

Material particulado atmosférico e correlações com as variáveis meteorológicas e quimadas em Cuiabá, MT

Elisabeth Camargo Neis¹, Rauda Lúcia Mariani²,
Andréia Maria Barbosa¹, José de Souza Nogueira¹

¹*Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental
Universidade Federal de Mato Grosso/ Av. Fernando Corrêa, s/n, Bl F, Sala 200
78960.900, Brasil/ Telefone (+55) 65 3615-8748*

²*Departamento de Geoquímica UFF/DMA-INPE
e-mail: nogueira@ufmt.br*

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo a quantificação do PM₁₀ e, carbono elementar “black carbon” nas frações finas e grossas e verificar através de análise canônica relações com as variáveis meteorológicas e focos de calor. A amostragem foi realizada no estado de Mato Grosso, de junho a outubro de 2004. O PM₁₀ foi coletado continuamente com o Amostrador de Particulado Fino e Grosso que contém filtros que separam o material dentro de uma fração de tamanho grossa (2.5 < da < 10 mm) e outra fina (da < 2.5 mm), com um tempo de coleta de 48 e 72 horas. As técnicas analíticas empregadas para essas análises foram Gravimetria e Reflectância. A concentração média do PM₁₀ foi de 20,6 µg.m⁻³, sendo 62,2% de particulado grosso e apenas 37,8% de particulado fino. O “black carbon” fino apresentou uma amplitude de 0,3 a 4,2 µg.m⁻³. O resultado da análise de correlação canônica mostrou que 42% e 61% das variações das respectivas frações fina e grossa do particulado são explicadas pelas variáveis meteorológicas e focos de calor. Não foi detectada relação significativa de particulado com focos de calor.

Palavras-chave: PM₁₀, “black carbon”, variáveis meteorológica, correlação canônica.

Summary

The objective of this work was to quantify the PM₁₀ and black carbon in the fine and coarse fractions and to verify relations between meteorological variable and heat spots through canonic analysis. The sampling was carried in Mato Grosso State, from June to October of 2004. The sampling was collected continuously using the Particulate Sampler of

Fine and Coarse contains filters that separate the particulate matter in coarse fractions size ($2.5 < d_a < 10 \text{ mm}$) and a fine one ($d_a < 2.5 \text{ mm}$), with a sample time of 48 and 72 hours. Gravimetrically and Reflectance analytical techniques were used for these analyses. The average concentration of PM_{10} was $20,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, being 62.2% of particulate coarse and only 37.8% of particulate fine. The Fine Black Carbon presented an amplitude of 0,3 to $4,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. The canonic analysis results showed that variations of the fine and coarse particulate fractions were respectively 42% and 61% explained by meteorological variable and heat spot. Significant relation between Particulate and heat spots was not detected.

Keywords: PM_{10} , black carbon, meteorological variable, canonic correlation.

Introdução

Aerossóis atmosféricos são partículas sólidas ou líquidas dissolvidas no ar que podem afetar diretamente o balanço de radiação global, pela absorção ou dispersão, o ciclo de água regional pela indução de mudanças nas propriedades microfísicas das nuvens (ROSENFELD, 2000; ANDREAE et al., 2004; ROBERTS et al., 2002), podendo ainda, serem responsáveis por efeitos adversos à saúde humana (ARBEX et al., 2004; DUCHIADE, 1992).

As propriedades físicas e químicas dessas partículas são fortemente dependentes das fontes de emissões, das condições meteorológicas e da localização geográfica. Uma das maiores fontes de aerossóis para a atmosfera na América do Sul é a emissão por queimadas de florestas e cerrados, que ocorre principalmente na estação seca na região amazônica. As queimadas em Mato Grosso estão associadas principalmente à expansão agropecuária e tem aumentado significativamente nos últimos anos, contribuindo com 32% dos 233 mil focos registrados no país em 2004 (INPE, 2006).

Emissões por queimadas aumentam as concentrações de partículas na atmosfera que muitas vezes superam os valores recomendados pelos padrões ambientais nacionais e internacionais, gerando importantes implicações em nível local, regional e global. Na estação seca, devido à essas emissões, as concentrações em massa de partículas podem atingir picos de até $600 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na região amazônica (Artaxo et al. 2002, 2005). Das partículas emitidas, destaca-se o carbono elementar ("black carbon"), provenientes da combustão incompleta de material carbonáceo, que devido sua predominância na fração fina é altamente eficiente em absorver a radiação. Segundo Andreae et al. (1996), a queima de biomassa pode ser responsável por aproximadamente 45% da emissão global de "black carbon" para a atmosfera. O transporte de aerossóis segue o padrão de circulação atmosférica, onde podem ser carregadas de modo eficiente a longa distância

(ANDREAE et al., 2001; FREITAS et al., 2005).

Para avaliar a qualidade do ar em uma região, em particular o material particulado inalável (PM_{10}), é imprescindível a análise das condições meteorológicas predominantes e das fontes de emissões. Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo quantificar o PM_{10} e o “black carbon” nas frações finas e grossas e verificar possíveis relações destes com variáveis meteorológicas e focos de calor em Mato Grosso.

Material e métodos

A amostragem foi realizada no município de Santo Antônio de Leverger no Estado de Mato Grosso (S $15^{\circ}43'53,0''$ e W $56^{\circ}04'19,4''$, 184 m altitude), distante aproximadamente 15 km de Cuiabá.

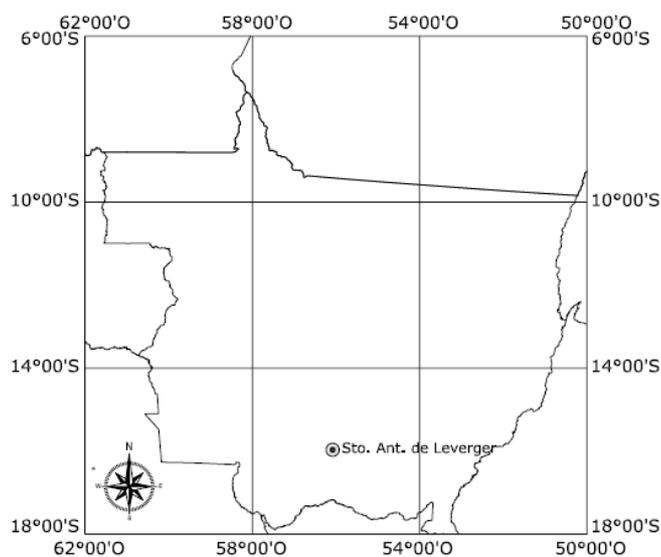


Figura 1. Mapa do estado de Mato Grosso, destacando a localização do município de Santo Antônio do Leverger.

O período de coleta foi de junho a outubro de 2004, correspondendo ao período seco. O material particulado inalável (PM_{10}) foi coletado nas frações fina e grossa, com um coletor Amostrador de Fínos e Grossos (AFG). Nesse sistema, o particulado é coletado por impactação em dois filtros: a fração grossa (PG) compreende partículas com diâmetro aerodinâmico (d_a) entre 2,5 e 10,0 μm , e a fração fina (PF) com partículas de diâmetro menores que 2,5 μm . Partículas maiores que

10,0 μm são retidas na entrada do inlet. O AFG foi instalado a uma altura de 2,8 m do solo e conectado por tubulação de PVC a uma bomba de vácuo, com um fluxo de 16 L min^{-1} . As coletas foram realizadas continuamente, com trocas de filtros três vezes na semana, sendo duas coletas com duração de 48 horas e uma de 72 horas. Foram utilizados filtros de policarbonatos de 47 mm de diâmetro com poros com diâmetros de 8 μm e de 0,4 μm para coleta do material grosso e fino, respectivamente, perfazendo um total de 120 amostras. A eficiência do amostrador na seleção dos diâmetros de corte em cada estágio é de 50% (PARKER et al., 1977; ECHALAR et al., 1998). Os filtros foram pesados antes e após a coleta, numa balança microanalítica eletrônica (Mettler Toledo, USA) com precisão de 1 μg . Antes da pesagem os filtros foram mantidos em local com umidade relativa de 50% e temperatura de 20°C por 24 horas. As cargas eletrostáticas foram controladas pela exposição dos filtros à fonte radiativa de ^{210}Po por 24 horas. A massa do material particulado foi determinada por técnica gravimétrica e o carbono elementar (“black carbon”), por refletância, utilizando um refletômetro (Smoke Stain Refletometer Diffusion System, Diffusion Systems Ltd, UK). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Materiais por Feixe Iônico (LAMFI) do Instituto de Física da USP.

A temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Cuiabá, tendo sido coletado em uma estação convencional, de Santo Antonio do Leverger sob n° 83364. Os focos de calor foram obtidos da plataforma de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2006).

A análise de correlação canônica (ACC), ferramenta estatística útil em estudos de poluição atmosférica (BRAGA et al., 2005; STATHEROPOULOS et al. 1998), foi usada para verificar possíveis relações entre variáveis químicas (massa de particulado e de “black carbon”) e variáveis meteorológicas juntamente com focos de calor. Em geral, a dificuldade em utilizar a ACC é estabelecer a máxima correlação entre dois grupos de variáveis, que é realizada através de combinações lineares de cada grupo de variáveis dependentes e independentes.

Resultados e discussão

Caracterização meteorológica

O período de coleta mostrou características típicas da estação seca, com baixa umidade, ausência de precipitação em junho, agosto e setembro

com exceção de julho e outubro que apresentaram precipitações (Tabela 1). Em outubro houve mudanças no padrão atmosférico e na frequência de chuvas em todo o Brasil. Na região Centro-Oeste as chuvas estiveram associadas ao avanço de sistemas frontais e ao desenvolvimento de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's), porém ainda com valores abaixo da média. Essas configurações de estiagem, aliadas às ampliações das áreas de cultivos do Cerrado e Floresta, são os fatores responsáveis pelo considerável aumento no número de focos de calor no Estado de Mato Grosso.

Tabela 1. Média mensal da temperatura do ar (°C), pressão atmosférica local (mb), umidade relativa do ar (%) e precipitação acumulada durante o período de 17 de junho a 30 de outubro de 2004, em Santo Antônio de Leverger .

mês	Temperatura média (°C)	Pressão média (mb)	Umidade relativa média (%)	Precipitação acumulada (mm)	Velocidade do vento (m.s ⁻¹)
Junho	25,8	998,3	66,7	0,0	1,08
Julho	23,5	998,4	72,7	65,4	1,38
Agosto	26,0	998,2	60,7	2,4	1,37
Setembro	29,2	995,2	53,1	0,0	1,81
Outubro	29,4	993,4	65,1	145,8	2,01
Total					
média	26,9	996,5	63,4	214,1	1,58
desvio padrão	5,8	3,6	21,6		1,20

A média da velocidade do vento foi relativamente baixa com predomínio nas direções sul, noroeste e sudeste. Alta frequência de períodos isentos de ventos também pode ser observada na Figura 2.

Material particulado e focos de calor

A fração grossa foi mais dispersa que a fração fina. O “black carbon” da fração fina apresentou mediana superior à da fração grossa. A concentração média do PM₁₀ durante a estação seca foi de 20,6 µg. m⁻³ (Figura 3). Este valor encontra-se próximo aos valores de referência (background), aproximadamente 10-20 µg.m⁻³, que foram observados em amostras não diretamente impactadas pelas emissões de queima de biomassa em regiões Amazônica e Cerrado (ARTAXO et al., 2000).

A concentração média das partículas fina e grossa foram de 7,8 e

12,8 $\mu\text{g. m}^{-3}$, respectivamente, enquanto que o “black carbon” fino foi 1,2 $\mu\text{g. m}^{-3}$. Estas médias representam aproximadamente metade do valor das médias obtidas por Echalar et al. (1998) em Cuiabá durante a estação seca dos anos de 1990 a 1995.

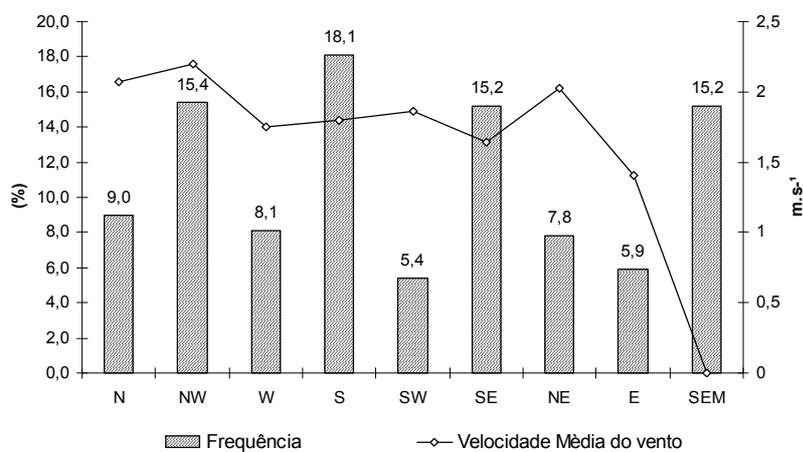


Figura 2. Direção e velocidade do vento em Santo Antônio do Leverger no período de amostragem.

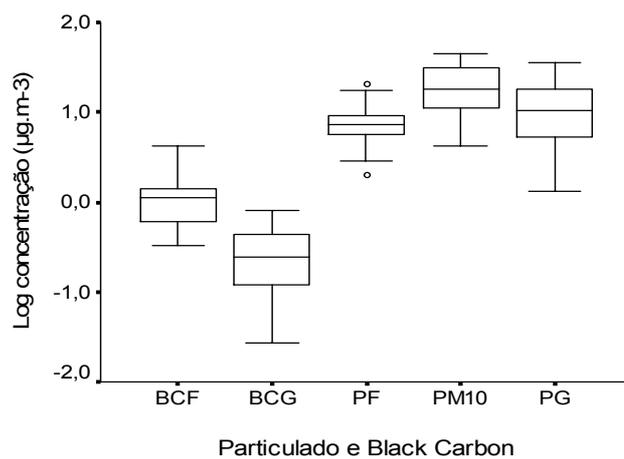


Figura 3. Concentração de “black carbon” nas frações fina e grossa e material particulado, em Santo Antônio do Leverger, de junho a outubro de 2004.

Durante o período de estudo, foram registrados 69241 focos de calor em Mato Grosso, no entanto, a distribuição destes focos variou consideravelmente entre os municípios. Segundo os dados fornecidos pelo INPE (2006), enquanto no município de Santo Antonio do Leverger, que corresponde ao local de amostragem, foram registrados 332 focos de calor, Colniza e Nova Ubitatã apresentaram 1670 e 1925 focos respectivamente. Os municípios limítrofes à área de amostragem, como Cuiabá e Várzea Grande, os focos foram menores, 90 e 11, respectivamente. Essas variações parecem ser dependentes dos processos de ocupação humana, e variam com o tempo, o que possivelmente influenciaram nas diferenças entre as médias deste estudo e Echalar et al. (1998).

A distribuição cronológica da concentração de material particulado fino e grosso em relação ao número de focos de queimadas no estado de Mato Grosso foi apresentado na Figura 4.

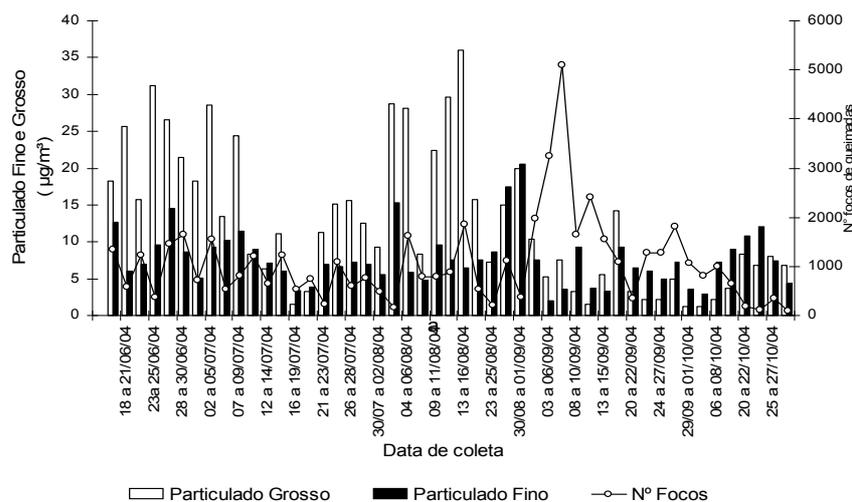


Figura 4. Concentrações de material particulado grosso e fino de acordo com a data da coleta e número de focos de queimadas no estado de Mato Grosso, segundo satélite NOAA 12.

Destacam-se picos de concentrações na fração grossa em junho, julho e agosto. Já na fração fina foram detectados picos em junho, agosto e setembro. Coincidentemente, nestes meses foram registrados os maiores números de focos de calor em Mato Grosso. O particulado grosso geralmente é de origem de ressuspensão do solo, enquanto que o particulado fino é de origem antropogênica, dentro desta estão as queimadas de

biomassa. As partículas finas são conhecidas como as mais efetivas em impactos ambientais e na saúde humana (MORISHITA et al., 2006).

A média mensal da concentração do PM₁₀ mostrou tendência decrescente de junho a outubro, com exceção de agosto (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração média de PM₁₀, particulado fino, particulado grosso e relações “black carbon” – particulados em porcentagens e ocorrência de número de focos de calor resumidos por mês de amostragem.

mês	PM10($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		PM10(%)		BC/P (%)		Focos de calor
	Fino	Grosso	BC/PF	BC/PG			
Junho	32,8	29,7	70,2	20,0	2,4		11176
Julho	20,2	35,3	64,7	16,7	2,3		10817
Agosto	28,9	30,7	69,3	14,0	2,1		12829
Setembro	13,6	51,2	48,8	14,3	2,9		23854
Outubro	12,0	59,8	40,2	10,4	2,7		10565

O PM₁₀ diminuiu de setembro a outubro, mas a porcentagem da fração fina ultrapassou a da grossa em cerca de 2 e 20%, respectivamente. Como as queimadas são fontes potenciais de partículas finas, a perspectiva seria que a porcentagem da fração fina estivesse diretamente relacionada com focos de calor, o que não foi observado. Dependendo das condições meteorológicas, as partículas finas podem ser transportadas à longas distâncias e o tempo de residência na atmosfera é da ordem de dias a semanas (HORVATH, 2000). Além disso, os focos registrados pelos satélites (INPE, 2008) detectam a existência de fogo na vegetação sem ter condições de avaliar o tamanho da área que está queimando ou o tipo de vegetação afetada, fatores determinantes na quantidade e qualidade do PM₁₀. Contudo, Echalar et al. (1998) estimaram que na estação seca em Cuiabá, 72% da massa da fração fina e 18% da fração grossa são de contribuição de fonte de queima de biomassa.

A massa do PM₁₀ foi constituída, em média, por 62% de fração grossa e 38% de fração fina. Frações similares de PM₁₀ para o particulado grosso e fino foram encontradas em São Paulo por Castanho e Artaxo (2001). Em contraste, na Irlanda, a massa do PM₁₀ em áreas urbanas e rurais apresenta maior contribuição de partículas finas que grossas (YIN, et al, 2005).

A porcentagem de “black carbon” na fração fina também apresentou tendência decrescente de junho a outubro. O mesmo não foi observado para a fração grossa. Em média a massa do “black carbon” no particulado fino representou 15,0%, enquanto no particulado grosso essa proporção foi 2,5%. A razão média de “black carbon” na fração fina ficou dentro do intervalo estimado encontrado por Echalar et al. (1998) que foi $17,9 \pm 5,9\%$ em Cuiabá. A contribuição de “black carbon” na massa do particulado fino em áreas urbanas na Europa representa 23 a 33%, enquanto no particulado grosso as concentrações são baixa, geralmente menores que $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (YIN, et al, 2005).

Análise de correlação canônica

Análise de correlação canônica foi utilizada para verificar possíveis associações entre o grupo I que é representado por variáveis características das amostras e o grupo II representado por variáveis meteorológicas e focos de calor. Esta análise pode ser definida como a correlação entre a combinação linear das variáveis dependentes (grupo I) e a combinação linear das variáveis independentes (grupo II). Cada combinação linear é definida como função canônica, ou seja, par canônico. O par canônico é interpretado com base na magnitude da correlação, no nível de significância e no índice de redundância que representa a quantidade de variância explicada de um grupo pelo outro grupo de variáveis. As cargas canônicas (“canonical loading”) representam as correlações entre as variáveis originais e o índice do grupo em questão, e são obtidas pela matriz de correlação entre as variáveis originais e canônicas. Podem ser utilizadas para interpretar as variáveis na função, sendo que quanto mais alta a carga canônica maior a importância desta variável no par canônico.

Foram realizadas duas análises diferenciadas para o grupo I referentes às frações fina e grossa do material particulado. O grupo II das variáveis independentes foi constituído pelas variáveis meteorológicas e focos de calor. Inicialmente constituído das variáveis: pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade relativa, precipitação, velocidade do vento, frequência de ocorrência dos ventos e focos de calor. Foi efetuada uma análise de sensibilidade do modelo, e conseqüentemente foram eliminadas as variáveis temperatura, precipitação e umidade relativa, que apresentaram menor significância, melhorando desta forma, o desempenho do modelo.

Foi encontrado apenas um par canônico com correlação significativa a 1% probabilidade, pelo teste de qui-quadrado, para cada fração (Tabela 3). A fração grossa apresentou correlação canônica com as variáveis meteorológicas analisadas e focos de calor de 0,79, ligeiramente maior que a apresentada pela fração fina de 0,68. Através do índice de redundância,

Tabela 3. Cargas canônicas e pares canônicos entre as variáveis características de material particulado nas frações fina e grossa, e das variáveis meteorológicas e focos de calor.

Variáveis	Pares canônicos	
	FINO	GROSSO
Grupo I		
Particulado	-0,90	-0,98
Black carbon	-0,99	-0,99
Grupo II		
Pressão Atmosférica	0,03	-0,33
Velocidade do vento	0,54	0,65
Direção N	0,03	-0,40
Direção NW	-0,53	-0,28
Direção NE	0,34	0,25
Direção S	0,27	0,37
Direção SW	0,48	0,57
Direção SE	-0,01	-0,14
Direção W	0,04	0,07
Direção E	0,16	0,06
Sem	-0,64	-0,72
Focos de calor	0,32	0,04
R	0,68	0,79
X ²	49,08	48,69
gl	24	24
p	0,002	0,002
Índice de redundância	42,0	61,0

R = coeficiente de correlação canônica; X² = Qui-quadrado calculado; \hat{n} = nível de significância; * índice de redundância para variáveis do grupo I; gl = graus de liberdade

42% e 61% das variações dos dados das frações fina e grossa do material particulado, respectivamente, podem ser explicadas pelas variáveis meteorológicas e focos de calor. Segundo Hussein (2006), na área metro-

politana de Helsinki, Finlândia, variações sazonais nas concentrações de PM_{10} são fielmente relacionadas à meteorologia local e ao fluxo de veículos, sendo, entretanto, esta dependência mais moderada para o particulado fino, conforme os dados deste estudo.

As cargas canônicas do particulado e do “black carbon”, de ambas as frações, sofrem forte influência das variáveis do grupo II. Esta influência pode ser interpretada para a fração fina como altas concentrações de particulado fino e fração do “black carbon” fino, associadas com alta frequência de períodos com ausência de ventos, baixa velocidade dos ventos, alta frequência na direção NW e baixa na direção SW. Para a fração grossa estabeleceu-se associação de altas concentrações de particulado grosso e fração de “black carbon” grosso com períodos com alta frequência de ausência de ventos, baixa velocidade dos ventos e baixas frequência na direção SW.

Nas duas frações, a velocidade dos ventos e frequência de ocorrência na direção SW apresentaram relações inversas com as concentrações de particulado e “black carbon”, sugerindo que estes fatores agem na dispersão do PM_{10} . Essas relações foram mais efetivas para a fração grossa, tanto para particulado grosso, como para a fração de “black carbon” grosso. Normalmente, ventos do quadrante Sul se devem, em condições normais, às passagens de frentes frias, causando instabilidade atmosférica e atuando na dispersão do particulado. Ventos na direção NW mostraram ser um fator de concentração de fração de “black carbon” fino e particulado fino. A região norte do estado é profundamente afetada por emissões de queima de biomassa na estação seca, apresentando altas concentrações de particulado (ARTAXO et al. 2002; ECHALAR et al. 1998). Os municípios localizados a NW da área de estudo foram responsáveis por aproximadamente 22% do total de focos do estado registrados no período, enquanto os localizados a SW representaram 4 % .

Os focos de calor não apresentaram relação significativa com o particulado. Todavia, não pode-se descartar que as queimadas são fontes potenciais de material particulado.

Conclusões

O material particulado inalável na região do estudo encontra-se próximo aos valores de áreas não poluídas, sendo constituído em grande parte por partículas grossas. A fração grossa do PM_{10} tem uma maior dependência das condições meteorológicas que a fração fina pelas análises canônicas. Contudo, estes parâmetros meteorológicos não são os únicos fatores responsáveis pelas variações nas concentrações das partículas em Cuiabá. As variáveis que parecem ter influenciado na dispersão do

particulado foram a velocidade dos ventos e direção SW, enquanto frequentes períodos com ausência de ventos e ventos na direção NW (para a fração fina) favorecem o aumento da concentração de particulado do ar. A relação do PM₁₀ com focos de calor não ficou caracterizada, sugerindo que essa relação é mais complexa do que se imaginava. O que não descarta as queimadas como fonte de poluição na região.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Paulo Artaxo, Ana Lucia Loureiro e Alcides Camargo do Departamento de Física da Universidade de São Paulo, pelo apoio quanto às análises.

Referências bibliográficas

ANDREAE, M. O.; ATLAS, E.; CACHIER, H.; COFER III, W. R.; HARRIS, G. W.; HELAS, G.; KOPPMANN, R.; LACAUX, J. P.; WARD, D. E. Trace gas and aerosol emissions from savanna fires. In: Levine, J. S (Ed.), *Biomass Burning and Global Change*, vol. 1: Remote Sensing, Modeling and Inventory Development and Biomass Burning in Africa. MIT press, Ma, p.278-295, 1996.

ANDREAE, M. O.; ROSENFELD, D.; ARTAXO, P.; COSTA, A. A.; FRANK, G. P.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M. A. F. Smoking rain clouds over the Amazon. *Science*, vol. 303, p. 1342-1345, 2004.

ANDREAE, M. O.; ARTAXO, P.; FISCHER, H.; FREITAS, S. R.; GRÉGOIRE, J.M.; HANSEL, A.; HOOR, P.; KORMANN, R.; KREJCI, R.; LANGE, L.; LELIEVELD, J.; LINDINGER, W.; LONGO, K.; PETERS, W.; DE REUS, M.; SCHEEREN, B.; SILVA DIAS, M. A. F.; STRÖM, J.; VAN VELTHOVEN, P. F. J.; WILLIAMS, J. Transport of biomass burning smoke to the upper troposphere by deep convection in the equatorial region. *Geophys. Res. Lett.* Vol. 28, No. 6, p. 951-954, March 15, 2001.

ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *Jornal Bras. de Pneumologia*, vol. 30 (2), 2004.

ARTAXO, P.; GATTI, L. V.; LEAL, A. M. C.; LONGO, K. M.; FREITAS, S. R.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T. M.; PROCÓPIO, A. S.; RIZZO, L.V. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica.

Acta Amazônica, vol. 35 (2), p. 185-196, 2005.

ARTAXO, P.; MARTINS, J. V.; YAMASOE, M. A.; PROCÓPIO, A. S.; PAULIQUEVIS, T. M.; ANDREAE, M. O.; GUYON, P.; GATTI, L. V.; LEAL, A. M. C. Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry seasons in Rondônia, Amazonia. *Journal of Geophysical Research*, vol. 107 (D20), p.8081, 2002.

BHUGWANT, C.; CACHIER, H.; BESSAFI, M.; LEVEAU, J. Impact of traffic on black carbon aerosol concentration at la Réunion Island (Southern Indian Ocean). *Atmospheric Environment* 34, p. 3463-3473, 2000.

BRAGA, C. F.; TEIXEIRA, E. C. MEIRA, L.; WIEGAND, F.; YONEANA, M. L.; DIAS, J. F. Elemental composition of PM₁₀ and PM_{2,5} in urban environment in South Brazil. *Atmospheric Environment*, 39, p. 1801-1815, 2005.

CASTANHO, A. D. A.; ARTAXO, P. Wintertime and summertime São Paulo aerosol source apportionment study. *Atmospheric Environment*, vol. 35, p. 4889-4902, 2001.

DUCHIADE, M. P. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. *Caderno de Saúde Pública*, vol. 8 (3), p. 311-330, 1992.

ECHALAR, F.; ARTAXO, P.; MARTINS, J. V.; YAMASOE, M.; GERAB, F. MAENHAUT, W.; HOLBEN, B. Long-term monitoring of atmospheric aerosols in the Amazon Basin: Source identification and apportionment. *Journal of Geophysical Research*, vol. 103, n. D24, p. 31.849-31.864, 1998.

FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS M. A. F.; SILVA DIAS P. L. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estudos Avançados*, vol. 19 (53), p. 167-185, 2005.

HOVARTH, Helmuth. Aerosols – an introduction. *Journal of Environmental Radioactivity*. v.51 p. 5-25, 2000.

HUSSEIN, T.; KARPPINEN, A.; KUKKONEN, J.; HÄRKÖNEN, J.; AALTO, P. P.; HÄMERI, K.; KERMINEN, V. M.; KULMALA, M. Meteorological dependence of size-fractionated number concentrations of urban aerosol particles. *Atmospheric Environment*, vol. 40, p. 1427–1440, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2000- Mato Grosso. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>>, acesso: 6/01/2005.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plataforma de banco de dados de queimadas. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>, acesso julho 2006.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O Monitoramento de Queimadas em Tempo Quase-Real do INPE. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>, acesso julho 2008.

MORISHITA, M.; KEELER, G. J.; WAGNER, J. G.; HARKEMA, J. R. Source identification of ambient $PM_{2,5}$ during summer inhalation exposure studies in Detroit, MI. *Atmospheric Environment*, vol. 40, p. 3823-3834, 2006.

PARKER, R. D.; BUZZARD, G. H.; DZUBAY, T. G.; BELL, J. P. A two stage respirable aerosol sampler using Nuclepore filters in series. *Atmospheric Environment*, v11, p.617-621, 1977 .

ROBERTS, G. C.; ARTAXO, P.; ZHOU, J.; SWIETLICKI, E.; ANDREAE, M. Sensitivity of CCN spectra on chemical and physical properties of aerosol: a case study from the Amazon Basin. *Journal of Geophysical Research*, vol. 107 (D20), p.8070, 2002.

ROSENFELD, D. Suppression of rain and snow by urban and industrial air pollution. *Science*, vol. 287, p. 1793-1796, mar., 2000.

STATHEROPOULOS, M.; VASSILIADIS, N.; PAPPA, A. Principal component and canonical correlation analysis for examining air pollution and meteorological data. *Atmospheric Environment*, v. 32, n. 6, p. 1087-1095, 1998.

YIN, J.; ALLEN, A. G.; HARRISON, R. M.; JENNINGS, S. G.; WRIGHT, E.; FITZPATICK, M.; HEALY, T.; BARRY, E.; CEBURNIS, D.; MCCUSKEN, D. Major component composition of urban PM_{10} and $PM_{2,5}$ in Ireland . *Atmospheric Research* , vol. 78, p. 149-165, 2005.