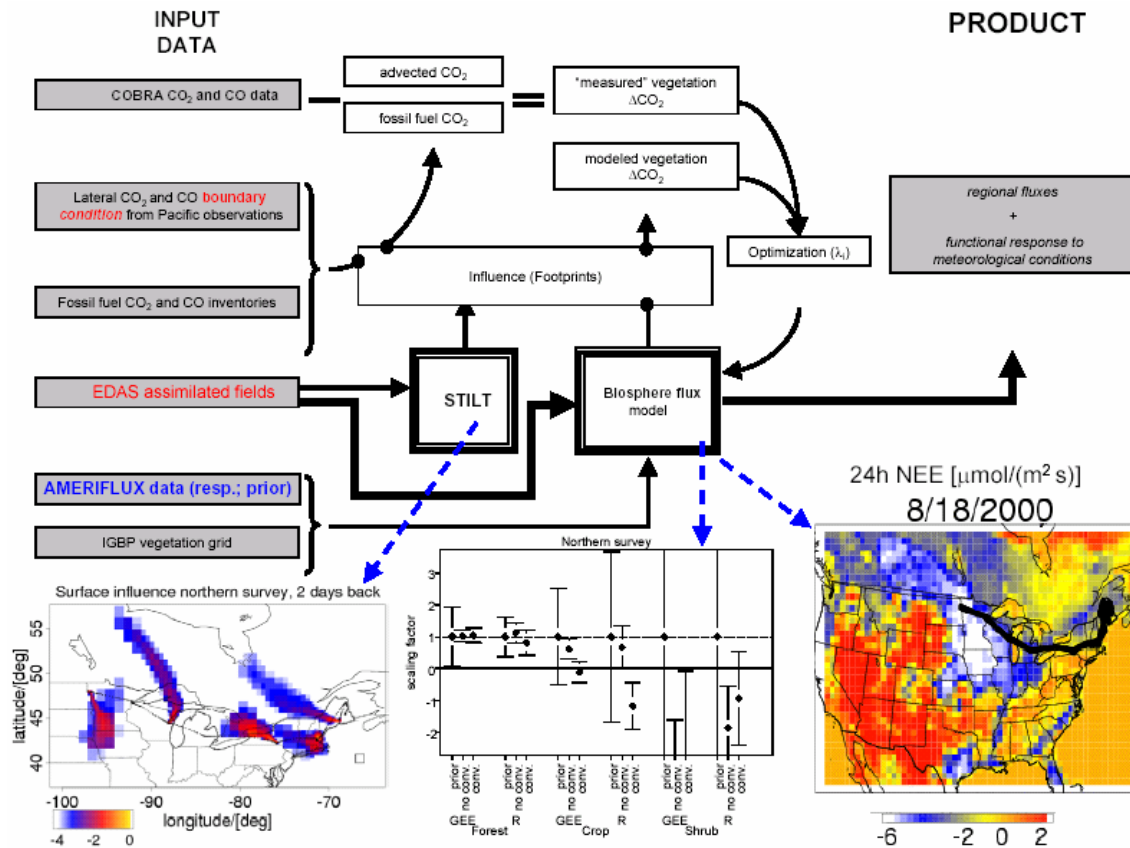


Figura 4.2.1 - Componentes do sistema de inversão, com as informações de entrada e o produto de saída do sistema. Um modelo biosférico trata da emissão de CO₂ na superfície, trabalhando em conjunto com o modelo de inversão (STILT) e o modelo de mesoescala (BRAMS).

5 - Treinamento e Educação na proposta LBA/BARCA

Como parte integrante do experimento LBA, esta proposta também contempla de modo bastante forte a formação de recursos humanos. Pretendemos integrar estas atividades no sistema de treinamento e educação do LBA, além de transferir a tecnologia de modelamento de inversão ao SIPAM/SIVAM. Os pesquisadores estrangeiros envolvidos nesta proposta ministrarão cursos de curta duração em universidades e centros de pesquisas na Amazônia. Antes da realização do experimento, dois workshops serão realizados nos principais centros da Amazônia (Manaus e Belém), com o intuito de treinar estudantes e pesquisadores na temática da proposta. Após a realização das campanhas de amostragem, workshops de análises de dados serão realizados nestes mesmos centros.

A base de dados a ser coletada, além de estar disponível no sistema de distribuição de dados do LBA (LBA/DIS), também será depositada no centro do SIPAM em Manaus, integrando-a ao sistema de informações ambientais da Amazônia gerido pelo SIPAM em Manaus. Estudantes de instituições Amazônicas e de fora da Amazônia terão uma oportunidade importante de trabalhar em uma temática intrinsecamente interdisciplinar e com cursos de treinamento na temática. As medidas coordenadas em solo serão coordenadas pela equipe do LBA que trabalha na homogeneização de dados das torres do LBA.

6 - Referências e bibliografia

- Andersen LE, Granger CWJ, Reis EJ, Weinhold D, Wunder S (2002) The dynamic of deforestation and economic growth in Brazilian Amazonia. Cambridge University Press, UK
- Andreae M.O., et al., (2002) Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments *J. Geophys. Res.* 107 (D20): Art. No. 8066
- Andreae M. O. et al., (2001) Transport of biomass burning smoke to the upper troposphere by deep convection in the equatorial region, *Geophys. Res. Lett.* 28 (6): 951-954
- Andreae MO, Rosenfeld D, Artaxo P, Costa AA, Frank GP, Longo KM, Silva-Dias MAF (2004) Smoking Rain Clouds over the Amazon. *Science*, 303 (5662): 1337-1342
- Araujo AC, Nobre AD, Kruijt B, Culf AD, Stefani P, Elbers J, Dallarosa R, Randow C, Manzi AO, Valentini R, Gash JHC, Kabat P (2002) Dual tower longterm study of carbon dioxide fluxes for a central Amazonian rain forest: The Manaus LBA site. *J. Geophys. Res.* 107, D20, 8090, doi:10.1029/2001JD000676
- Artaxo P, Andreae MO, Guenther A, Rosenfeld D (2001) LBA Atmospheric Chemistry: Unveiling the lively interactions between the biosphere and the Amazonian atmosphere. IGBP Global Change Newsletter LBA Special Issue, 12-15.
- Artaxo P, Martins JV, Yamasoe MA, Procopio AS, Pauliquevis TM, Andreae MO, Guyon P, Gatti LV, Leal AMC, Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry seasons in Rondonia, Amazonia (2002) *J. Geophys. Res.* 107 (D20).
- Avissar R, Silva Dias PL, Silva Dias MAF, Nobre C (2002) The Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA): Insights and future research needs. *J Geophys Res-Special LBA Issue*, 107, 10.1029/2002JD002704.
- Baker TR, et al., (2004) Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biol* 10 (5): 545-562
- Baker TR, et al., (2004) Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, DOI 10.1098/rstb.2003.1422
- Camargo PB, Trumbore SE, Martinelli LA, Davidson EA, Nepstad DC, Victoria RL (1999) Soil carbon dynamics in regrowing forest of eastern Amazonia. *Global Change Biology* 5:693-702.
- Chambers JQ, Higuchi N, Tribuzy ES, Trumbore SE (2001b) Sink for a Century: Carbon sequestration in the Amazon. *Nature* 410 (6827): 429-429
- Chambers JQ, Silver WL (2004) Some aspects of ecophysiological and biogeochemical responses of tropical forests to atmospheric change. *Phil. Trans. R. Soc. Lond B* 359 (1443): 463-476 MAR 29 2004
- Ciais, P., P.P. Tans, J.W.C. White, M. Trolier, R.J. Francey, J.A. Berry, D.R. Randall, P.J. Sellers, J.G. Collatz, and D.S. Schimel, Partitioning of ocean and land uptake of CO₂ as inferred by $\delta^{13}\text{C}$ measurements from the NOAA climate monitoring and diagnostics laboratory global air sampling network, *J. Geoph. Res.*, 100, 5051-5070, 1995.
- Claeys M, Graham B, Vas G, Wang W, Vermeylen R, Pashynska V, Cafmeyer J, Guyon P, Andreae MO, Artaxo P, Maenhaut W (2004) Formation of secondary organic aerosols through photo-oxidation of isoprene. *Science* 303: 1173-1176
- Clark DA (2004) Sources or sinks? The responses of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, DOI 10.1098/rstb.2003.1426.
- Clark, DA (2002) Are tropical forests an important carbon sink? Reanalysis of the long-term plot data. *Ecol Applic* 12: 3-7.
- Cochrane MA and Laurance WF (2002) Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forests. *J Tropical Ecol* 18:1-15
- Cox PM, Betts RA, Jones CD, Spall SA, Totterdell IJ (2000) Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 408: 184-187.
- Daube, B.C., K.A. Boering, A.E. Andrews, and S.C. Wofsy, A high-precision fast-response airborne CO₂ analyzer for in situ sampling from the surface to the middle stratosphere, *J. Atmospheric and Oceanic Technology*, 19, 1532-1543, 2002.
- Fan S, Gloor M, Mahlman J, Pacala S, Sarmiento J, Takahashi T, Tans P (1998). A large terrestrial carbon sink in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models. *Science* 282: 442-446
- Fearnside PM (1997) Greenhouse gases from deforestation in Brazilian Amazonia: Net committed emissions. *Climatic Change* 35:321-360
- Fearnside PM (2000) Global warming and tropical land use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition, and soils in forest conversion, shifting cultivation, and secondary vegetation. *Climatic Change* 46: 115-158.
- Gerbig, C., J.C. Lin, S.C. Wofsy, B.C. Daube, A.E.

- Andrews, B.B. Stephens, P.S. Bakwin, and C.A. Grainger, Towards constraining regional scale fluxes of CO₂ with atmospheric observations over a continent, Part II: Analysis of COBRA data using a receptor oriented framework, *J. Geophys. Res.*, In Press, 2003.
- Gloor, M., S.-M. Fan, S. Pacala, J. Sarmiento, and M. Ramonet, A model-based evaluation of inversions of atmospheric transport, using annual mean mixing ratios, as a tool to monitor fluxes of nonreactive trace substances like CO₂ on a continental scale, *J. Geophys. Res.*, 104 (D12), 14245-14260, 1999.
- Grace J, Lloyd J, McIntyre J, Miranda AC, Meir P, Miranda HS, Moncrieff J, Massheder J, Wright I, Gash J (1995 b) Fluxes of carbon dioxide and water vapor over an undisturbed tropical forest in south-west Amazonia. *Global Change Biology* 1, 1-12
- Granier C, Artaxo P, Reeves C (eds) Emissions of trace gases and aerosols into the atmosphere, Kluwer Publishing Co. 2004.
- Greenberg JP, Guenther AB, Petron G, Wiedinmyer C, Vega O, Gatti L, Tota J, Fisch G. Biogenic VOC emissions from forested and cleared Amazonian landscapes. *Global Change Biology*, 10(5): 651-662.
- Gunther A (2002) The contribution of reactive carbon emissions from vegetation to the carbon balance of terrestrial ecosystems. *Chemosphere* 49: 837-844.
- Gurney KR, et al., (2002) Towards robust regional estimates of CO₂ sources and sinks using atmospheric transport models. *Nature* 415 (6872): 626-630
- Houghton RA (2003 b) Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus* 55B: 378-390
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) (2004) Desflorestamento 1998-2004. INPE, São José dos Campos, São Paulo, Brazil
- Kesselmeier J, Kuhn U, Wolf A, Andreae MO, Ciccioli P, Brancaleoni E, Frattoni M, Guenther A, Greenberg J, Vasconcellos PD, De Oliva ST, Tavares T, Artaxo P (2000) Atmospheric volatile organic compounds (VOC) at a remote tropical forest site in central Amazonia. *Atmospheric Environment* 34:4063-4072
- Kruijt B, Malhi Y, Lloyd J, Norbre AD, Miranda AC, Pereira MGP, Culf A, Grace J (2000) Turbulence statistics above and within two Amazon rain forest canopies, *Boundary-Layer Meteorol*, 94, 297-331
- Lin, J.C., C. Gerbig, S.C. Wofsy, A.E. Andrews, B.C. Daube, K.J. Davis, and C.A. Grainger, A near-field tool for simulating the upstream influence of atmospheric observations: the Stochastic Time-Inverted Lagrangian Transport (STILT) model, *J. Geophys. Res.*, 108 (D16), 4493, doi:10.1029/2002JD003161, 2003.
- Lloyd J, Bird MI, Veenendaal EM, Kruijt B (2001) Should phosphorus availability be constraining moist tropical forest responses to increasing CO₂ concentrations? In: Schulze ED (Ed.) *Global Biogeochemical Cycles in the Climate System*. Academic Press, San Diego, pp 95-114.
- Lloyd, Jon, O. Kolle, H. Fritsch, S. R. de Freitas, M. A. F. Silva Dias, P. Artaxo, A. D. Nobre, A. C. de Araújo, Bart Kruijt, Gilberto Fisch, Axel Thielmann & Meinrat O. Andreae, Atmospheric boundary layer measurements argue against a strong Amazonian carbon sink. Submetido para publicação em *Science*, Julho de 2004.
- Malhi Y, et al., (2004 c) The above-ground wood productivity and net primary productivity of 100 neotropical forest plots. *Global Change Biology*, 10(5): 563-591.
- Malhi Y, Phillips OL (2004 a) Tropical forests and global atmospheric change: a synthesis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* DOI 10.1098/rstb.2003.1449.
- Malhi Y, Wright J (2004 b) Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical rainforest regions. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, DOI 10.1098/rstb.2003.1433
- Nepstad D, Lefebvre P, Silva Jr. UL, Tomasella J, Schlesinger P, Solorzano L, Moutinho P, Ray D. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: A basin-wide analysis. *Global Change Biology*, 2004.
- Phillips O, et al., (2004) Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976-2001. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, DOI 10.1098/rstb.2003.1438
- Pielke, R.A., W.R. Cotton, R.L. Walko, C.J. Tremback, W.A. Lyons, L.D. Grasso, M.E. Nicholls, M.D. Moran, D.A. Wesley, T.J. Lee, and J.H. Copeland, A comprehensive meteorological modeling system--RAMS, *Meteorol. Atmos. Phys.*, 49, 69-91, 1992.
- Procópio A. S., Artaxo P, Kaufman YJ, Remer LA, Schafer J S, Holben BN (2004) Multiyear analysis of amazonian biomass burning smoke radiative forcing of climate. *Geophysical Research Letters*, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L03108, doi:10.1029/2003GL018646.
- Richey JE, Melack JM, Aufdenkampe AK, Ballester VM, Hess LL (2002) Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. *Nature* 416: 617-620.
- Saleska SR, et al. (2003). Carbon in Amazon forests: unexpected seasonal fluxes and disturbance-induced losses. *Science* 302 1554-1557
- Schimmel, D. S., et al., (2001) Recent patterns and

mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. *Nature* 414:169-172.

Schimel, DS 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon-cycle. *Global Change Biology* 1: 77- 91.

Silva Dias, M. A. F., et al., Clouds and rain processes in a biosphere atmosphere interaction context in the Amazon Region, *J. Geophys. Res.*, 107, 8072, doi:10.1029/2001JD000335, 2002a.

Stohl, A., Computation, accuracy and applications of trajectories--a review and bibliography, *Atmospheric Environment*, 32 (6), 947-966, 1998.

Tans PP., I. Y. Fung, and T. Takahashi. 1990. Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget. *Science* 247: 1431-1438.

Tian H, JMelillo JM, Kicklighter DW, McGuire AD, Helfrich III J, Moore III B, Vorosmarty CJ (2000) Climatic and biotic controls on annual carbon storage in Amazonian ecosystems. *Global Ecology and Biogeography* 9:315-335.

Werth D, Avissar R (2002) The local and global effects of Amazon deforestation. *J. Geophys. Res.*, 107, 8087,doi: 10.1029/2001JD000717.

Wiedinmyer C, Guenther A, Harley P, Hewitt N, Geron C, Artaxo P, Steinbrecher R, Rasmussen R (2004) Global Organic Emissions from Vegetation. In: Granier C, Artaxo P, Reeves C (eds) *Emissions of trace gases and aerosols into the atmosphere*, Kluwer Publishing Co..

Apêndice 1

PROPOSTA DE COOPERAÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL “BARCA – BALANÇO ATMOSFÉRICO REGIONAL DE CARBONO NA AMAZÔNIA”

Relação de Pesquisadores de Instituições Nacionais - Um total de 42 pesquisadores brasileiros são participantes desta proposta científica

	Pesquisador	Instituição
1	Adilson Wagner Gandu	DCA/IAG/USP
2	Alan Pantoja Braga	Meteorologia UFPa
3	Alejandro Antonio Fonseca Duarte	Universidade Federal do Acre
4	Alessandro Bezerra Trindade	FUCAPI – Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica
5	Alexandre Kemenes	INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
6	Alexandre Lima Correia	Instituto de Física da USP
7	Antonio Ocimar Manzi	INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
8	Arlete Silva de Almeida	MPEG
9	Azeneth Eufrausino Schuler	IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
10	Carlos Afonso Nobre	INPE/CPTEC
11	Celso von Randow	INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
12	Gilberto Fernando Fisch	Centro Técnico Aeroespacial (CTA)
13	Humberto Ribeiro da Rocha	DCA/IAG/USP
14	Jair Max Furtunato Maia	UnB
15	João de Athaydes Silva Junior	Meteorologia UFPa
16	João Tito Borges	FUCAPI Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica
17	José A. Marengo	INPE/CPTEC
18	José Manoel Saraiva Faria	INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
19	José Vanderlei Martins	IFUSP - Instituto de Física da USP
20	Julia Clarinda Paiva Cohen	UFPa - Universidade Federal do Pará
21	Julio Tota da Silva	INPA
22	Karina D’Oran Virgolino	FUCAPI Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica
23	Karla Maria Longo	INPE/CPTEC
24	Leonardo Deane de Sá	MPEG
25	Luciana Vanni Gatti	IPEN
26	Luciana Varanda Rizzo	IFUSP - Instituto de Física da USP
27	Luiz Antonio Martinelli	CENA/USP
28	Luiz Augusto Toledo Machado	INPE/CPTEC
29	Marcia Akemi Yamasoe	DCA/IAG/USP
30	Marcos Longo	DCA/IAG/USP
31	Maria Assunção F. Silva Dias	INPE/CPTEC
32	Marysol Azeneth E. Schuler	IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
33	Paulo Eduardo Artaxo Netto	IFUSP - Instituto de Física da USP

34	Paulo Henrique Lopes Gonçalves	Meteorologia UFPA
35	Pedro Leite da Silva Dias	DCA/IAG/USP
36	Rafael Ferreira da Costa	UFPA
37	Renato Ramos da Silva	Universidade de Duke
38	Ricardo de Oliveira Figueiredo	Embrapa Amazônia Oriental
39	Ricardo Luiz Godinho Dallarosa	SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia, Centro Regional de Manaus
40	Rodrigo Gevaerd	DCA/IAG/USP
41	Saulo Ribeiro de Freitas	INPE/CPTEC
42	Volker W.J.H. Kirchhoff	INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Apêndice 2

PROPOSTA DE COOPERAÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL “BARCA – BALANÇO ATMOSFÉRICO REGIONAL DE CARBONO NA AMAZÔNIA”

Relação de Pesquisadores de Instituições Internacionais – Um total de 54 pesquisadores estrangeiros são participantes desta proposta científica.

1	Alex Brian Guenther	National Center for Atmospheric Research Boulder, Co, USA
2	Alexander E. Tsoyref	University at Albany, Nova York, USA
3	Alfram von Hoessle Bright	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
4	Ann Cristine Steele	Science Systems & Applications, Inc. NASA, USA
5	Araceli Bracho Nunez	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
6	Barbel Winterholler	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
7	Bethany Ann Reed	NASA LBA ECO Project, USA
8	Britton Bruce Stephens	National Center for Atmospheric Research, Boulder, Co.
9	Bruce Channing Daube Jr.	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
10	Cristoph Gerbig	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
11	Daniel Justin Hodkinson	LBA-Ecology Project, NASA, USA
12	Daniel Michael Matross	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
13	David Roy Fitzjarrald	University at Albany, Nova York, USA
14	Duli Chand	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
15	Elaine Webster Gottlieb	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
16	Goran Peter Frank	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
17	Gunnar Luderer	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
18	Gunther Adolf Schebeske	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
19	Heather Dawn Graven	University of California, USA
20	Ilva Giomar Chaparro Suarez	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
21	James Philip Greenberg	National Center for Atmospheric Research Boulder, Co, USA
22	James William Munger	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
23	Jess Everett Alexander	University of New Hampshire, USA
24	John Bharat Miller	National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA
25	John Chun-Han Lin	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
26	John Walter Budney	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
27	Jorn von Jouanne	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
28	Jurgen Wilhelm Kesselmeier	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
29	Lucy Hutyra	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
30	Mahadevan Pathmathevan	University of Tokyo)
31	Maria O’Healy Hunter	Mounth Holyoke College, USA
32	Matthew John Czikowsky	University at Albany, Nova York, USA
33	Meinrat Rudolf Otto Georg Andreae	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
34	Michael Josef Welling	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
35	Michael Lon Goulden	University of California, USA
36	Michael Maier Keller	University of New Hampshire, USA

37	Michael William Palace	University of New Hampshire, USA
38	Niklas Jurgens	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
39	Nina-Maria Knothe	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
40	Otmar Schmid	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
41	Patrick Michael Crill's	University of New Hampshire, USA
42	Peter Campbell Harley	National Center for Atmospheric Research Boulder, Co, USA
43	Peter Collins Griffith	Science Systems & Applications, Inc. NASA, USA
44	Rodrigo Jimenez-Pizarro	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
45	Ruth Kerwin Varner	University of New Hampshire, USA
46	Scott Dennis Miller	University of California, USA
47	Scott Reid Saleska	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
48	Stephen Charles Hagen	University of New Hampshire, USA
49	Steven Charles Wofsy	Harvard University, Cambridge, Ma, USA
50	Tamara Dindorf	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
51	Thomas Gunter Karl	National Center for Atmospheric Research Boulder, Co, USA
52	Troy Patrick Beldini	NASA LBA-ECO Project, USA
53	Ulrike Dusek	Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany
54	Victoria Ye Chow	Harvard University, Cambridge, Ma, USA