

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA

13^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

70

ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS CRÍTICOS PARA A FORMAÇÃO DE OXIDANTES FOTOQUÍMICOS

ARQUIVO TECNICO

8401
OL4e
014288



04494

014288

CETESB



Diretor Presidente: Werner Eugênio Zulauf. **Diretor Financeiro:** Paulo Bezerril Junior. **Diretor Administrativo:** Antonio Alves de Almeida. **Diretor de Engenharia:** Nelson Mansour Nabhan. **Diretor de Controle:** Nelson Vieira de Vasconcelos. **Diretor de Planejamento Ambiental:** Fredmar Corrêa. **Diretor de Pesquisa:** Samuel Murgel Branco.

ESCRITÓRIO CENTRAL

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros
São Paulo - CEP 05459 - Telefone: (DDD 011) 210-1100
Telex (011) 222-46 - CTS - BR

UNIDADES REGIONAIS E ESCRITÓRIOS

● Estado de São Paulo

Araçatuba: Rua Silva Jardim, 906
Fone: (0186) 23.6838 - CEP 16.100

Araraquara: Av. Espanha, 188
Fone (0162) 32.2211, CEP 14.800

Bauru: Rua Gerson França, 11-60
Fone: (0142) 23.8466 - CEP 17.100

Campinas: Rua São Carlos, 287
Fone: (0192) 32.3366 - CEP 13.100

Cubatão: Rua Assembléia de Deus, 39 Salas 405 e 407
Fone: (0132) 61.1660 e 611301 - CEP 11.500

Franca: Av. Champagnat, 1808
Fone: (016) 723.9700 - CEP 14.400

Guarulhos: Rua Brás Cubas, 95
Fone: (011) 209.8413 - CEP 07.000

Ipiranga: Rua Caramuru, 573
Fone: (011) 275.7102 - CEP 04138

Marília: Av. Sampaio Vidal, 106
Fone: (0144) 33.8879, 33.8521, 33.8733 - CEP 17.500

Mogi das Cruzes: Rua Prof. Floriano de Melo, 330
Fone: (011) 469.3490 - CEP 08.700

Novo Horizonte: Av. da Saudade, s/n
Fone: (0175) 42.1950 - CEP 14.960

Osasco: Rua Nathanael Titto Salmon, 268
Fone: (011) 801.9736 - CEP 06.000

Piracicaba: Rua Moraes Barros, 264
Fone: (0194) 34.5132 - CEP 13.400

Presidente Prudente: Rua Siqueira Campos, 699
Fone: (0182) 22.1044 - CEP: 19.100

Ribeirão Preto: Rua Amador Bueno, 1294/1302
Fone: (016) 634.6044, 634.4536, 625.9500
- CEP 14.100

Santana: Av. Gal. Ataliba Leonel, 379
Fone: (011) 267.7562 - CEP 02.033

Santos: Rua Itapura de Miranda, 158
Fone: (0132) 33.7127, 32.9550 - CEP 11.100

Santo André: Rua Juquiá, 555
Fone: (011) 444.3519, 444.5767 - CEP.: 09.000

São Bernardo do Campo: Av. Brig. Faria Lima, 360
Fone: (011) 443.4188 - CEP 09700

Sorocaba: Av. Dr. Eugênio Salermo, 157
Fone: (0152) 31.4877, 312065 - CEP 12.100

Tatuapé: Rua Henrique Setorio, 221
Fone: (011) 217.7505 - CEP 03.066

Taubaté: Rua Itambé, 38
Fone: (0122) 32.4829, 324900, 32.4867 - CEP 12.100

● Outros Estados

Florianópolis - SC

Rua João Pinto, 6 - 2º andar - s/203
Fone: (0482) 22.7690 - CEP 88.000

Recife - PE

Rua das Fronteiras, 160
Fone: (081) 222.1013 - CEP 50.000

ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS CRÍTICOS PARA A FORMAÇÃO DE OXIDANTES FOTOQUÍMICOS

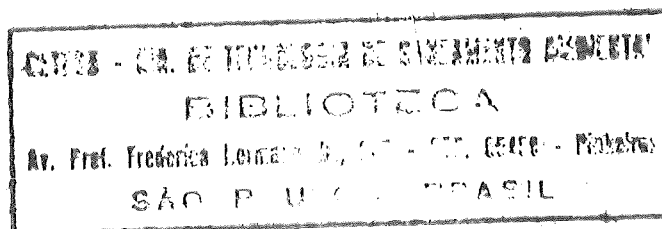
Silvio de Oliveira

Meteorologista

Cristiane M. D. Ferrari

Ecóloga

GERÊNCIA DE PESQUISAS DE AR E RUÍDO



INTRODUÇÃO

A presença de oxidantes na atmosfera, especialmente o ozona, é constatada independentemente da atividade humana. Na atmosfera, emanações naturais de reagentes formadores dos oxidantes fotoquímicos tem sido estudadas, assim como é conhecida a presença do ozona na camada denominada ozonosfera. O progresso industrial tem contribuído para o aumento da emissão de gases, que de acordo com a sua natureza agem de forma oposta, no que diz respeito à concentração do ozona atmosférico.

Enquanto as emissões cada vez maiores de hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio na atmosfera urbana tem acarretado a presença de altas concentrações de oxidantes, a liberação dos compostos orgânicos halogenados faz destruir o ozona, que compõe uma das camadas da estratosfera. A diminuição do ozona na estratosfera permite a maior penetração da radiação ultravioleta, uma vez que o ozona age como um "filtro" a este tipo de radiação e prevê-se alterações no clima e efeitos nocivos à saúde devido a este distúrbio. A destruição do ozona na estratosfera é um problema de larga escala e foge dos objetivos deste trabalho, que se restringe aos oxidantes formados na troposfera inferior em área urbana, especificamente São Paulo.

Os oxidantes fotoquímicos observados em atmosfera urbana são resultados de dois processos definidos: primeiro um processo físico envolvendo fatores meteorológicos que produzem a dispersão e transporte dos precursores dos oxidantes emitidos; e segundo um processo químico envolvendo a reação dos poluentes dispersados sob o estímulo da radiação solar.

As condições meteorológicas que favorecem a produção fotoquímica de altas concentrações do ozona em São Paulo, são tipicamente, anticiclones, ventos fracos do quadrante norte e do sul sudeste, temperatura elevada, radiação solar moderada, nuvens do tipo cúmulus e inversão térmica de subsidência pela manhã. A maioria dos casos de ultrapassagens do padrão de ozona (0.082 ppm) têm sido observadas sob estas condições.

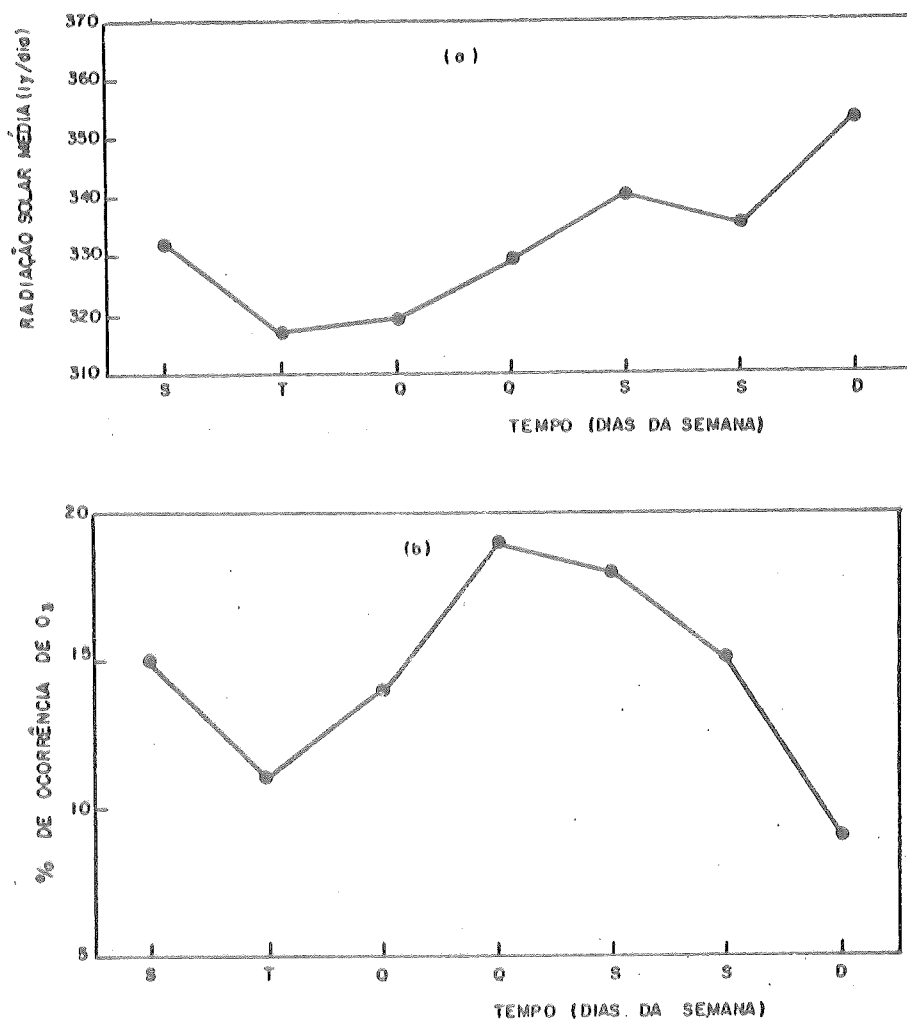


FIGURA 1 - a) Distribuição da radiação solar média nos dias da semana; b) Frequência relativa do ozona máximo nos dias da semana. Período de 1981/82

Pela figura as medidas indicam que a atmosfera da Grande São Paulo (GSP) é menos transparente na terça-feira e mais transparente no domingo. Consequentemente a menor porcentagem de ultrapassagens do padrão do ozona é na terça-feira apesar do aumento de precursores no início da semana, a maior porcentagem (19%) ocorre na quinta-feira. Supõe-se então que o valor médio de 329 ly/dia da radiação, desse dia, corresponde a uma quantidade crítica de energia para ativar fotoquimicamente a atmosfera da região.

O decréscimo da porcentagem do ozona máximo no fim de semana, deve-se à diminuição de precursores, apesar da maior incidência de luz. Portanto, o déficit de radiação na terça-feira é da ordem de 10% em relação ao domingo. Logo pode-se concluir que há uma maior perda de radiação direta nos dias da semana do que nos fins de semana. Estes resultados são semelhantes aos publicados no relatório do California Air Research Board (1974) onde foi registrado um progressivo aumento nas concentrações do ozona de segunda à sexta e um pronunciado decréscimo no sábado e no domingo, na Bacia de Los Angeles.

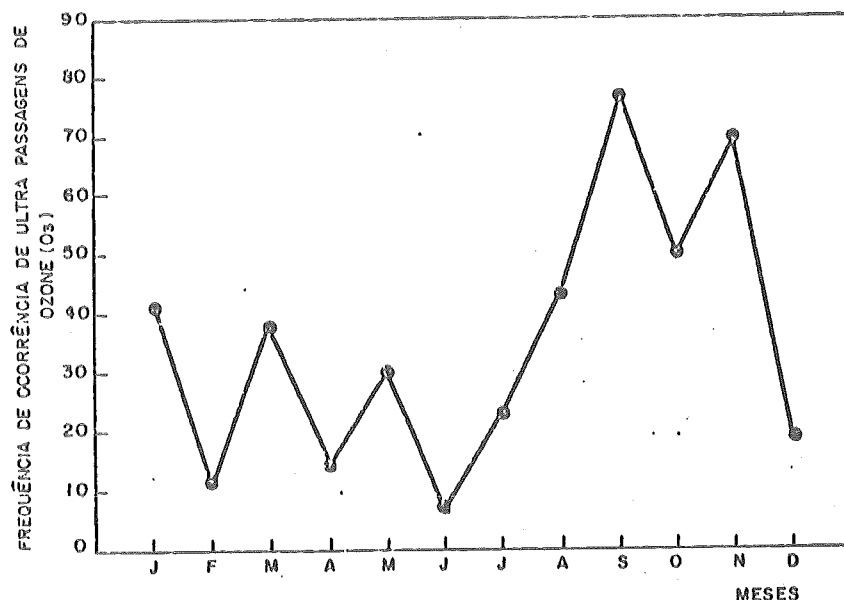


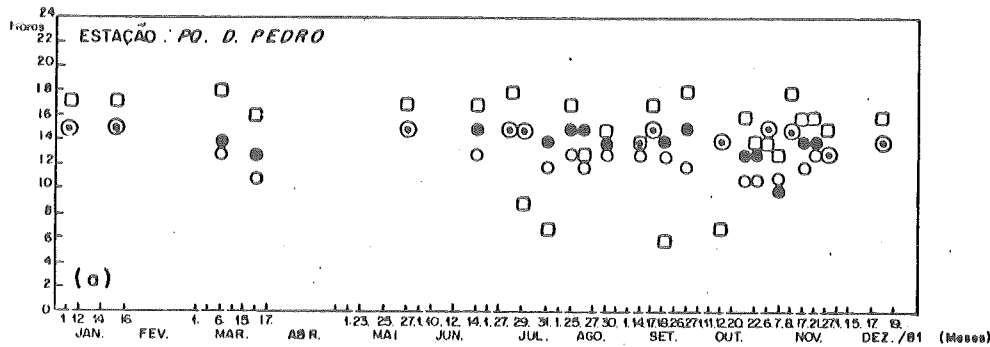
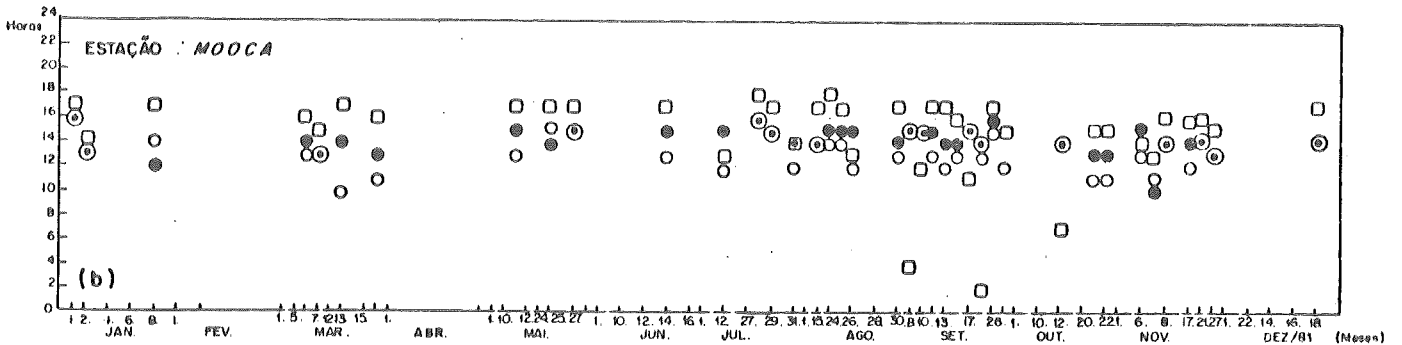
FIGURA 2 - Total mensal de ultrapassagens do padrão do ozônio na área metropolitana de São Paulo
Período de 1981 a 1984

Para verificar se havia alguma influência sazonal sobre a quantidade do ozônio na atmosfera urbana, calculou-se o valor médio mensal do número de ultrapassagens do padrão, Fig. 2.

O resultado revelou que do total anual de ultrapassagens do padrão, 71% recaem no segundo semestre e 29% no primeiro. Verificou-se também que 21% e 20% dessas ultrapassagens incidem sobre os meses de setembro e outubro respectivamente. Enquanto o número mínimo de ocorrências se concentram nos meses de abril (3%) e junho (2%). A literatura sobre o assunto (Leighton, 1961) declara que a quantidade de ozônio na atmosfera varia com as estações, com um máximo na primavera e um mínimo no outono, o que está de acordo com os resultados encontrados nesta pesquisa. Detalhes do porquê deste comportamento estão bem explanados na bibliografia já citada.

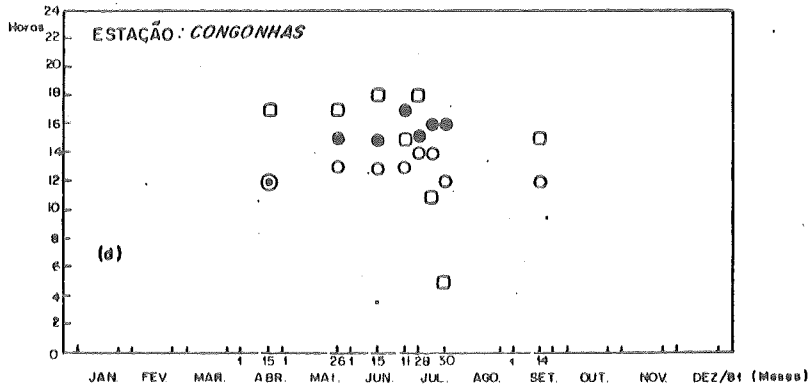
Variação horária do ozônio com parâmetros meteorológicos

Procurou-se investigar qual o horário médio de ultrapassagem do padrão do ozônio e se há coincidência com o horário de ocorrência do vento máximo e temperatura máxima. A temperatura tem um papel importante na cinética de reação para produção de oxidantes fotoquímicas, procurou-se então averiguar se a hora da temperatura máxima coincide com o ozônio máximo. A velocidade máxima do vento e a sua direção eventualmente estão ligadas com o problema do transporte de precursores e do próprio ozônio através da área metropolitana. Aqui trabalhou-se apenas com a hora de ocorrência da velocidade máxima e os resultados são ilustrados na Figura 3 (a-g).



LEGENDA

- OZONE MAX. (ppm)
- TEMP. MAX. (°C)
- VENTO MAX. (m/s)



LEGENDA

- OZONE MAX. (ppb)
- TEMP. MAX. (°C)
- VENTO MAX. (m/s)

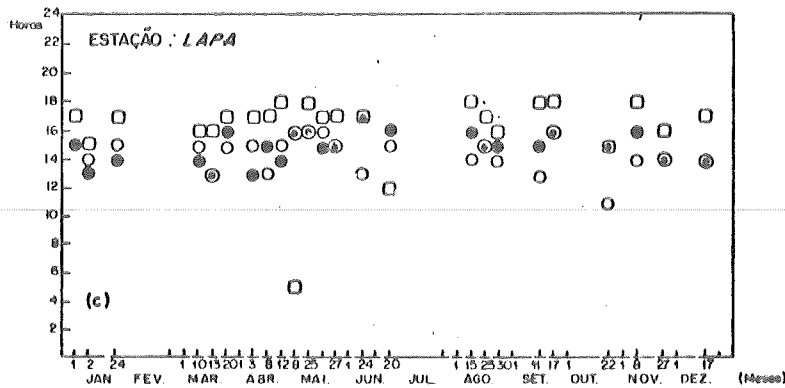
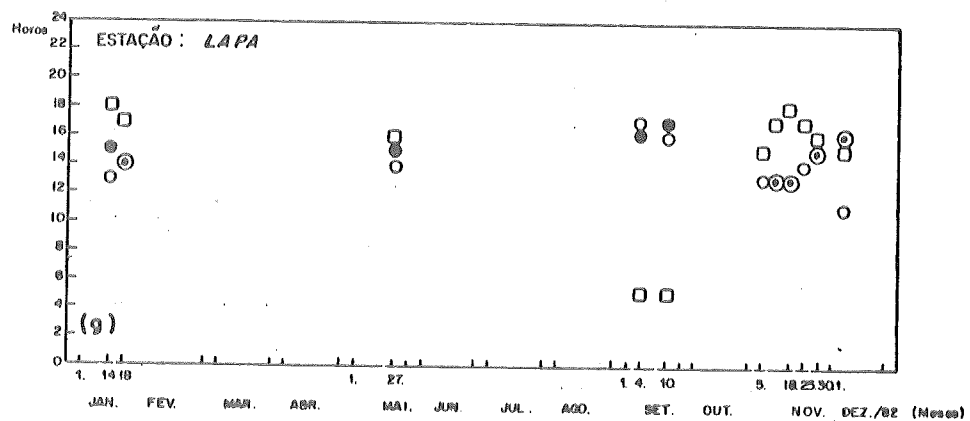
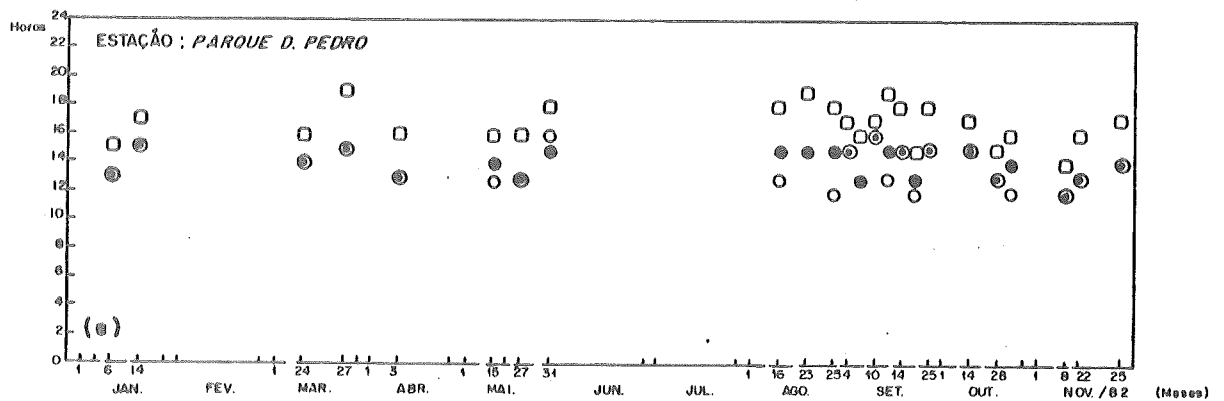
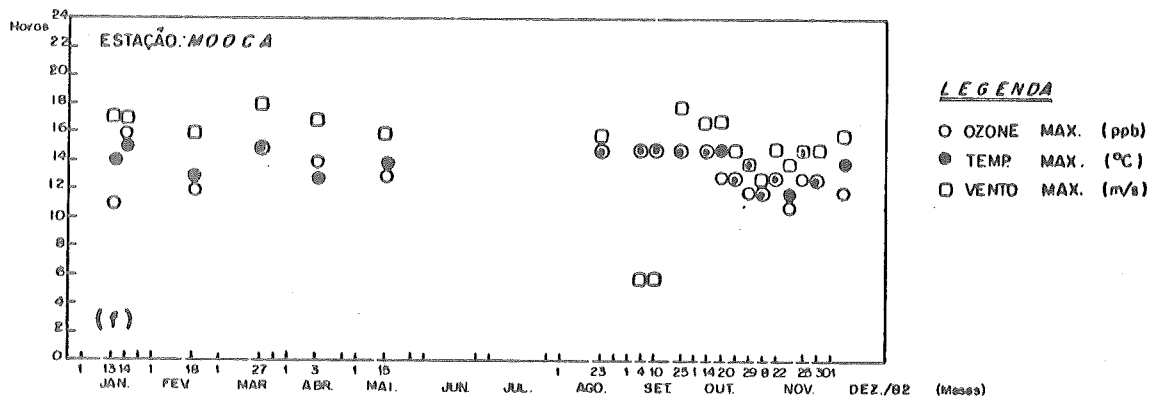


FIGURA 3 (a) - Hora local de ocorrência do ozona, temperatura e vento de superfície, distribuído em relação ao dia e mês do ano. Período 1981/82.



LEGENDA

- OZONE MAX. (ppm)
- TEMP. MAX. (°C)
- VENTO MAX. (m/s)

FIGURA 3 (b) - Hora local de ocorrência do ozona, temperatura e vento de superfície, distribuído em relação ao dia e mês do ano. Período 1981/82.

Percebe-se haver uma maior coincidência de horário do ozona com a temperatura, do que do ozona com o vento principalmente nas estações do Parque D. Pedro e da Móoca.

A faixa de horário mais frequente de ocorrência do ozona e da temperatura oscila entre 12 e 16 horas e do vento, entre 16 e 18 horas. Na faixa de 16 a 18 horas a direção do vento médio mais predominante é a de sulsudeste (Oliveira et alii, 1983). Supõe-se então que a área norte da cidade deverá concentrar e acumular uma razoável porcentagem de ozona devido ao seu tempo de permanência no ar superior a 20 horas (Guichert & Dop, 1977).

Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o ozona

A relação entre o ozona, a temperatura e a umidade relativa é mostrada na Figura 4 (a-f). As análises foram desenvolvidas com a série anual de 1981 e 1982 separadamente. Apesar desta separação não observou-se diferenças significativas de um ano para outro.

Em todos os locais de medição constatou-se que os intervalos críticos da temperatura e da umidade relativa que mais contribuem para a formação do ozona máximo foram os seguintes: 1º) 25 a 30°C com a umidade relativa entre 40 e 45%; 2º) 20 a 30°C com a umidade relativa entre 40 e 60%; e 3º) poucos casos de ozona com temperatura inferior a 20°C e superior a 30°C. Para qualquer caso a umidade se manteve entre 40 e 70%, este comportamento foi observado tanto em 1981 como em 1982.

Apenas a título de ilustração, em Londres o ozona atinge seu pico no início da manhã, com a temperatura variando entre -1.1 e 4.4°C com alta umidade relativa, e em Los Angeles o pico de ozona ocorre ao meio dia com temperatura de 24 a 32°C e baixa umidade relativa (Leighton, 1961). Portanto os resultados aqui encontrados se aproximam bastante dos observados em Los Angeles.

Segundo Jacumin (1964) a alta umidade relativa é um fator limitante para aumentar o pico da concentração dos oxidantes e, a temperatura superior a 30°C deve aumentar a taxa de destruição do ozona. No caso da temperatura menor do que 20°C a concentração do oxidante é baixa porque deve ter sido produzido lentamente. Logo a produção de oxidantes é acelerada com as temperaturas de 25°C a 30°C, considerada aqui como a faixa crítica de temperatura que acelera a formação do ozona na região urbana de São Paulo.

Variação horária do ozona com o vento de superfície

Os precursores (NO , NO_x , HC) após serem emitidos são carregados pelo vento, recirculados e distribuídos sobre a área metropolitana. Um exame das concentrações máximas e médias do ozona, mostrou a sua dependência da direção e velocidade do vento e para demonstrar essa relação, elaborou-se os gráficos da Figura 5 (a-d). Na realidade foram analisadas cerca de 48 equações de regressão simples e apresentou-se apenas às da Figura 5. Cerca de mais de 60% destas regressões resultaram em coeficientes de ajuste entre 0.50 e 0.91.

Notou-se que 90% dos casos de vento soprando do quadrante norte, estavam associados com as maiores concentrações de ozona. Enquanto a direção do quadrante sul, deve advectar os oxidantes para o setor norte da cidade.

Meteorologicamente, após às 7 horas tem início o aquecimento de superfície oferecendo condições para que ocorram as reações fotoquímicas, cuja consequência é o aumento da concentração do ozona.

Em seguida decresce a pressão atmosférica, intensifica a velocidade do vento e após o meio dia, o vento muda a direção do quadrante sul para o norte. Este ciclo diurno ocorre devido também ao desacoplamento da camada de inversão da superfície de manhã, e a intensificação da ilha de calor à tarde.

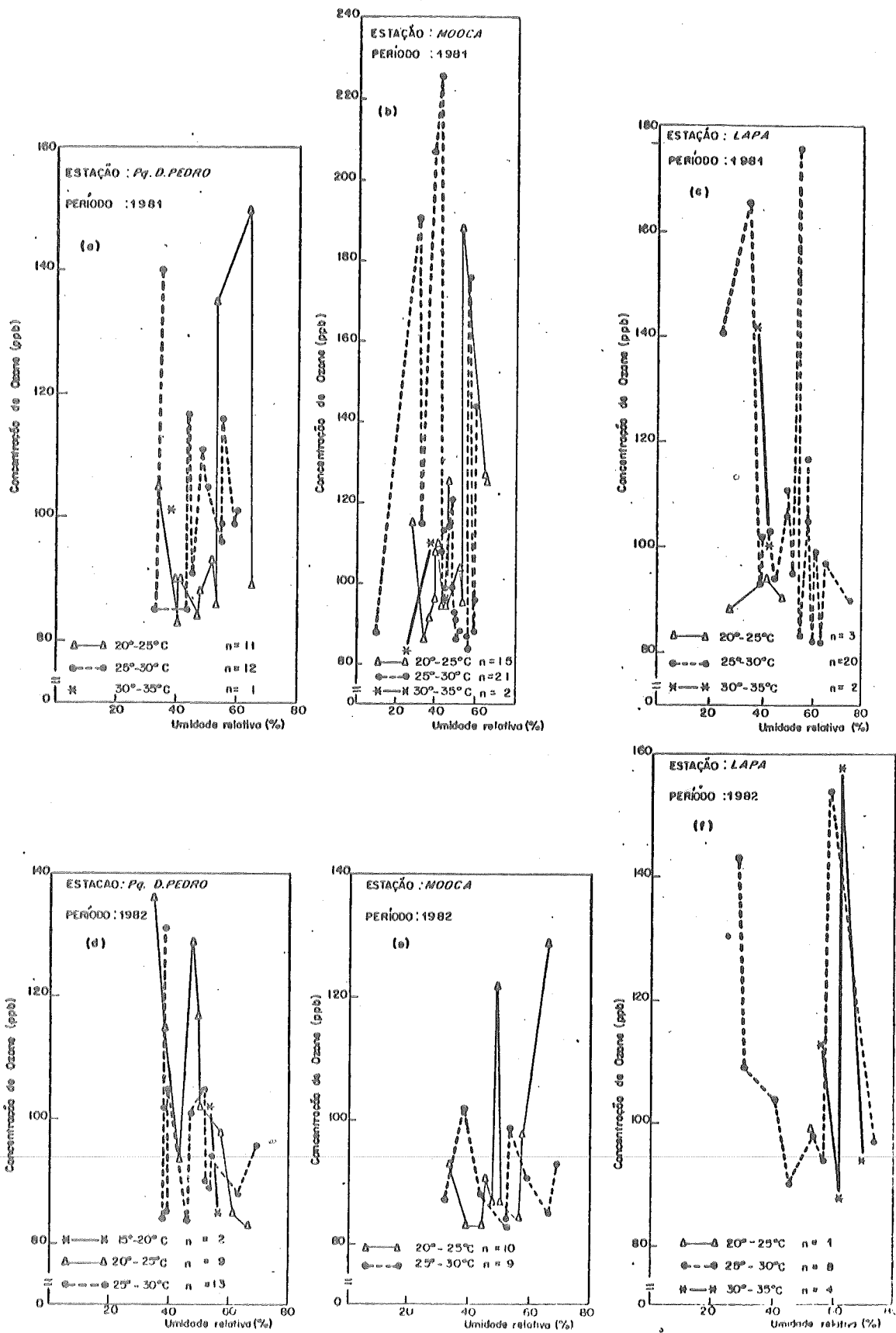


FIGURA 4 - Níveis de ozônio comparados com a umidade relativa para três faixas de temperatura de superfícies da estação automática do Parque D. Pedro, MÓOCA e LAPA

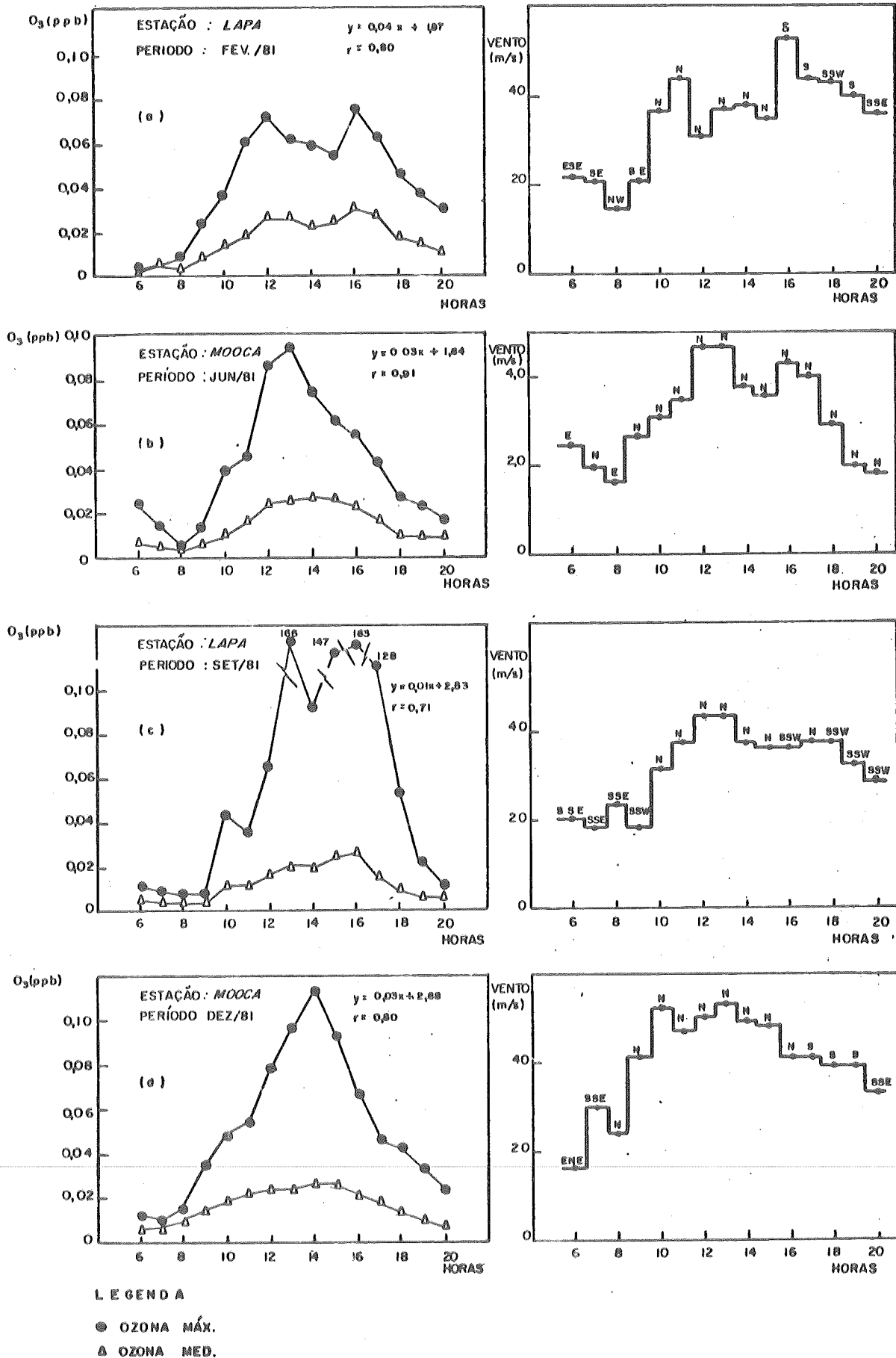


FIGURA 5 - Variação horária do ozona e do vento de superfície na área metropolitana de São Paulo

CONCLUSÃO

Neste estudo investigou-se a relação entre o ozona e os parâmetros meteorológicos críticos que determinam altas concentrações desse poluente. O objetivo foi estabelecer indicadores de tempo para a previsão meteorológica para a formação da concentração máxima do ozona. Desse estudo sumarizou-se os resultados obtidos:

- O número de ultrapassagens do padrão do ozona é mínimo no domingo e na terça-feira e máximo na quinta-feira.

Esta variação está bem relacionada com a variação semanal da radiação solar direta, que é mínima na terça-feira e máxima no fim de semana. O déficit de radiação na terça-feira em relação ao domingo é 10%. Este fato está relacionado com a transparência da atmosfera, isto é, a emissão de poluentes durante a semana reduz insolação nos dias úteis, sendo que esta volta a aumentar quando as emissões diminuem no fim de semana.

- Através da variação anual do ozona verificou-se que em São Paulo ele é máximo na primavera e mínimo no outono, com 79% das concentrações máximas ocorrendo no segundo semestre e 21% no primeiro.

- Supõe-se que o valor médio de 329 ly/dia de radiação na quinta-feira, corresponde a energia crítica necessária para ativar a fotoquímica do ar e proporcionar a maior porcentagem de ultrapassagens do padrão do ozona.

- As concentrações máximas do ozona e da temperatura ocorrem entre 12 e 16 horas e o vento máximo entre 16 e 18 horas sendo que a direção do vento, neste horário, mais predominante é a de sulsudeste, que deverá transportar e acumular o ozona no setor norte da cidade.

- O ozona atinge seu valor máximo quando a temperatura atinge valores entre 25 e 30°C e a umidade relativa entre 40 e 60%.

- À tarde, no intervalo da concentração máxima do ozona, o vento sempre sopra do quadrante norte e ao anoitecer dos quadrantes sudoeste e sulsudeste.

- As condições críticas descritas, preferencialmente ocorrem em dias de domínio de anticiclones (alta pressão) com céu claro ou com predominância de cumulus convectivos pouco desenvolvidos.

As conclusões encontradas sugerem desenvolver-se futuramente um estudo sobre a elaboração de um modelo matemático entre o ozona e as variáveis meteorológicas aqui estudadas, para previsão de altas concentrações do ozona.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Air quality criteria for Ozona and other photochemical oxidantes* - EPA 600/8 - 78.004 - april, 1978
2. BRANT, C.S., & WALTER, W.H., *Effects of air pollutants on vegetation*. "In Stern, A.C. Air Pollution. Academic Press, N.Y., p. 694 - 1968.
3. California Air Quality Data. *California air resources board, technical services division*, VI nº 4, october, november and december, p.10, 1974
4. GUICHERT, R., & DOP H. V., - Photochemical Production of Ozone in Weastern Europe (1971-1975) and Its Relation to Meteorology. *Atmospheric Environment* 4: p. 145-155. 1977.
5. JACUMIM W.J. Further Effects of Temperature and Pressure on Photochemical Oxidant Production, *J. of air poll. Control Assoc.* (14) 3: 1964.

-
6. LEIGHTON P.A. *Photochemistry of air pollution* . Academic Press, New York 300.
 7. OLIVEIRA, V.V., ALBERTO G.M., e YOSHIO, A. *Rede automatica de amostragem de poluentes atmosféricos instalada na região da Grande São Paulo*, 11º Congresso ABES - Manaus - Amazonas. p. 81, 1979.
 8. OLIVEIRA, S., BRUNI, A.C. & SAGULA, M.A.L.A., *Análise do fluxo do vento visando o transporte de poluentes na região da Grande São Paulo*. 12º Congresso ABES, Balneário Camboriú - Santa Catarina - 20 a 25 novembro de 1983.
 9. RICHARDSON, N.A. & MIDDLETON, W.C., *Heat pip. air condit 30* - 147p. 1968.
 10. SCHOETTLIN, C.E. & LONDAU, E., *Publi. Health Rep. (Wah.) 76* - p.545 - 1961

Data aquis.: 04/08/85
Indic.:
Quantidade:
Preço: R\$ 1,00
Data liberação: 04/08/85