

Análise da entrada de uma pluma de queimada sobre a cidade de São Paulo-SP através de fotômetro solar e de um LIDAR elástico

Glauber Lopes Mariano¹, Maria Paulete Pereira Martins¹, Eduardo Landulfo², Fabio Lopes²

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Divisão de Satélite e sistemas Ambientais – DSA/ Centro de previsões do tempo e clima – CPTEC. Cachoeira Paulista – SP
glauber.mariano@cptec.inpe.br

² Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/USP São Paulo-SP.

ABSTRACT: Biomass burning is an environmental problem with great impacts in the local, regional and global scale. However, the studies related to the effects of the burnings in the state of São Paulo are scarce. The objective of this work is to evaluate the effects of the biomass burning in the southeastern Brazil, mainly through laser remote sensing (LIDAR) and sunphotometer in a case study of biomass burning plume entrance in the atmosphere of São Paulo-SP.

Palavras-chave: LIDAR, aerossol, queimada, AERONET

1 – INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca em termos de queima de biomassa, com a detecção de aproximadamente 135.000 pontos de queimadas em 2008, segundo o CPTEC/INPE. A maioria destes pontos ocorreu na parte sul da bacia amazônica durante a estação seca (de agosto a novembro) e o produto destas emissões chegam até algumas cidades da região sudeste do país, uma região bastante populosa e com cidades com sérios problemas de poluição do ar urbano. Além disso, com a crescente demanda por biocombustíveis, o cultivo da cana-de-açúcar vem expandindo consideravelmente no estado de São Paulo, sendo uma forte contribuição para a má qualidade do ar na região. A fim de facilitar a colheita, como ocorre também em outros locais como Havaí e África, a cana é queimada preferencialmente durante a estação seca (de maio a novembro). Aproximadamente 20 t da matéria seca da cana por hectare são queimados, contribuindo para uma emissão global de aproximadamente 0,48 Tg de carbono por ano. Em consequência, o aerossol e os gases traço emitidos pelas queimadas da cana têm efeitos significativos na composição e na acidez da precipitação em grandes áreas do sudeste do Brasil.

Uma forma de se estudar e avaliar os impactos induzidos por emissões de queimadas é analisar algumas variáveis ópticas como a transmissão óptica atmosférica e/ou o coeficiente de retroespalhamento. Uma ferramenta muito útil nos estudos dos efeitos das queimadas na atmosfera é o LIDAR (Light Detection And Ranging), que permite obter perfis verticais dos aerossóis e acompanhar a evolução temporal da estrutura da atmosfera bem como obter valores de coeficiente de retroespalhamento.

Este trabalho tem como objetivo analisar os impactos da entrada de uma pluma de queimada na cidade de São Paulo-SP no dia 07 de setembro de 2007, através de sensoriamento remoto à laser (LIDAR) e fotômetro solar. A trajetória dessa pluma foi gerada através do modelo HYSPLIT e focos de queimadas confirmados através de dados do satélite NOAA-15.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Rede de dados da AERONET

A AERONET é uma rede mundial de monitoramento óptico de aerossóis atmosféricos, mantida pela NASA e expandida por diversas instituições de pesquisa ao redor do mundo. Essa rede conta com mais de 200 locais de medição, sendo 22 na América do Sul (com períodos permanentes ou campanhas), utiliza protocolo padronizado de aquisição e processamento de dados, bem como de calibração de instrumentos. Maiores detalhes e informações sobre produtos da rede AERONET podem ser encontrados no site (aeronet.gsfc.nasa.gov). O instrumento utilizado em todos os locais de medição é o radiômetro CIMEL CE-318, que funciona através de energia solar realizando medidas de radiação direta e difusa com um intervalo de tempo de 15 min em oito comprimentos de onda (340, 380, 440, 500, 670, 870, 940 e 1020 nm) e medidas de radiância difusa em quatro comprimentos de onda (1020, 870, 670, 440 nm) a cada hora (HOLBEN et al., 1998).

As propriedades ópticas derivadas do radiômetro CIMEL, no comprimento de onda de 550 nm, são provenientes de interpolação logarítmica dos parâmetros obtidos nos comprimentos de onda de 440 e 670 nm. O algoritmo da AERONET para estimativa da distribuição de tamanho das partículas provê dados de distribuição de volume para 22 tamanhos de partículas ($dV/d\ln r$, V é o volume e r é o raio) de 0,05 μm até 15 μm .

2.2 Lidar elástico 532nm

O LIDAR atualmente em operação no Laboratório de Aplicações Ambientais a Laser (LAAL) foi implantado em 1999, e está operacional desde agosto de 2001. O LAAL está situado no Centro de Lasers e Aplicações (CLA) do IPEN/USP, e tem como objetivo monitorar a poluição de São Paulo através da obtenção dos perfis verticais de aerossol de 300 m a 10 km de altura.

O sistema desenvolvido é um LIDAR de retroespalhamento elástico para aerossóis operando em 532 nm, e foi intitulado de MSP-LIDAR 1, como visto na figura 1.

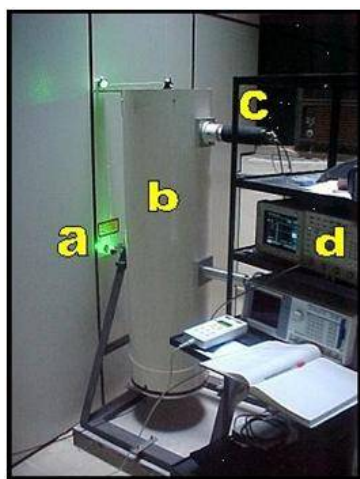


Figura 1 – Foto do sistema MSP-LIDAR 1, do Laboratório de Aplicações Ambientais a Laser do IPEN/USP - (a) Sistema de Coleta e Envio de Feixe; (b) (Telescópio); (c e d) Sistema de Detecção (Detectores + Módulos de Aquisição)

As características do laser estão sumarizadas a seguir:

- Taxa de Repetição: 20Hz
- Energia por pulso: 160 mJ para 532 nm, 50 mJ para 355 nm (máximas)

- Duração temporal do pulso: 4 ns
- Divergência: < 0,5 mrad
- Diâmetro do Feixe de Saída: 6 mm

O sistema MSP-LIDAR 1 já detectou casos de queimadas oriundas da região da Amazônia e da cana-de-açúcar que atingiram a região metropolitana de São Paulo. Os dados utilizados para detecção das queimadas na cidade de São Paulo foram obtidos da campanha de 2007 realizadas nos meses de julho, agosto e setembro, situados dentro do período de queimadas em grande parte do Brasil.

A validação dos dados obtidos pelo LIDAR de Retroespalhamento (MSP-LIDAR 1) foi realizada pela comparação com os dados obtidos pelo fotômetro da CIMEL (AERONET) instalado no Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Com os valores obtidos para o coeficiente de Ångström é feita uma interpolação que permite o cálculo da espessura óptica das partículas de aerossóis para o comprimento de onda de 532 nm, comprimento de onda no qual foi realizada as medidas de LIDAR de retroespalhamento (LANDULFO et al., 2003).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período que compreendeu o dia em análise foi marcado pela predominância de uma intensa circulação anticiclônica na baixa troposfera que contribuiu para a diminuição da precipitação e da umidade relativa do ar na maior parte do Brasil (CLIMANÁLISE, 2007). O INPE detectou cerca de 63 mil focos de queimadas pelo satélite NOAA-número 50% superior ao observado no mês anterior mas ainda considerado típico para o período, visto que ocorreu uma persistência atípica do período seco nas Regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil aumentando, portanto, em 70% em relação ao ano anterior.

Pode-se perceber na figura 2 que o expoente de Ångström calculado para este dia foi sempre maior que 1,5, portanto sendo relacionado a partículas pequenas, como oriundas potencialmente de queima de biomassa. A razão LIDAR mostrou valores mais altos durante a parte da manhã, possivelmente devido a entrada da pluma de queimada. Entretanto, pela análise da espessura óptica em 532 nm não se nota valores elevados pela manhã (menores que 0,3), sendo que os maiores valores durante o dia analisado ocorreu devido a alta concentração de aerossóis dentro da CLP em torno de 16h.

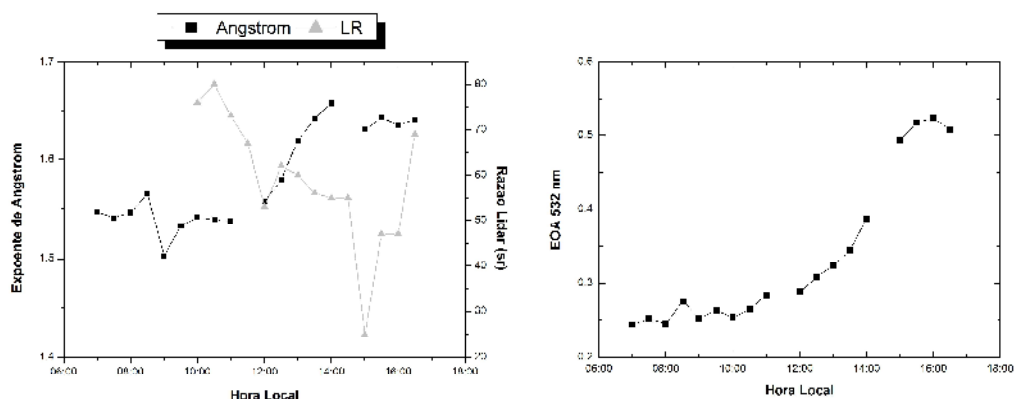


Figura 2 - Expoente de Ångström, Razão LIDAR e Espessura óptica dos Aerossóis (EOA) 532 nm a partir de dados da AERONET em 07 de setembro de 2007

Na análise da figura 3 percebe-se que existe grande quantidade de aerossóis de fração fina em relação à fração grossa (aproximadamente o dobro), possivelmente devido a entrada das plumas de queimadas na atmosfera livre. É possível observar duas finas camadas de aerossóis em torno de 5 e 6 km de altura através da figura 4a ao longo de praticamente todo o período de dados medido para o dia 07 de setembro de 2007. Na mesma figura observa-se o

crescimento da camada limite atmosférica ao longo do dia com a presença de, pelo menos, duas camadas de nuvens (em torno de 12:00 e 15:00), quando se observa quase a extinção do sinal LIDAR emitido para a atmosfera no topo da camada limite (em torno de 2 km de altura). A presença dessa camada de aerossóis, possivelmente originária de queimadas, é mais facilmente observada através da figura 4b, onde é mostrado o coeficiente de retroespalhamento obtido através dos dados LIDAR juntamente com os fornecidos pela AERONET. A mesma é mostrada em tonalidade de vermelho com duas camadas em torno de 5,2 km e uma acima em 5,8 - 6,0 km de altura. A figura 4c mostra o coeficiente de retroespalhamento médio ao longo do dia, onde observa-se um aumento nas mesmas altitudes apresentadas na figura 4b.

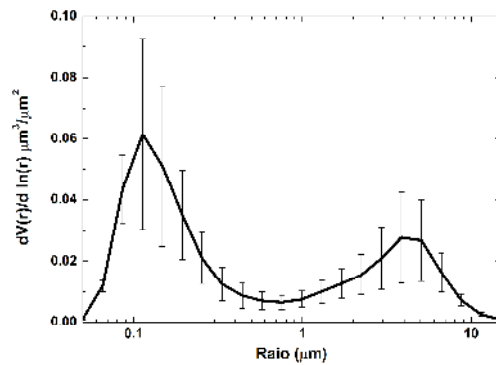


Figura 3 - Distribuição de tamanho de aerossóis ($dV(r)/d \ln(r) \mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$) para o dia 07 de setembro de 2007

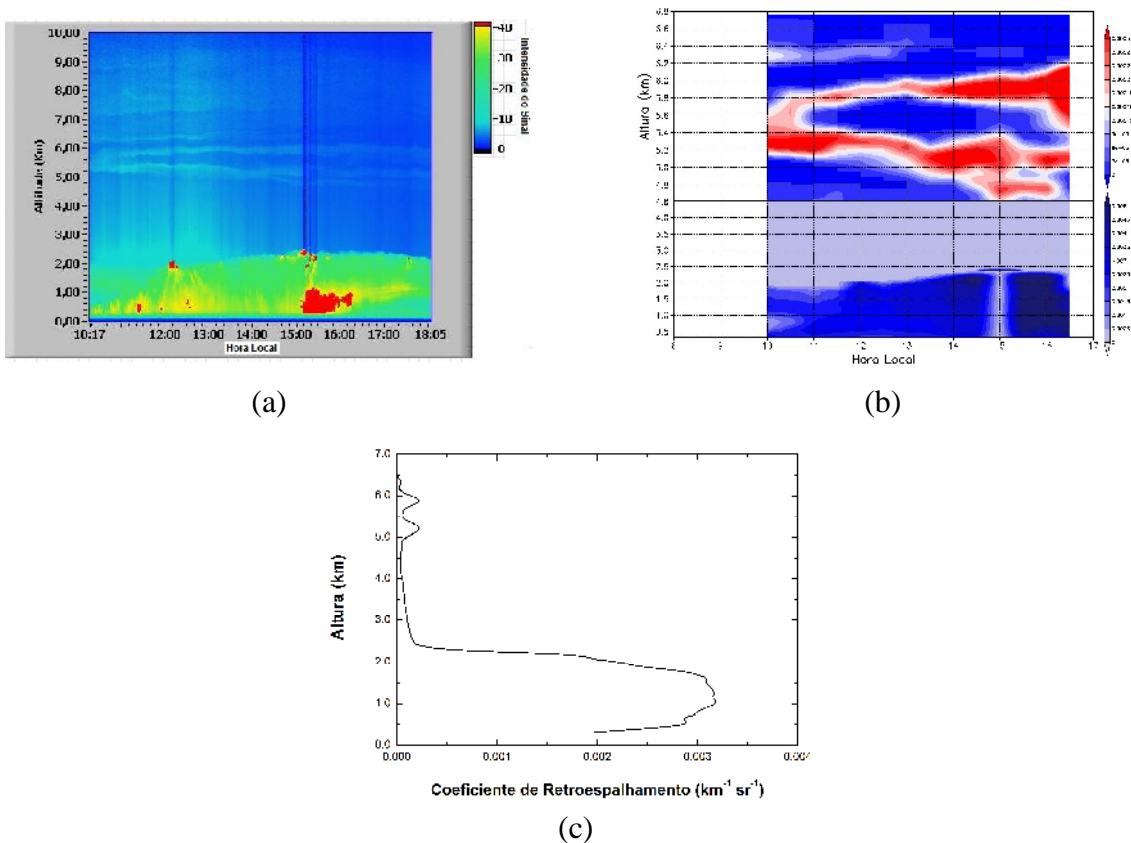


Figura 4 - Imagem do sistema LIDAR corrigida pela altura (a), perfil de coeficiente de retroespalhamento e coeficiente de retroespalhamento médio para o dia 07 de setembro de 2007.

A possível origem da camada de aerossóis é obtida ao analisar a figura 5, pois a trajetória da massa de ar originária em 6 km de altura às 12:00 hora local mostra que a mesma pode ter sido afetada pelos focos de queimadas apresentados no mesmo item, sobretudo na região do Brasil central.

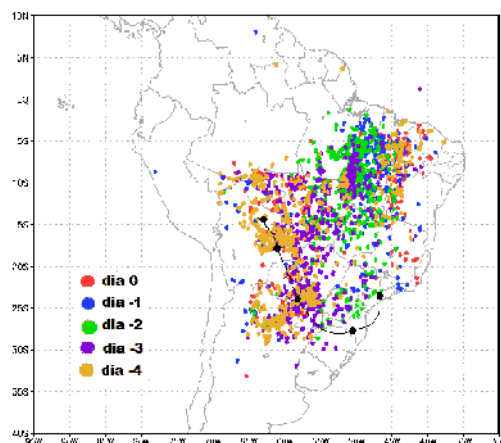


Figura 5 - Focos de queimadas e trajetória reversa à partir de 15Z em 6km de altura para o dia 07 de setembro de 2007

4 – CONCLUSÕES

Em caso de estudo para o dia 07 de Setembro de 2007, uma massa de ar com influência de queima de biomassa alcançou a cidade de São Paulo elevando a Razão lidar para 59 sr. Apesar do valor da EOA ser de 0,33, a distribuição de tamanho das partículas mostrou uma maior quantidade de particulado fino em relação à grosso que é um indicativo de transporte desse tipo de material na atmosfera livre. A análise realizada nesse artigo mostrou que essas plumas afetam bastante a razão lidar enquanto afetam menos a espessura óptica dos aerossóis e expoente de angstrom.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLIMANÁLISE. Boletim de monitoramento e análise climática. Número 22, 2007.

HOLBEN, B. N.; ECK, T. F.; SLUTSKER, I.; TANRÉ, D.; SETZER, J. P. B. nd A.; VERMOTE, E.; REAGAN, J. A.; KAUFMAN, Y. J.; NAKAJIMA, T.; LAVENU, F.; JANKOWIAK, I.; SMIRNOV, A. Aeronet - a federated instrument network and data archive for aerosol characterization. Remote Sensing of the Environment, v. 66, n. 1, 1999

LANDULFO, E.; PAPAYANNIS, A.; ARTAXO, P.; CASTANHO, A. D. A.; FREITAS, A. Z.; SOUZA, R. F.; JUNIOR, N. D. V.; JORGE, M. P. M. P.; SÁNCHEZ-CCOYLLO, O. R.; MOREIRA, D. S. Synergetic measurements of aerosols over São Paulo, Brazil using lidar, sunphotometer and satellite data during dry season. Atmospheric Chemistry and Physics, v. 3, 2003.