



X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica

*“Influência da pesquisa em Engenharia Química no desenvolvimento tecnológico e industrial brasileiro”*

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Universidade Severino Sombra  
Vassouras – RJ – Brasil

## VARIABILIDADE SEMANAL DA INFLUÊNCIA DO TRÁFEGO VEICULAR NA ESPESSURA ÓPTICA DE AEROSSOL EM UM SÍTIO LOCALIZADO NO SUL DO BRASIL

MAIA\*<sup>1,2</sup>, M. A.; BERTÊ<sup>1,2</sup>, M.; PERES<sup>2,3</sup>, L.V.; PINHEIRO<sup>2,3</sup>, D.K.

<sup>1</sup>Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE-MCTI

<sup>2</sup>Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria– LACESM/CT-UFSM

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, UFSM

Santa Maria, RS, Brasil.

email: damariskp@gmail.com

**RESUMO** - O aerossol atmosférico é constituído por um conjunto de partículas sólidas ou líquidas em suspensão na atmosfera e a sua origem pode ser natural ou antropogênica. Como centros urbanos reúnem uma grande frota veicular, pode-se dizer que existe uma quantidade considerável de aerossóis proveniente de tal atividade. Santa Maria, cidade localizada no Sul do Brasil, com 262.368 habitantes, segundo o censo IBGE de 2011, é também denominada de cidade universitária, devido à presença da Universidade Federal de Santa Maria. Assim, existe um grande fluxo de pessoas e veículos para o campus da UFSM diariamente, logo foi analisada influência do tráfego veicular na espessura óptica de aerossóis (EOA). Através da utilização dos dados do Espectrofotômetro Brewer, foi possível obter os valores para as Espessuras Ópticas Atmosféricas, através do método de Langley. Foram calculadas as EOA de duas em duas horas, iniciando às 8 horas e finalizando às 18 horas, para os comprimentos de onda 306,3, 310,1, 313,5, 316,8 e 320,1 nm. Foi possível observar graficamente através da análise dos dados, que a quantidade de EOA é maior no intervalo de horário do 12:00 às 13:59. Isso se deve ao fato de que a circulação de veículos é consideravelmente maior, implicando no aumento de aerossóis na atmosfera.

**Palavras chave:** Método de Langley, fluxo de veículos, aerossóis.

## INTRODUÇÃO

O aerossol atmosférico é constituído por um conjunto de partículas sólidas ou líquidas em suspensão na atmosfera, que possuem tamanhos variados, oscilando em torno de alguns nanômetros até dezenas de micrômetros (Seinfeld e Pandis, 1998). Os aerossóis atmosféricos são constituídos por uma mistura de partículas de origem primária, emissões de

origem direta da fonte, e secundária, conversão gás-partícula (Albuquerque e Andrade, 2003). O aerossol pode ser de origem natural ou antropogênica. Os processos naturais estão associados com a ação do vento no solo, gerando poeira, e no mar, resultando no spray marinho, e ainda de origem biológica (pólen, fungos e bactérias), e por vulcões. Esses processos mecânicos originam o aerossol primário. O aerossol antropogênico é aquele

criado das ações humanas que, em geral, levam a emissões de gases que na atmosfera se convertem para particulado, sendo, portanto, esse aerossol de origem secundária (Castanho, 1999).

A formação dos aerossóis através de processos industriais, da queima de biomassa e de combustíveis fósseis são exemplos de fontes oriundas pelo homem (Maioli, 2011). Como centros urbanos reúnem uma grande frota veicular, pode-se dizer que existe uma quantidade considerável de aerossóis proveniente de tal atividade (Alonso et al.; 1997).

Santa Maria, cidade localizada no Sul do Brasil, com 262.368 habitantes, segundo o censo IBGE de 2011, é também denominada de cidade universitária, devido à presença da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Esta é uma das maiores universidades federais do país com um contingente de pessoal, entre alunos e servidores, de 29.610. Assim, existe um grande fluxo de pessoas e veículos para o campus da UFSM diariamente, afetando a quantidade de aerossol emitida para a atmosfera.

Artaxo e Castanho (2001) realizaram um estudo para identificar e quantificar as principais fontes de poluição do ar na cidade de São Paulo, medindo, entre outros componentes atmosféricos, o PM<sub>10</sub>, partículas na atmosfera com diâmetro inferior a 10 micrômetros. Desta forma, eles avaliaram a influência do tráfego de veículos nas concentrações de PM<sub>10</sub>.

Outro trabalho similar foi realizado por Albuquerque et al. (2011), que estudaram a composição dos aerossóis e de outros poluentes emitidos para a atmosfera, relacionando-os com o tráfego veicular.

Neste trabalho foi analisada a influência do tráfego veicular na espessura óptica de aerossóis (EOA) obtida pelo Espectrofotômetro Brewer instalado no campus da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, em Santa Maria, RS.

Com o Espectrofotômetro Brewer, foram obtidos os valores das espessuras ópticas atmosféricas (EOAt). Este equipamento efetua as medidas de Radiação UV-B global e de

gases traço como Ozônio (O<sub>3</sub>) e Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>). Para a avaliação dos dados foi utilizado o método de Langley, que é uma aplicação da lei de Beer, para a determinação das EOAt. A partir desses valores foi possível determinar as EOA, as quais foram calculadas para os comprimentos de onda 306,3; 310,1; 313,5; 316,8 e 320,1 nm.

## MÉTODO

A partir do Espectrofotômetro Brewer MKIII #167, localizado no Prédio Sede do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE – MCTI, no campus da UFSM, e utilizando os dados de contagens de fótons medidos pela técnica Direto ao Sol (DS) nos comprimentos de onda do ultravioleta citados anteriormente, foram obtidas as medidas de espessura óptica atmosférica (EOAt).

A EOAt é determinada pelo método de Langley, o qual é uma aplicação da lei de Beer, que consiste na seguinte equação:

$$\ln I_{\lambda} = \ln I_{0\lambda} - \tau_{at} \cdot m$$

Onde:  $I_{\lambda}$  = Irradiância solar na superfície da terra ( $\text{W.m}^{-2}$ ),  $I_{0\lambda}$  = Irradiância solar no topo da atmosfera ( $\text{W.m}^{-2}$ ),  $\tau_{at}$  = Espessura óptica atmosférica,  $m$  = Massa de ar.

Como a EOAt é igual ao somatório das espessuras ópticas de absorção por gases traço, que no caso da faixa de ultravioleta trabalhada aqui são representados por ozônio ( $\tau_{O_3}$ ) e dióxido de enxofre ( $\tau_{SO_2}$ ), mais a espessura óptica para o espalhamento Rayleigh ( $\tau_R$ ) e de aerossóis ( $\tau_{ae}$ ); é possível determinar a espessura óptica de aerossóis (EOA) isolando-a da fórmula abaixo:

$$\tau_{at} = \tau_R + \tau_{ae} + \tau_{SO_2} + \tau_{O_3}$$

Para a análise da EOA a cada duas horas foi realizada uma média dos valores das espessuras de O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub> para esse intervalo de tempo. Já o espalhamento de Rayleigh foi

calculado, também a cada duas horas, pela seguinte equação:

$$\tau_R = 0,008569\lambda^{-4}(1+0,0113\lambda^{-2}+0,00013\lambda^{-4})P_{\text{estação}}\cdot P_{\text{atm}}^{-1}$$

Onde:  $P_{\text{estação}}$  = Pressão local do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria (989,13 hPa),  $P_{\text{atm}}$  = Pressão atmosférica ( $P_{\text{atm}} = 1013,15$  h Pa),  $\lambda$  = Comprimento de onda (em nm).

As espessuras dos gases traço são calculadas através da seção de choque de absorção e da coluna integrada de gás, através da equação:

$$\tau_{xx\lambda} = \sigma_{xx\lambda} \cdot UD \cdot 2,69 \cdot 10^{16}$$

Onde:  $\sigma_{xx\lambda}$  = Seção de choque de absorção em  $\text{cm}^2/\text{molécula}$ , UD = Coluna total de gás (Unidade Dobson), xx indica o gás, no caso,  $\text{O}_3$  ou  $\text{SO}_2$ .

O cálculo EOA foi realizado de duas em duas horas, com tal intervalo fixado para todas as análises, com início às 8 horas da manhã e término às 18 horas (LT). O motivo do uso desta faixa de horário é que os ângulos solares zenitais não podem ultrapassar  $65^\circ$  para evitar o espalhamento múltiplo de forma que o método de Langley possa ser aplicado. Foi analisado de Dezembro de 2011 a Junho de 2012. Desse período foram utilizados somente 86 dias, pois os dias para a avaliação não devem conter nebulosidade, ou seja, devem ser dias de céu claro. Isso se deve ao fato de que as nuvens interferem na medida das EOA, tornando os valores obtidos pela aplicação do Método de Langley para as medidas do Espectrofotômetro Brewer não válidos.

Foram obtidos os valores médios de EOA para os sete dias da semana, com o intuito realizar uma avaliação comportamental semanal, relacionando-a com a influência do tráfego de veículos, no campus da UFSM, em Santa Maria, RS, Brasil.

## RESULTADOS

Ao total, foram analisados 86 dias, de Dezembro de 2011 a Junho de 2012. Os valores médios de espessura óptica de aerossol estão representados graficamente para cada dia da semana nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Para Segunda-feira, Figura 1, na qual foram analisados 13 dias, pode-se verificar que o valor mais alto para a EOA foi no intervalo do 12:00 às 13:59. Isso se deve ao fato de que esse é o horário de maior circulação de pessoas, juntamente com os seus veículos de transporte, seja de chegada ou de saída do intervalo de almoço. Assim, existe maior fluxo veicular na universidade implicando no aumento do valor de EOA. No intervalo das 16:00 às 17:59, também houve um valor significavelmente alto de EOA quando comparado aos outros horários. Tal valor é igualmente oriundo do tráfego de veículos, já que esse é o horário de encerramento da maioria das atividades acadêmicas no campus.

Observa-se um grande desvio padrão nas medidas de 12:00 às 13:59, os quais mostram uma grande variação nas espessuras desta faixa de horário. Como no período de análise estão incluídos dias de férias e greve de servidores, o que diminui a circulação de pessoas e veículos no campus, acredita-se que estes fatos influenciaram na grande variabilidade das espessuras ópticas de aerossóis.

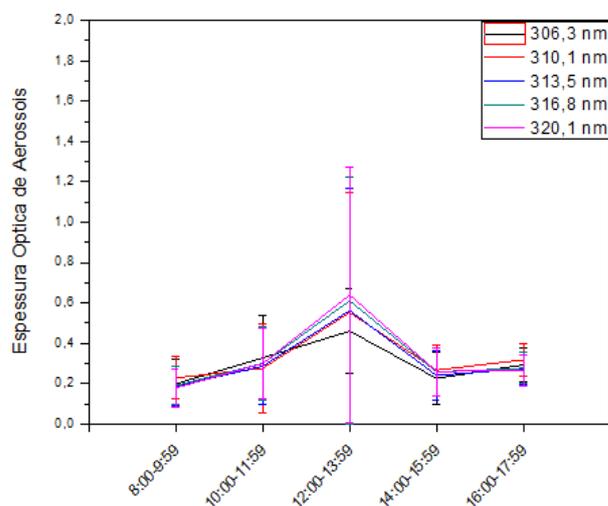


Figura 1 - Médias das Espessuras Ópticas de Aerossóis de duas em duas horas para Segunda-feira.

Para a Terça-feira, Figura 2, na qual foram analisados 8 dias, nota-se um comportamento similar à segunda-feira. Da mesma maneira, apresenta valores elevados e com altos desvios padrão de EOA nos intervalos do 12:00 às 13:59. Já no intervalo das 16:00 às 17:59, as EOAs apresentam maiores valores do que quando comparados à segunda-feira, devido igualmente à circulação de pessoas no campus da universidade.

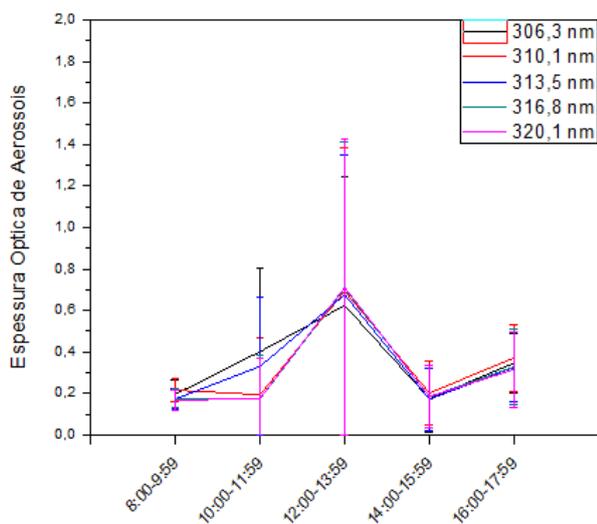


Figura 2 - Médias das Espessuras Ópticas de Aerossóis de duas em duas horas para Terça-feira.

Quarta-feira, Figura 3, e Quinta-feira Figura 4, nas quais foram avaliados 12 e 11 dias respectivamente, confirma-se novamente o esperado. Esses dias apresentaram valores consideravelmente altos de EOA no intervalo das 12:00 às 13:59, intervalo de horários de fluxo intenso de veículos no campus da UFSM, confirmando que as emissões de partículas proveniente de veículos influenciam na quantidade de aerossol na atmosfera.

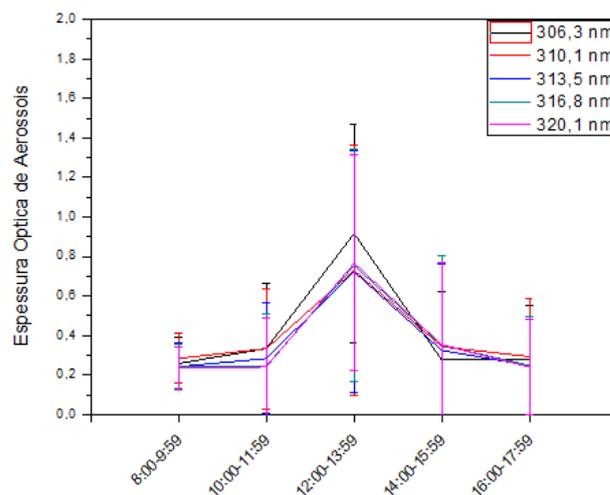


Figura 3 - Médias das Espessuras Ópticas de Aerossóis de duas em duas horas para Quarta-feira.

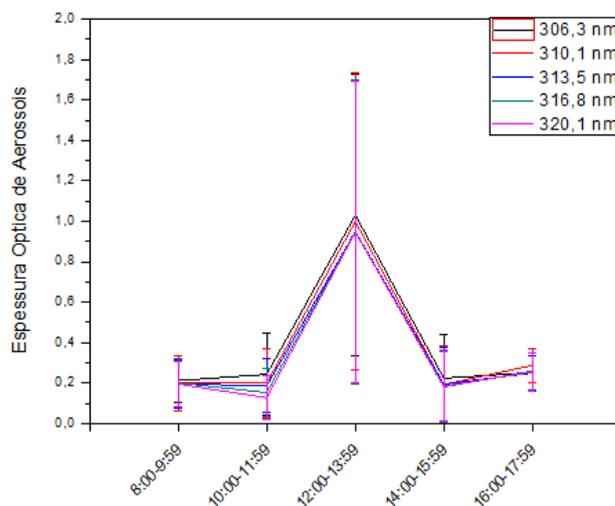


Figura 4 - Médias das Espessuras Ópticas de Aerossóis de duas em duas horas para Quinta-feira.

Nas Figuras 5, 6 e 7, as quais representam Sexta-feira, Sábado e Domingo, onde foram analisados 12 dias, 14 dias e 16 dias, respectivamente, visualiza-se uma diferença comportamental dos valores das espessuras quando comparado aos outros dias da semana.

Apesar de Sexta-feira e Sábado terem valores menores de EOA que os outros dias da semana, ainda apresentaram um valor mais elevado de EOA no intervalo do 12:00 às 13:59 e das 16:00 às 17:59. Isto pode ser devido a um menor fluxo de veículos no campus nestes dias.

Porém, Domingo apresenta um comportamento completamente diferente do que os outros dias da semana. Além dos pequenos valores de EOA, nenhum intervalo de horário apresenta um valor significativamente superior ao outro, demonstrando um comportamento constante ao longo do dia, provavelmente devido ao baixo fluxo de veículos no campus.

Tais resultados obtidos, onde a espessura óptica de aerossol possui um valor mais elevado em horários de um tráfego veicular mais intenso, foram similares aos obtidos no estudo de Artaxo e Castanho (2001). Nesse estudo, a variabilidade de  $PM_{10}$  na cidade de São Paulo, durante os dias da semana, apresentou um padrão para determinados horários. Demonstrou um pico de concentrações das 8:00 às 10:00 e das 18:00 às 20:00 (LT), horários com influência do tráfego veicular devido ao horário do rush em São Paulo.

Já o estudo realizado por Albuquerque et al. (2011) demonstrou que, em horários de maiores tráfegos de veículos em São Paulo, a quantidade de poluentes emitidos para a atmosfera é significativamente elevada. Tal trabalho também confirma que as emissões provenientes de veículos constituem uma fonte importante de partículas na atmosfera.

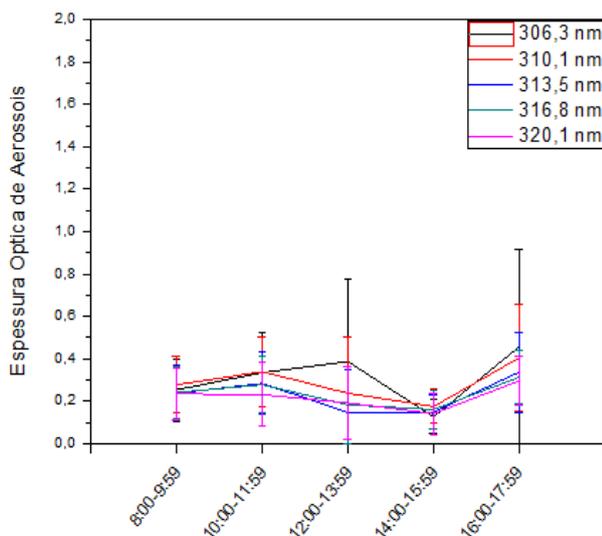


Figura 5 - Médias das Espessuras Ópticas de Aerossóis de duas em duas horas para Sexta-feira.

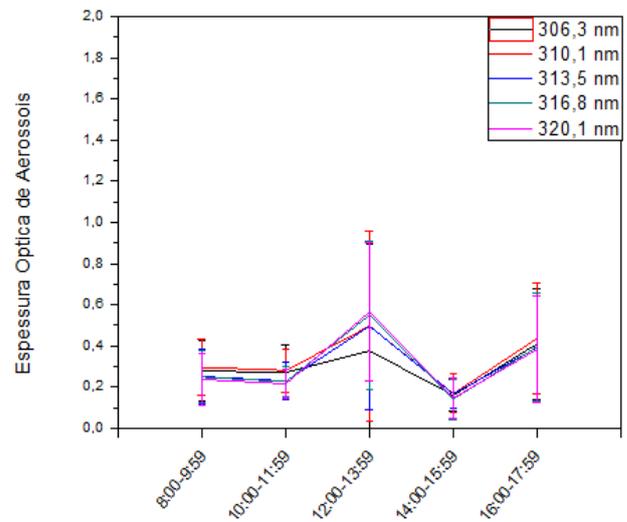


Figura 6 - Médias das Espessuras Ópticas de Aerossóis de duas em duas horas para Sábado.

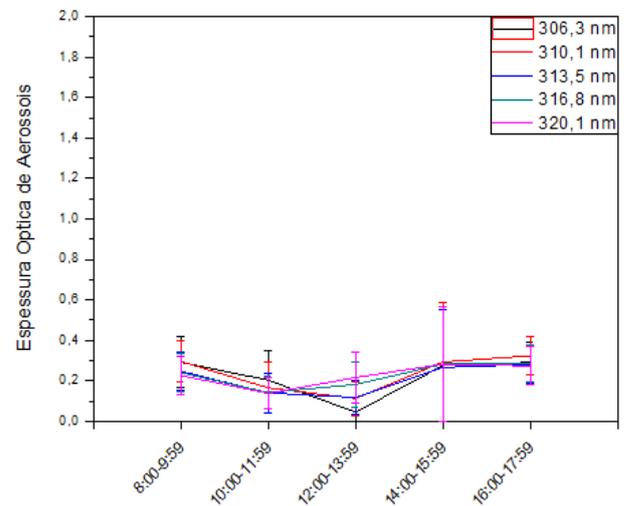


Figura 7 - Médias das Espessuras Ópticas de Aerossóis de duas em duas horas para Domingo.

## CONCLUSÃO

Os valores elevados de espessura óptica de aerossóis no campus da UFSM foram concomitantes com os intervalos de horário de maior tráfego veicular, das 12:00 às 13:59. Esse pico foi confirmado pela análise das médias horárias de EOA para os sete dias da semana. Logo, pode-se confirmar que o tráfego de veículos é uma fonte que contribui consideravelmente para a elevação de aerossóis na atmosfera.

Através da análise também foi possível verificar que os dias com maiores valores de EOA durante a semana foram de segunda-feira a quinta-feira, onde o dia com valor mais elevado de espessura foi na quinta-feira no horário do 12:00 às 13:59.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a PRAE/UFSM e CAPES pelas bolsas. Especial agradecimento ao Laboratório de Ozônio do DGE/INPE – MCTI, na pessoa do Técnico José Roberto Chagas, pelo auxílio na manutenção e calibração do Espectrofotômetro Brewer MKIII #167.

## **REFERÊNCIAS**

ALBUQUERQUE, T.T.A., ANDRADE, M.F., YNOUE, R.Y., 2011. Characterization of atmospheric aerosols in the city of São Paulo, Brazil: comparisons between polluted and unpolluted periods. *Environ Monit Assess* (2012) 184:969–984.

ALBUQUERQUE, T.T.A.; ANDRADE, M.F., 2003. Distribuições do Tamanho de Aerossol Atmosférico na Região Metropolitana de São Paulo: Estudo de Um Caso para o Inverno de 2003.

ALONSO, C.D., MARTINS M.H.R.B., ROMANO, J, GODINHO, R., 1997. São Paulo Aerosol Characterization Study, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 47, 1297-1300.

ARTAXO, P., CASTANHO, A.D.A, 2001. Wintertime and summertime São Paulo aerosol source apportionment study. *Atmospheric Environment* 35 (2001), 4889–4902.

CASTANHO, A. D. A., 1999. A determinação quantitativa de fontes de material particulado na atmosfera da cidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado, IF-USP.

MAIOLI, B.G., 2011. Quantificação e Caracterização do Material Particulado Fino (MP<sub>2,5</sub>) na Região Metropolitana da Grande Vitória – ES. Vitória, Espírito Santo.

SEINFELD, J.H., PANDIS, S.N., 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change*. Wiley, New York.