



Modelando a contribuição da evapotranspiração da floresta Amazônica para o fluxo de umidade que deixa a região em direção ao sul durante a estação seca: a importância da camada limite e da convecção profunda



Henrique Barbosa¹ e Carlos Nobre²
¹IF/USP, Rua do Matão, 187, São Paulo – SP 05508-090
²CCST/INPE, Av. dos Astronautas, 10758, São José – SP 12227-000
 Telefone: +55-11-3091-7070 Email: hbarbosa@if.usp.br

Introdução

Nos últimos anos, tem surgido um interessante debate científico sobre o papel da floresta Amazônica para as chuvas ao sul desta região, notadamente as chuvas no centro e sudeste do Brasil e mesmo para as regiões subtropicais da América do Sul na Argentina, Paraguai, Uruguai e sul do Brasil. **Este trabalho é parte de um projeto de modelagem, onde monitora-se a dispersão do vapor d'água evaporado da floresta Amazônica.** Utiliza-se o novo modelo global atmosférico do CPTEC (baseado em Cavalcanti et al 2002), cuja dinâmica semi-Lagrangiana permite definir traçadores transportados pelo vento.

O projeto previa duas fases:

1. Inicialmente tratar a evapotranspiração como um traçador passivo, ou seja sem incluir a mudança de fase nos processos úmidos.
2. Posteriormente incluir as mudanças de fase e o transporte turbulento na camada limite planetária (CLP).

Apresentamos resultados da fase inicial deste projeto e mostramos que não é possível tratar adequadamente o transporte de vapor d'água amazônico, mesmo em períodos de estiagem, sem considerar os efeitos da convecção profunda e da CLP. Nossas simulações para a estação seca, também mostraram que os efeitos da convecção rasa e de larga escala são menos expressivos.

Período sem chuva

Nesta fase inicial não foram incluídos os efeitos da convecção e nem da CLP, por isto buscamos representar situações típicas de inverno ou de seca, com alguns dias seguidos sem chuva no centro e sul da Amazônia.

Estudos da seca de 2005 (referências) indicaram que a redução das chuvas naquele ano (ver Figura 1) não foi acompanhada de redução na evapotranspiração da floresta.

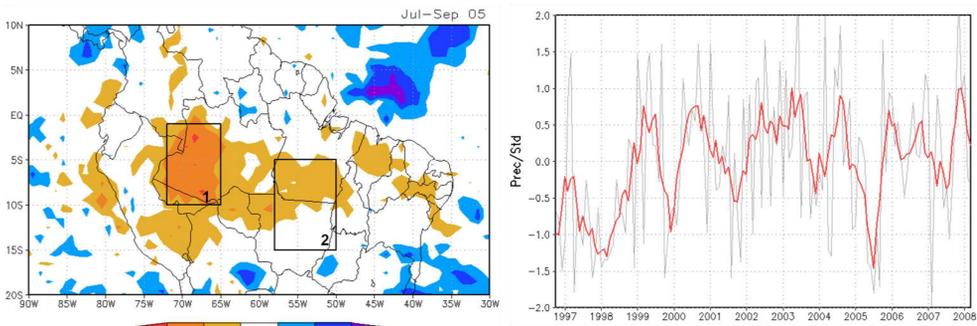


Fig. 1 – Razão entre a anomalia de precipitação e seu desvio padrão: média de julho a setembro de 2005 (esquerda) e série temporal da média espacial na região 1 (direita). Baseado em dados diários do GPCP, disponíveis a partir de outubro de 96.

Avaliamos a série de precipitação diária para as duas regiões indicadas na figura 1 e encontramos que no período de 7 de julho a 15 de agosto a precipitação foi muito reduzida, como pode ser visto observando-se a curva azul na figura 2. Foram feitas cinco simulações partindo de diferentes condições iniciais nesses dias.

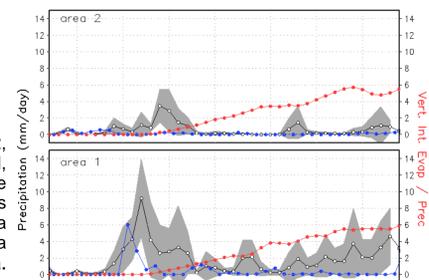


Fig.2 – Precipitação média diária nas regiões 1 e 2, segundo: observações do GPCP (azul, Huffman et al, 2001) e o modelo do CPTEC (preto: média do conjunto e cinza: ± 1 desvio padrão). A curva em vermelho assume valores no eixo da direita e representa a média na área da razão entre a massa de água evapo-transpirada da floresta e a massa total de água.

Apesar de claros os sistemáticos, como o excesso de chuva nos Andes e na América central, o modelo simulou muito bem a distribuição de precipitação na região neste período, como pode ser percebido comparando os dois painéis da figura 3.

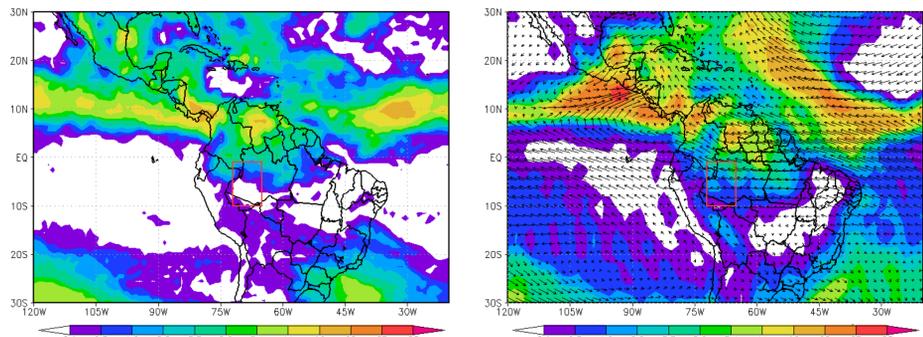


Fig.3 – Precipitação média entre 18/7 e 6/8 segundo: observações do GPCP (esquerda) e o modelo do CPTEC (direita). As flechas no painel da direita representam o transporte de umidade integrado na vertical.

Referências

Cavalcanti, I. F. A. et al., 2002: *Climatological features in a simulation using CPTEC-COLA AGCM*, J. Climate, 15, 2965-2988.
 Huffman, G.J. et al., 2001: *Global Precipitation at One-Degree Daily Resolution from Multi-Satellite Observations*. J. Hydrometeor., 2, 36-50.
 Arraut, J.M., 2008: *Ciclo anual de transporte de umidade sobre a Amazônia e de chuvas nos subtropicais da América do Sul*, nesta conferência.

Transporte da evapotranspiração

A seqüência de imagens na figura abaixo mostra o transporte da umidade evapotranspirada da floresta Amazônica entre 7 de julho e 14 de agosto de 2005. Percebe-se como a advecção do traçador passivo funciona.

Entretanto, nestas simulações, os valores do conteúdo de vapor integrado na vertical da componente vinda da evapotranspiração atinge valores muito elevados, chegando a superar o conteúdo total de água. Isto indica uma dificuldade técnica que precisa ser superada para que se possa dar continuidade ao experimento. Na Figura 2 a curva vermelha indica o valor médio da razão entre estes dois valores para cada uma das duas regiões indicadas na figura 1. Após poucos dias de integração o conteúdo de água vinda da floresta ultrapassa o conteúdo total.

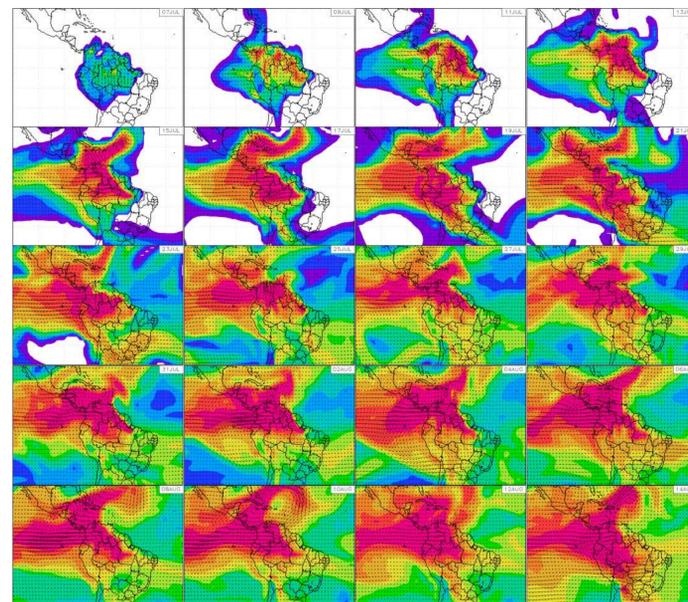


Fig. 4 – Umidade evapotranspirada integrada no vertical (cores) e seu transporte (vetores). Os dois campos são calculados em cada passo de tempo do modelo (20min) que escreve saídas a cada 24hs. As escalas são as mesmas em todos os painéis, mas são arbitrárias.

Diagnóstico do Problema:

A água evapotranspirada pela floresta é injetada no primeiro nível. Como não se considerou o efeito da CLP nesta componente, não há nenhum processo turbulento naquele nível para misturar este conteúdo na vertical, e o vapor da floresta permanece nos baixos níveis. Isto pode ser visto na figura 5 que mostra o perfil vertical de vapor da floresta e o total. Após um dia de integração, o conteúdo de vapor vindo da floresta já ultrapassa 20 g/kg na superfície e segue crescendo continuamente (figura 2). Em baixo níveis os ventos são menos intensos e a água evapotranspirada acumula-se.

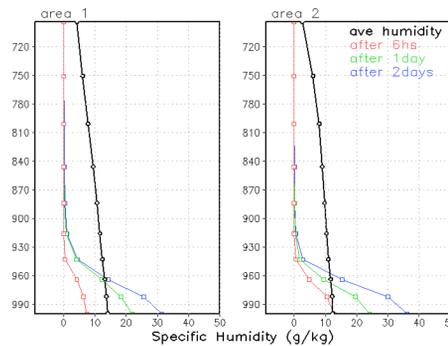


Fig. 5 – Perfil vertical do conteúdo de vapor de água total (preto) e apenas aquele evapotranspirado (cores). A curva em preto (total) é a média dos dois primeiros dias de integração, enquanto que aquelas em cores são os perfis de água evaporada após 6hs (vermelho), 1 dia (verde) e 2 dias (azul).

Processos Físicos que Precisam ser Incluídos

São quatro os processos físicos que não foram considerados e que são importantes para transportar a umidade evapotranspirada na superfície para níveis mais altos ou para removê-la:

1. Convecção profunda
2. Convecção rasa
3. Condensação de larga escala
4. Turbulência na CLP

A figura 6 mostra o perfil vertical de dq/dt devido a cada um dos processo acima. Observar-se que a CLP é o mais importante. Em segundo lugar vem a convecção profunda, mesmo sendo uma época de seca e inverno, com baixas taxas de precipitação.

A diferença entre os dois efeitos indica que talvez seja possível simular situações de inverno, em algumas regiões, incluindo-se apenas o efeito da CLP.

Além disso, pelo menos nestas regiões e neste período, os efeitos da convecção rasa e da condensação de larga escala não são suficientemente pequenos para serem desprezados.

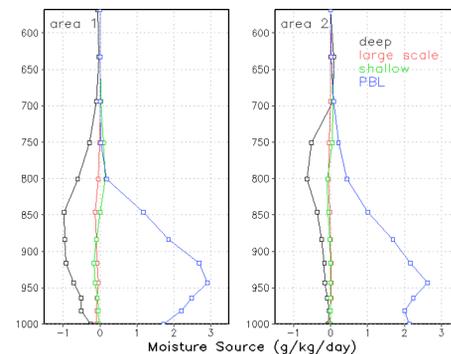


Fig. 6 – Perfil vertical médio das tendências na umidade específica devido a convecção e a CLP, segundo simulação do CPTEC GCM.

Conclusões e Trabalho Futuro

1) Não é possível tratar adequadamente o transporte de vapor d'água amazônico, mesmo em períodos de estiagem, sem considerar os efeitos da CLP. Os efeitos da convecção rasa e de larga escala devem ser menos importantes.

2) Durante julho/05, a circulação predominante sobre a Amazônia não favoreceu o transporte de umidade para o sul. Segundo a climatologia de Arraut (2008, nesta conferência), este transporte para o sul só acontece a partir de setembro.

O próximo passo será incluir o efeito da camada limite e o transporte devido a convecção profunda para poder avaliar a importância da evapotranspiração da floresta para o fluxo total de vapor que deixa a Amazônia em direção ao sul.