Trajetórias do Ar e Dispersão de Mercúrio na Região de Alta Floresta-MT, Durante a Época de Queimadas.

Edson J. P. Rocha
Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, PA
Carlos A. Nobre
Igor Trosnikov
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP.
Gilberto F. Fisch
Instituto de Atividades Espaciais - IAE/CTA, São José dos Campos, SP
Ralf Gielow
Regina C Santos-Alvalá
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP

Abstract

The trajectories of air parcels and the dispersion of contaminants originating in Alta Floresta-MT (09°52'S, 56°06'W, 288 m), during the dry burning season in this alluvial gold-mining region, which injects mercury in the atmosphere, are determined through a semi-lagrangian numerical scheme, following an isentropic surface. Data from the Atmospheric Boundary Layer Experiment in Alta Floresta-ECLAF, carried out from August, 15 to 30, 1995, together with NMC analises for the region, were used. The region was under the influence of an anti-cyclone, that inhibited the convection, except on days 28 and 29, when an instability in the east occured. The dominant direction of the wind, up to 500 m, was from the S-SE quadrant, with an average value of 4m/s at 250 m. The trajectories at the beginning of the period were directed towards NW, reaching Rondonia in four days, thus demonstrating that the air may carry mercury to non-mining areas during the calm dry burning season.

1 Introdução

A exploração do ouro na Amazônia, intensificada com a descoberta de Serra Pelada, é feita de maneira desordenada e sem nenhuma política ambiental, ou alternativa tecnológica para a sua produção. O uso do mercúrio no processo de extração do ouro é uma das principais fontes de poluição do meio ambiente, causando problemas à saúde dos habitantes da Região Amazônica. O mercúrio é lançado no meio ambiente tanto na forma líquida durante o processo de separação do ouro do material sólido, alcançando rapidamente a rede de drenagem, quanto na forma de vapor durante a"queima" ao ar livre do ouro amalgamado. O tempo de residência do mercúrio na atmosfera é da ordem de meses, sendo que aproximadamente 40% do total emitido deposita-se, rapidamente, a poucos quilômetros da fonte (Lacerda, 1990). Esta deposição pode ser seca, ou através da chuva. Assim, a contaminação da bacia hidrográfica onde está localizada a fonte poluidora pode ser determinada; entretanto, o mercúrio levado pelas correntes atmosféricas pode contaminar bacias hidrográficas vizinhas, ou mesmo, distantes, podendo nelas também atingir níveis preocupantes, dependendo da intensidade da fonte. Neste trabalho, durante a estação seca e de queimadas, a partir de Alta Floresta, MT (09°52'S, 56°06'W, 288 m), estudam-se as trajetórias do ar e, consequentemente, as direções tomadas pelo mercúrio gasoso arrastado, estimando-se também a sua dispersão a partir da fonte de emissão.

2 Dados e Metodologia

A trajetória de parcelas de ar, seguindo superfícies isentrópicas a partir de fontes localizadas na superfície do solo, é determinada através de um esquema numérico semi-lagrangeano de advecção descrito por Williamson e Rasch (1989) e por Staniforth e Côté (1991): As coordenadas de posição das parcelas de ar (x -zonal e y - meridional, sendo a vertical igual à altura da superfície isentrópica seguida) são obtidas pela integração, através de um esquema de Crank-Nicholson, das expressões lagrangeanas dos componentes zonal (u) e meridional (v) do vento. Deste modo, a posição de uma parcela de ar, cuja trajetória inicia na superfície do solo em x0 e y0, é dada por:

$$x_a(t) = x_d(t-\Delta t) + \frac{\Delta t}{2}[u_d(t-\Delta t) + u_a(t)] \qquad (1)$$

$$y_a(t) = y_d(t-\Delta t) + \frac{\Delta t}{2}[v_d(t-\Delta t) + v_a(t)] \qquad (2)$$

onde o índice a refere-se à situação no instante t, enquanto d corresponde ao instante anterior, t - Δt, sendo Δt o intervalo de integração. para uma dada precisão, o incremento de tempo, neste esquema, pode ser bem maior que o de esquema euleriano correspondente, em razão de sua maior estabilidade numérica. no presente estudo, Δt = 1 hora.

Os componentes zonal e meridional do vento, bem como os perfis termodinâmicos necessários, em cada posição, são obtidos das análises feitas pelo National Meteorological Center - NMC, complementadas com as observaçõés feitas,por radiossondagens e balões cativos, durante o Experimento para o Estudo da Camada Limite de Alta Floresta - ECLAF (Santos-Alvalá et al, 1996), realizado em Alta Floresta, MT de 15 a 30 de agosto de 1995. Interpolações, quando

necessárias, são efetivadas através de splines cúbicos quase-monotônicos, os quais evitam oscilações (Bermejo e Staniforth, 1992)

A dispersão de contaminantes, no caso o mercúrio, é determinada de maneira semelhante (Brasseur e Madronich, 1992), partindo da equação da difusão atmosférica com fonte emissora, resultando na seguinte expressão numérica semi-lagrangeana:

$$\chi_a(t) = \chi_d(t-\Delta t) + \frac{\Delta t}{2}[D_d^{\chi}(t-\Delta t) + D_a^{\chi}(t-\Delta t)] + \frac{\Delta t S_{\chi}}{\rho} \qquad (3)$$

onde χ é a razão de mistura do contaminante, ρ a massa específica do ar, S_{χ} a intensidade da fonte (massa de contaminante por unidade de volume por unidade de tempo), $D_{\chi} = K \nabla^2 \chi$ é o termo de dispersão turbulenta do contaminante, cuja difusividade aparente é K (área por unidade de tempo).

3 Resultados e Discussões

No período estudado, a área de Alta Floresta estava sob influência de um anticiclone, que inibia a formação de aglomerados convectivos e dificultava a dispersão de contaminantes na atmosfera. A direção predominante do vento foi do quadrante sul-sudeste na camada da superfície até 500m de altura, com velocidade média de 4 m/s no nível de 250 m, com baixo teor de umidade no ar (umidade específica média na superfície do solo igual a 7 g/Kg).

As trajetórias, durante três dias, de três parcelas de ar, a partir de Alta Floresta, são mostradas na Figura 1. A trajetória A, de rumo noroeste, foi obtida para o período de 20 a 22/08/95; a trajetória B, deslocando-se para o oeste, refere-se ao período de 23 a 25/08/95; e a trajetória C foi determinada para o período de 26 a 28/08/95. Observa-se que a parcela A atravessa a Amazônia, alcançando o noroeste da América do Sul e, provavelmente, entraria na circulação atmosférica do Hemisfério Norte. A parcela B atinge o Peru e, na proximidade dos Andes, poderia tomar os sentidos norte e/ou sul. A parcela C provavelmente alcançaria o sudeste do Brasil, entrando na circulação do anticiclone do Atlântico Sul. Estas diferentes trajetórias estão associadas à posiçao do centro do anticiclone de superfície que atuava no centro-oeste do Brasil, neste período (Rocha et al, 1996). Observa-se, portanto, que os particulados e gases lançados na atmosfera durante a época seca e de queimada na região de Alta Floresta, apesar da relativa calma atmosférica, são levados pelas correntes de ar e poderão entrar na circulação atmosférica dos dois hemisférios e, dependendo do tempo de dissipação destes contaminantes, poderão atingir regiões distantes da fonte emissora.

A dispersão atmosférica de contaminantes, no nível de 925 hPa, a partir de uma fonte emissora de intensidade constante, ativa por cinco dias iniciados em 20/08/95 e localizada em Alta Floresta, após 7 dias de início da emissão, é mostrada na Figura 2. Observa-se, no sétimo dia, que a dispersão ocorreu na direção oeste e, também, demandou os sentidos norte e sul, certamente devido ao efeito produzido pelos Andes. Portanto, em poucos dias, contaminantes como o mercúrio, emitidos na região de Alta Floresta, podem estar sendo depositados em bacias hidrográficas relativamente distantes.

Agradecimentos: A Ângela Y. Harada e Roberto F. M. Mendes pelo apoio computacional e gráfico; à FINEP pelo apoio através do Processo 66.94.0438.00.

5 Referências Bibliográficas

Bermejo, R. and Staniforth, A. The conversion of semi lagrangian advection schemes to quasi-monotone schemes. **Monthly Weather Review, 120**:2622-2632, 1992.

Brasseur, G. P. and Madronich, S. Chemistry-transport models. In: Tremberth, K. e. (ed) **Climate system modeling**. Cambridge, University Press, 1992. Chapter 15.

Lacerda, L. D. Distribuição e comportamento do mercúrio no ambiente amazônico. Anais do Seminário Nacional **Riscos e consequências do uso do mercúrio**, realizado em Brasília de 12 a 15 de setembro de 1989. Rio de Janeiro, FINEP, IBAMA, MS e CNpQ, 1990. p. 80-90.

Santos-Alvalá, R. C.; Gielow, R.; Rocha, e. J. P.; Angela Y. Harada, Fisch, G. F. Análise meteorológica de superfície da região de Alta Floresta, MT durante a estação seca de 1995 - Experimento ECLAF, **Anais** do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1996.

Staniforth, A. and Côté, J. Semi-lagrangian schemes for atmospheric models - A review. **Monthly Weather Review, 119**:2206- 2223, 1991.

Williamson, D. and Rasch, P. Two dimensional semi-lagrangian transport with shape-preserving interpolation. **Monthly Weather Review, 117**:102-109, 1989.

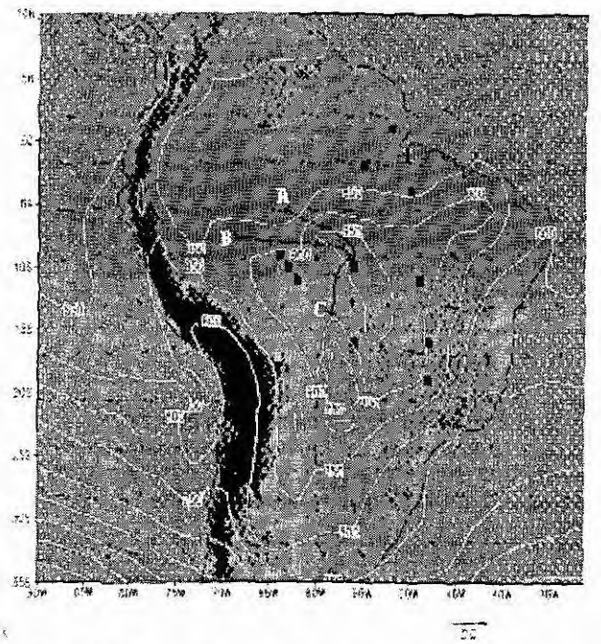

Figura 1 - Trajetória de parcelas de ar a partir de Alta Floresta, seguindo a superfície isentrópica de 305 K: A - 20 a 22/08/96; B - 23 a 25/08/96 e C - 26 a 28/08/96.

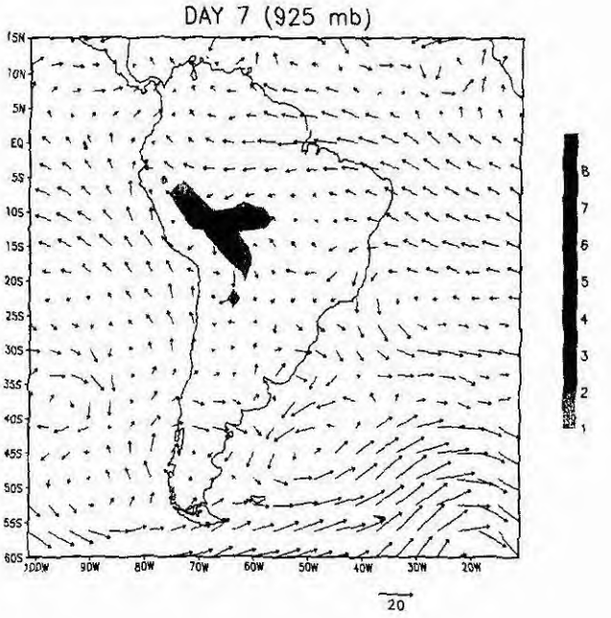

Figura 2 - Dispersão de mercúrio na atmosfera, no sétimo dia após início, em 20/08/96, de emissão constante por cinco dias, a partir de uma fonte localizada em Alta Floresta

Monitoramento do Clima na Amazônia: Apresentação do Banco de Dados Público do Estudo Observacional Anglo-Brasileiro de Clima Amazônico - Projeto Abracos

I.R. Wright
Institute of Hydrology - IH, R.U.
D. Oyama
R. Gielow
R. C. Santos Alvalá
C. A. Nobre
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Abstract

The objectives of the Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study (ABRACOS) were to monitor Amazonian climate and improve the understanding of the consequences of deforestation, and to provide data for the calibration and validation of GCMs and GCM sub-models of Amazonian forest and post-deforestation pasture. Three areas were instrumented (Manaus, AM; Ji-Paraná, RO; Marabá, PA), each with different soils, dry season intensities and deforestation densities (Gash et al, 1996). In each area an automatic weather station and soil moisture measurement equipment were installed, both in a primary forest site, and in nearby cattle pasture, for monitoring climate and soil status throughout the year. Additional intensive periods of study (or missions), of varying duration, were operated at these sites: for calibration purposes, to understand the physical processes relevant to each site and for detailed comparisons between sites. In this work, the presentation of the structure of the public data bank with the quality controlled main results of the ABRACOS Project, between September 1990 and August, 1994, is made. The data are divided in six parts, available via Internet (FTP), or in diskettes: Automatic Weather Stations, Micrometeorology, Plant Physiology, Carbon Dioxide Fluxes, Soil Moisture abd Forest Rain Interception.