

EVOLUÇÃO DO ALBEDO, SALDO DE RADIAÇÃO E FLUXO DE CALOR NO SOLO APÓS DERRUBADA FLORESTAL SEGUIDA DE QUEIMADA E REBROTA NA REGIÃO DE ALTA FLORESTA, MATO GROSSO

Ralf GIELOW¹, João Andrade de CARVALHO JR², Ernesto ALVARADO³,
David Victor SANDBERG⁴, José Carlos dos SANTOS⁵

1. INTRODUÇÃO

A derrubada de florestas e queimadas subseqüentes são parte do processo de ocupação da Amazônia, causando impactos ambientais, em especial no tempo e no clima. Assim, para avaliar algumas de suas conseqüências, realizaram-se campanhas com queimadas controladas de clareiras derrubadas em floresta virgem de "Terra Firme" na Fazenda Caiabi, Alta Floresta, MT, utilizando as técnicas locais. Este trabalho apresenta preliminarmente a evolução de componentes do balanço de energia (saldo de radiação e fluxo de calor no solo) mais o albedo, medidos em intervalos contínuos entre 30 de maio de 1999 (DJ 150) e 6 de março de 2001 (DJ 066), no sítio de 200 x 200 m², centrado em 9°57'42.20" S e 56°20'52.05" O, cerca de 800 km ao norte de Cuiabá. A derrubada, após quinze dias de trabalho no fim da estação chuvosa, foi concluída em 26 de maio de 1999 (DJ 146), seguindo-se a queimada em 24 de agosto de 1999 (DJ 236).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A energia solar incidente e a refletida foram medidas com piranômetros Kipp and Zonen, o saldo de radiação com saldo-radiômetro REBS, a temperatura do ar com um termopar tipo K à prova de fogo Robert Shaw / Salvi Casagrande, instrumentos instalados no topo de uma torre de madeira de 6 m situada no centro do sítio, construída com três troncos de madeira densa. No solo foram instalados uma placa de fluxo REBS na profundidade de 2 cm, mais quatro termopares REBS tipo T, respectivamente em 5, 10, 20 e 40 cm. Próximo à torre, a 1 m do chão, instalou-se um pluviômetro Hydrological Services. Os dados foram gravados por um "datalogger" CR10X (Campbell), com médias de 10 minutos até o DJ 245/1999, passando a 15 minutos após esta data. Energia foi provida por uma bateria de 24 A h, conectada a dois painéis solares Solarex de 11 W. Em setembro de 2000 a torre de madeira foi substituída por uma de alumínio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O albedo diário (α) foi obtido pela média dos quocientes entre a radiação solar refletida ($K\uparrow$) e a incidente ($K\downarrow$) no período das 8 às 16 HL. Apresentou um aumento de 0,165 a 0,20 (Fig. 1) no período entre quatro dias após o término da derrubada (DJ 150) e a queimada (DJ 236), devido à secagem das folhas verdes, tornando-as amareladas e, por fim, amarronzadas; a alteração súbita em torno do DJ 173 deve-se à única chuva antes da queima (5 mm, medidos 6 km do sítio, na sede da fazenda; as demais chuvas foram medidas junto à torre). Após a queimada, o solo ficou coberto com manchas claras de cinzas, devidas à queima completa, especialmente de troncos e galhada, mais áreas escuras, originadas principalmente da queima incompleta de folhas; os demais troncos, usualmente com mais de 10 cm de

diâmetro, tiveram sua superfície escurecida. O albedo caiu para 0,11, em seguida aumentando para 0,12 no DJ 249, possivelmente devido ao espalhamento, pelo vento, das cinzas claras mais finas sobre os resíduos mais escuros. No DJ 249, entre as 16:15 e 18:00 HL, ocorreu uma chuva de 13,5 mm, da qual resultou um decréscimo imediato do albedo para 0,065, devido ao umedecimento da superfície do solo e à percolação no solo da maioria das cinzas claras, e à exposição tanto de mais resíduos escuros, quanto do solo nu avermelhado. Com a secagem da superfície, o albedo aumentava rapidamente; entretanto, cada chuva subseqüente causava sua imediata redução, resultando oscilações rápidas e de maior amplitude na série do albedo. Na estação seca, esta amplitude foi menor. Este comportamento manteve-se durante todos os períodos observados. Os máximos locais, em 1999, aumentaram linearmente de 0,09 (DJ 251) a 0,135 no DJ 284, seguindo-se uma tendência decrescente até 0,12 no DJ 299, após o que volta a crescer até o fim do ano de 1999, quando ocorre uma queda súbita, após uma forte chuva, seguida, aparentemente, de crescimentos lineares até o DJ 154/2000, fim da estação chuvosa, quando alcança 0,16. Então, passa a decrescer linearmente durante a estação seca. Os poucos dados da estação chuvosa subseqüente parecem ter tendência semelhante à anterior; a série dos albedos foi interrompida devido a problema com o cabo do piranômetro de radiação refletida, somente resolvido em março de 2001. Concerne à rebrota, no DJ 330/1999 havia uma discreta distribuição homogênea de "tufos" e ausência de trepadeiras rasteiras, cobrindo cerca de 5% da superfície. Em março de 2001 (DJ 66) a distribuição da vegetação era fechada, com cerca de 2 m de altura e completamente coberta de trepadeiras rasteiras. Fotos panorâmicas ainda estão em processamento, com o objetivo de melhor quantificar a cobertura vegetal, talvez o fator mais importante para explicar a variação do albedo. Outrossim, apesar de não ter havido determinações locais do albedo sobre o dossel original, floresta similar em Rondônia (10° S e cerca de 500 km a oeste do sítio) apresentou valores em torno de 0,14 e 0,12, respectivamente para as estações seca e chuvosa (Galvão, 1999). Finalmente, a evolução do albedo imediatamente após a queimada é similar ao constatado por Fisch et al. (1994) depois de queimada acidental de pastagem em Marabá, PA (5° 10' S), mas com tendência de aumento mais suave, provavelmente devido a uma rebrota mais incipiente na Caiabi.

O saldo de radiação total diurno (R_{nD}), que é particionado em calores latente e sensível mais fluxo de calor no solo (FCS) e armazenamento na biomassa derrubada, foi relativamente estável antes da queimada, com uma média em torno de 12 MJ m⁻², correspondendo a cerca de 65% do total diário da radiação solar incidente ($K\downarrow_D$) nestes dias; não obstante, houve dois dias com valores em torno de 5 MJ m⁻², mas mantendo a proporção de 65%. Neste período o fluxo de calor no solo (FCS), devido ao efeito isolante da biomassa derrubada, apresentava baixas oscilações diárias e a oscilação máxima diária da temperatura do solo em 10 cm (T_{10}) era de 2 C (vs até 20 C no ar), em dias sem nuvens Após o DJ 249 (primeira chuva após a queimada)

1. LMO/CPTEC/INPE, São José dos Campos, SP ralf@cptec.inpe.br
2. FEG/UNESP, Guaratinguetá, SP joao@feg.unesp.br
3. U W, Seattle, WA alvarado@u.washington.edu
4. USDA FS, Corvallis, OR sandberg@fsl.orst.edu
5. LCP/INPE, Cach. Paulista, SP jcsantos@cptec.inpe.br

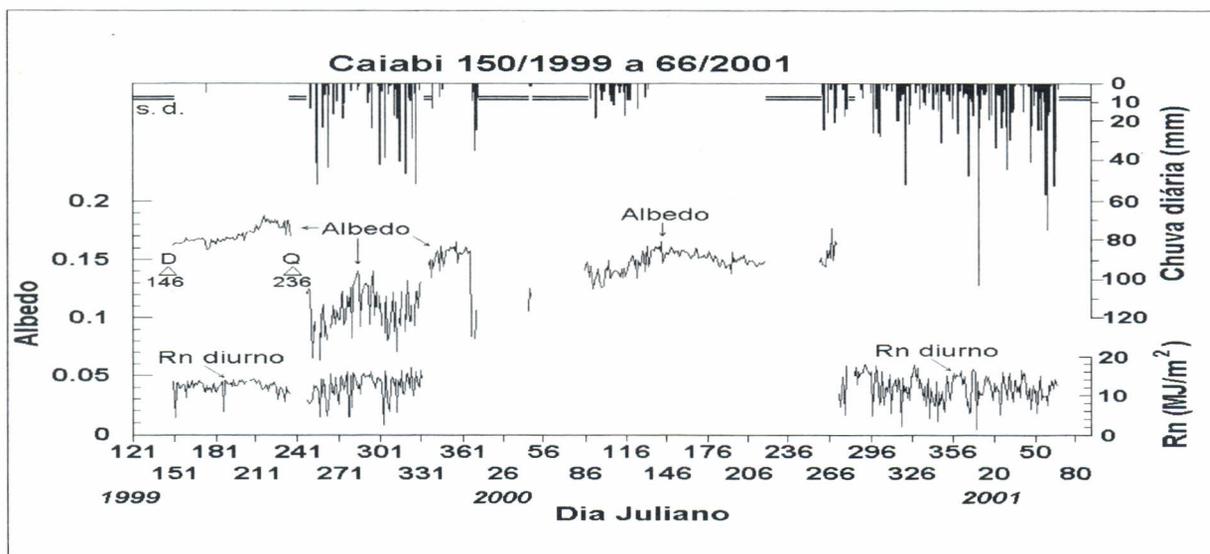


Fig. 1 - Albedo, saldo de radiação e pluviometria entre 30/05/1999 e 07/03/2001 - clareira na Fazenda Caiabi, MT D - Derrubada (26/05/99) Q - Queimada (24/08/99) s. d. (horizontais) - sem dados pluviométricos

até o DJ 295, Rn_D oscilou entre 4,3 e 16 $MJ\ m^{-2}$, com média de 12 $MJ\ m^{-2}$, que corresponde a 65% de $K_{\downarrow D}$ médio. Entre o DJ 295 até o DJ 330 (data em que cessam os dados de Rn_D devido a defeito no saldo-radiômetro, sanado no DJ 272/2000), coincidindo com alteração de tendência no albedo, Rn_D (com uma média de 69,7%) chega a 75% de $K_{\downarrow D}$ em dias chuvosos; do DJ 272/2000 até o DJ 315/2000 ocorreu um comportamento similar. Após o DJ 315/2000 até o DJ 66/2001 o percentual mostra tendência decrescente, com uma média de 68% para o período, que é chuvoso. O FCS, após a queimada, oscilou diariamente entre $-20\ W\ m^{-2}$ e $60\ W\ m^{-2}$, exceto em dias muito encobertos ou chuvosos, ou com raras passagem de frentes; durante as chuvas ocorriam diminuições intensas do FCS, imediatamente recuperadas. A amplitude de T_{10} nos dias normais era em torno de 8 C, versus até 20 C no ar, em dias sem nuvens.

Estudos mais detalhados estão em andamento, e dados meteorológicos continuam sendo medidos no sítio, como parte de um esforço iniciado em 1991, reportado, p. ex., em Gielow et al. (1996) e Carvalho et al. (2001).

4. CONCLUSÕES

A derrubada e subsequente queimada de clareira na Floresta Amazônica, seguida de rebrota, introduzem mudanças transientes significativas nas variáveis que influenciam o tempo e o clima. Os resultados, com o

possível auxílio de informações obtidas por Sensoriamento Remoto, podem ser estendidos à região, para subsidiar melhores previsões de tempo e clima regionais.

5. REFERÊNCIAS

- CARVALHO JR., J.A.; COSTA, F.S.; VERAS, C.A.G.; SANDBERG, D.V.; ALVARADO, E.C.; GIELOW, R.; SERRA JR., A.M.; SANTOS, J.C. Combustion completeness and carbon release rates of rainforest clearing experiments conducted in northern Mato Grosso, Brazil. *J. Geophysical Research*, in press. 2001.
- FISCH, G.; WRIGHT, I. R.; BASTABLE, H. G. Albedo of tropical grass: a case study of pre- and post-burning. *Int. J. Climate*, 14:103-107, 1994.
- GALVÃO, J. A. C. **Estudo do balanço de radiação em áreas de floresta e pastagem na Amazônia**. Mestrado em Meteorologia, INPE, S. J. Campos, SP, 1999.
- GIELOW, R.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; SANTOS, J.M.; CARVALHO JR., J. A.; HIGUCHI, N. Albedo and net radiation before and after a "Terra Firme" forest burning in Central Amazonia. *Actas del 7. Cong. Argentino Meteorología & 7. Congr. Latinoamericano e Iberico de Meteorologia*, Buenos Ayres, AR, 281-282, 1996.

Agradecimentos

À FAPESP (Proc.1998/00104-9) e ao PNW/USDA (Proc. 5147) pelo apoio, e a S. B. M. Sambatti pela finalização da figura.