

X-010 - AVALIAÇÃO DO EFEITO FINAL DE SEMANA NAS CONCENTRAÇÕES DE OZÔNIO NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Eduardo Monteiro Martins⁽¹⁾

Professor adjunto da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Sérgio Machado Corrêa

Professor adjunto da Faculdade de Tecnologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Anna Carolina Luz Nunes

Graduanda em Engenharia Elétrica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Endereço⁽¹⁾: Rua São Francisco Xavier, 524 sala 5029 bloco F – Maracanã – Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
– CEP: 20550-900 – Brasil - Tel +55 (21) 2334-0512 Ramal 11 - e-mail: edmmartins@gmail.com

RESUMO

Em grandes cidades do mundo todo, são observadas diferenças no padrão de concentração de Ozônio segundo o dia da semana. A maior concentração de Ozônio em finais de semana é chamada Efeito Final de Semana. O objetivo deste estudo é comprovar a existência do Efeito Final de Semana na Cidade do Rio de Janeiro. Para isto, foram analisadas concentrações de Monóxido de carbono, Óxidos de nitrogênio, Compostos orgânicos voláteis (VOCs), Ozônio e material particulado em três estações de monitoramento: Bangu, Campo Grande e Irajá durante 2012 e 2013. Além disso, também foram analisados os registros de dados meteorológicos. A estação de Bangu teve o maior número de violações ao padrão CONAMA e, no entanto, as menores modificações nas concentrações de dias de semana para final de semana, um aumento de apenas 8,9%. Grandes diferenças entre finais de semana e dias de semana foram observadas em Irajá e Bangu. Foi calculada a razão entre VOCs e Óxidos de nitrogênio. Concluímos que o Efeito Final de Semana acontece na Cidade do Rio de Janeiro em todas as estações monitoradas. A principal causa deste efeito é a menor emissão de Óxido de nitrogênio em finais de semana, aumentando a razão VOC/NO_x e diminuindo o consumo de Ozônio.

PALAVRAS-CHAVE: Ozônio, final de semana, dia de semana, NO_x.

INTRODUÇÃO

Formado por reações entre Óxidos de nitrogênio e Compostos orgânicos voláteis (VOCs), Ozônio é um poluente comum em grandes cidades, com efeitos adversos à saúde humana, à agricultura e aos materiais. Seu acúmulo se dá devido à transformação de Óxido de nitrogênio em Dióxido de nitrogênio, sem consumo de Ozônio. A formação de Ozônio depende da razão entre VOCs e Óxidos de nitrogênio. Quando esta razão é baixa, a formação de Ozônio é mais lenta. O contrário ocorre com VOC/NO_x elevado.

Entender o processo de formação do Ozônio é essencial para reduzir os danos em aglomerações urbanas. Em ambientes pouco habitados, a emissão dos precursores de Ozônio não sofre grandes modificações entre dias de semana e finais de semana. No entanto, em grandes cidades as atividades humanas podem modificar esse padrão, como alterações no tráfego veicular.

As maiores concentrações dos precursores do Ozônio, VOCs, NO_x e CO, acontecem em dias de semana. No entanto, são observadas maiores concentrações de Ozônio nos finais de semana. As mudanças nas concentrações de precursores de Ozônio e suas razões estão associadas às diferentes atividades e emissões que ocorrem durante a semana.

Existem seis possíveis causas para o Efeito Final de Semana, segundo The California Air Resources Board (CARB), sendo as seguintes mais relevantes. A redução de NO_x em um cenário em que a razão VOC/NO_x é baixa. O momento em que ocorrem as emissões, já que estudos sobre tráfego indicam emissões mais tardias em finais de semana. Maior emissão de VOCs e NO_x nas noites de sexta-feira e sábado, influenciando as concentrações de Ozônio na manhã seguinte. Mais luz solar causada pela diminuição no material particulado.

A cidade do Rio de Janeiro está cercada por formações montanhosas, que servem como barreiras entre a orla marinha e o continente.

O monitoramento do ar da cidade do Rio de Janeiro é feito por uma parceria entre o INEA (Instituto Estadual de Ambiente) e a SMAC (Secretaria Municipal de Meio Ambiente). As estações de monitoramento automático estão localizadas em Bangu, Campo Grande e Irajá, áreas de grande tráfego de veículos. Os poluentes analisados pelas estações são: CO, PM_{2,5}, SO₂, NO₂, NO, VOC e O₃. Ozônio é o poluente com maior número de violações ao padrão CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que determina que a média horária não ultrapasse 160 µg m⁻³. Em 2012 e 2013, as estações de Bangu, Irajá e Campo Grande tiveram 215, 189 e 77 violações, respectivamente. O maior valor foi observado na estação de Campo Grande, 307,8 µg m⁻³. Portanto, percebemos a necessidade de conhecer melhor o processo de formação do Ozônio no Rio de Janeiro.

METODOLOGIA

Foram avaliados neste trabalho, os dados de concentração do monóxido de carbono (CO), do dióxido de nitrogênio (NO₂), do monóxido de nitrogênio (NO), dos hidrocarbonetos não metânicos (HCNM), das partículas inaláveis (PM₁₀) e do ozônio (O₃).

Os dados foram fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro (SMAC), de forma horária. O período avaliado foi do dia 01/01/2012 até o dia 31/12/2013. Apesar de a SMAC possuir oito estações automáticas de monitoramento de poluentes atmosféricos, foram utilizadas neste estudo apenas as estações de Bangu, Irajá e Campo Grande por essas estações serem as que fazem o monitoramento do ozônio e dos seus precursores.

Os dados foram tratados utilizando o software Microsoft Excel e separados entre dias de semana e dias de final de semana. Foram considerados como dias de semana os dias de segunda-feira até sexta-feira. Foram considerados como dias de final de semana os feriados, os sábados e os domingos.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta o número de violações ao padrão de qualidade do ar do ozônio por dia da semana. É possível observar que o dia da semana com o maior número de violações é o sábado com o total de 91 violações. O número baixo de 28 violações nos feriados é devido ao menor número de feriados quando comparados com os dias que não são feriados. Durante os dias da semana quarta-feira é o dia com o menos violações.

Tabela 1: Violações ao padrão CONAMA

Dia da Semana	Irajá	Bangu	Campo Grande	Total de Violações
Segunda-feira	25	22	13	60
Terça-feira	22	16	17	55
Quarta-feira	23	26	6	55
Quinta-feira	23	22	11	56
Sexta-feira	28	36	10	74
Sábado	37	38	16	91
Domingo	23	35	4	62
Feriados	8	20	0	28

O monóxido de carbono é um poluente primário emitido basicamente por fontes móveis, por motores de ciclo Otto, sendo um composto pouco reativo na atmosfera. Ao avaliar o ciclo diário do monóxido de carbono, comparando as médias dos dias de semana com as médias do final de semana é possível observar que as concentrações de monóxido de carbono são maiores nos dias de semana do que nos sábados, domingos e feriados, como apresentado na Figura 1. Esse comportamento pode ser explicado pela diferença de circulação da frota veicular. A diferença das concentrações nos horários de pico da manhã para o monóxido de carbono é de 22,9, 27,2 e 19,8% respectivamente para as estações de Bangu, Campo Grande e Irajá.

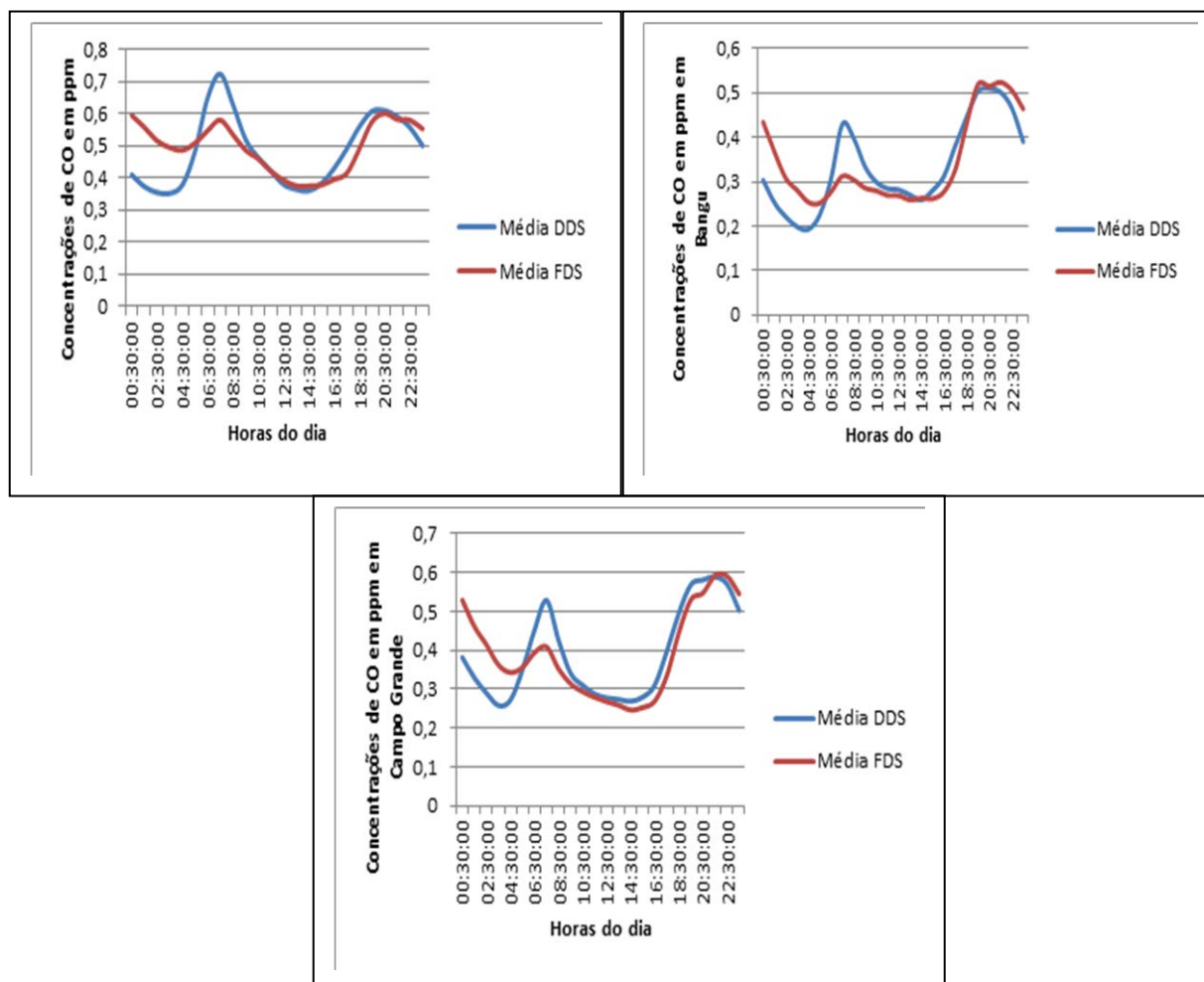


Figura 1: Comparação do ciclo diário das concentrações médias de CO em ppm dos dias de semana e dos dias do final de semana

Na avaliação dos óxidos de nitrogênio, que participam diretamente do processo de formação do ozônio também foi observado maiores concentrações nos dias da semana do que nos dias do final de semana. Para os óxidos de nitrogênio foram avaliadas as concentrações separadas do dióxido de nitrogênio e do monóxido de nitrogênio. O monóxido de nitrogênio, no horário do pico de concentração matinal, às 6h30min apresenta uma diferença entre os dias da semana e do final de semana de 49,09, 35,47 e 46,71% respectivamente para as estações de Bangu, Campo Grande e Irajá. A diferença das concentrações entre os dias da semana e os dias do final de semana para as três estações estudadas estão apresentadas na Figura 2. O dióxido de nitrogênio apresentou um aumento percentual nas concentrações nos dias de semana de 21,43, 14,28 e 19,97% respectivamente para as estações de Bangu, Campo Grande e Irajá respectivamente.

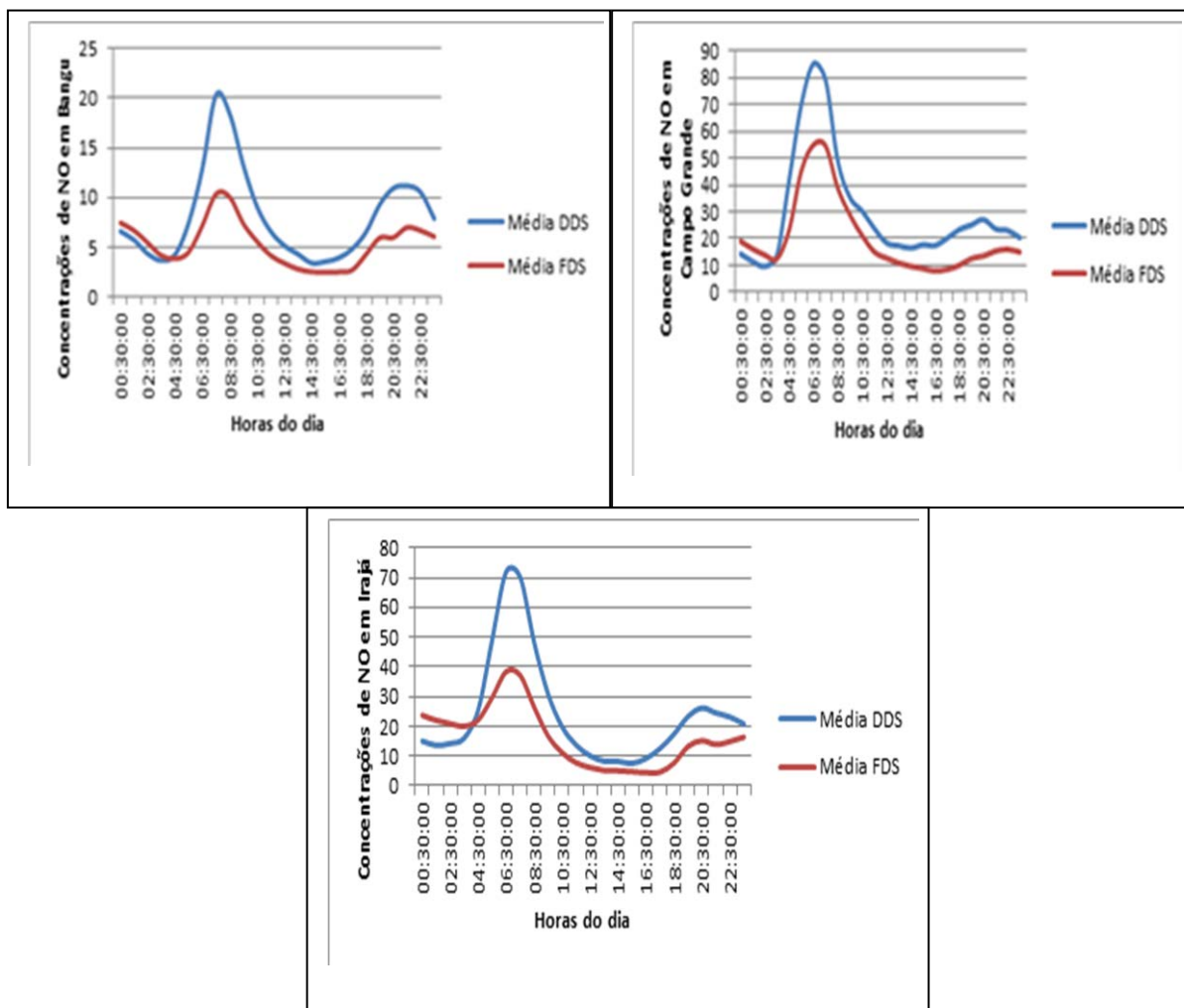


Figura 2: Comparação do ciclo diário das concentrações médias de NO em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dos dias de semana e dos dias do final de semana

Os hidrocarbonetos que são compostos precursores do ozônio e também apresentaram maiores concentrações para o dia de semana quando comparado com os dias do final de semana. A estação de Campo Grande foi a que apresentou a menor variação, as concentrações as 8h30min foi 10,87% maior para os dias de semana do que para os dias de final de semana. A estação de Bangu foi a que apresentou a maior variação no mesmo horário da manhã. As concentrações médias para o dia de semana foi 25,53% maior do que para os dias de final de semana.

Ao observar o ciclo diário das concentrações do ozônio, o comportamento observado é o oposto dos poluentes primários precursores como apresentado na Figura 3. Foram observadas maiores concentrações de ozônio nos dias de final de semana nas três estações estudadas, justamente quando a concentração dos precursores é menor. As concentrações do ozônio foram 9,8%, 8,5% e 5,6% maiores nos dias de final de semana do que nos dias de final de semana para as estações de Irajá, Bangu e Campo Grande respectivamente.

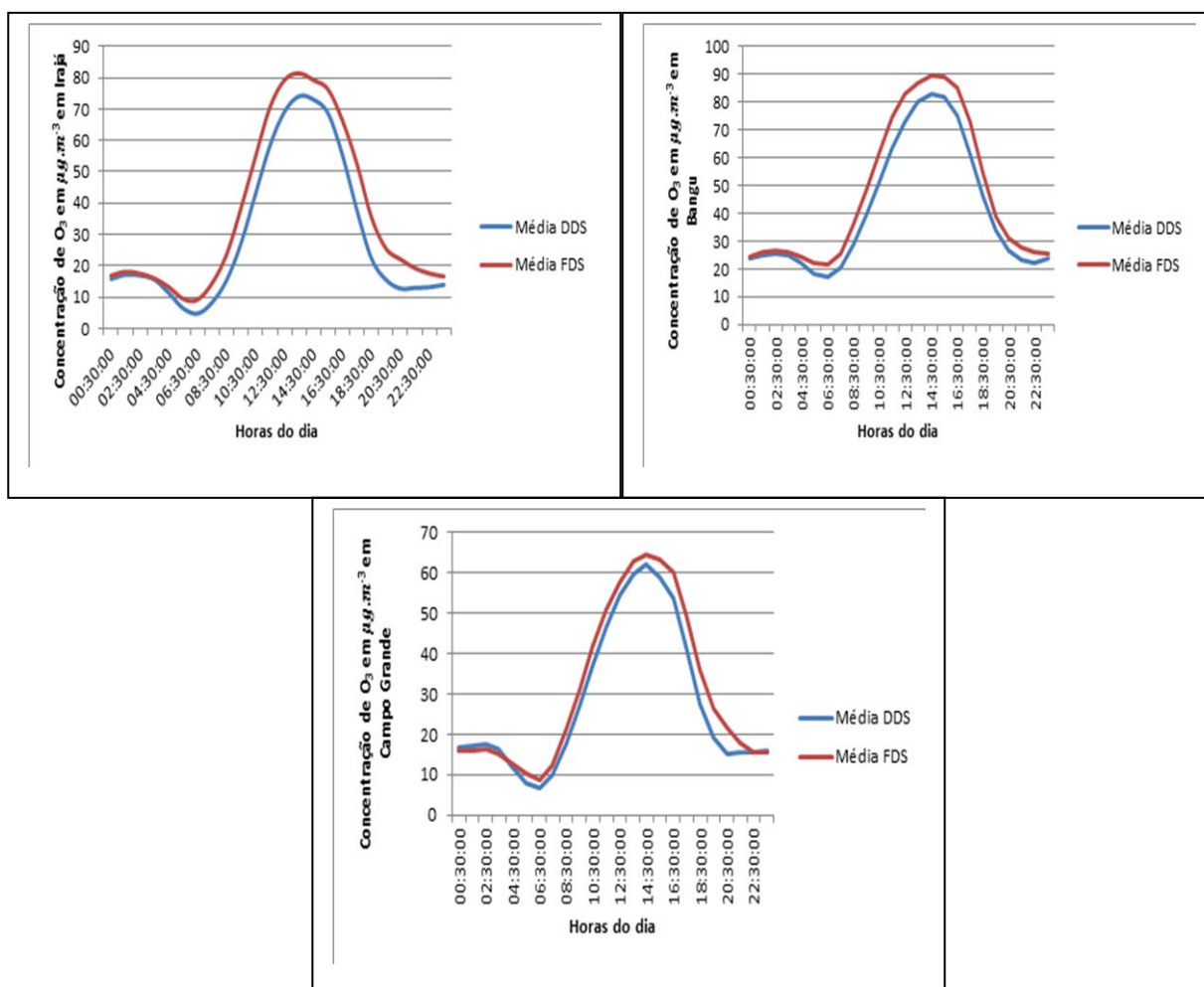


Figura 3: Comparação do ciclo diário das concentrações médias de O₃ em $\mu\text{g.m}^{-3}$ dos dias de semana e dos dias do final de semana

A literatura indica que seis principais causas potenciais para o efeito final de semana nas concentrações de ozônio são: (1) a redução nas emissões de NO_x nos finais de semana reduzem o consumo do ozônio; (2) uma mudança no *timing* do NO_x aos fins de semana permitem uma produção mais eficiente de ozônio; (3) aumento da irradiação solar nos finais de semana causado por uma redução na quantidade de fuligem (material particulado) no ar; (4) transporte/transição de emissões veiculares próximas ao solo; (5) transporte/transição de emissões veiculares das camadas superiores; (6) um aumento nas emissões nos fins de semana, particularmente devido a fontes como cortadores de grama.

A Figura 4 mostra a diferença entre a média dos dias de semana e dias do final de semana e a média total das concentrações de ozônio. É possível observar que diferenças positivas foram encontradas para todas as estações mostrando a existência do efeito final de semana nas três estações estudadas.

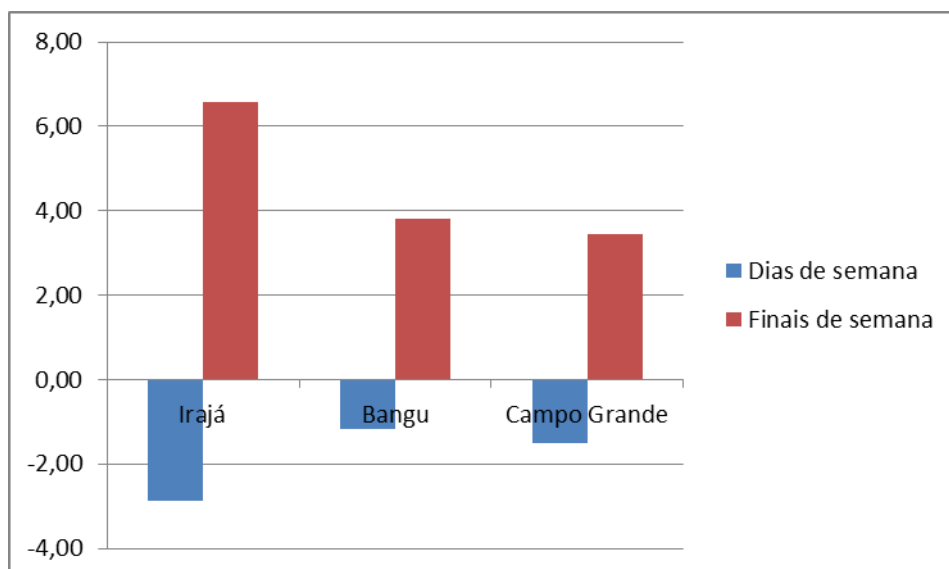


Figura 4: Diferença entre a média dos dias de semana e dias do final de semana e a média total das concentrações de ozônio

CONCLUSÕES

Foi observado que os poluentes primários apresentam maiores concentrações nos dias da semana quando existe um maior fluxo de veículos. Já para o ozônio, foram observadas maiores concentrações nos dias do final de semana em todas as estações. A diferença das médias indicou a existência do efeito final de semana nas três estações estudadas. A redução das concentrações do NO nos finais de semana entre 35% e 49% e a consequente diminuição no consumo de ozônio pode ser uma das causas das maiores concentrações do ozônio nos finais de semana. Simulações com o modelo fotoquímico OZIPR vão contribuir para uma melhor interpretação deste efeito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BLANCHARD, C.L., TANENBAUM, S.J., Differences between weekday and weekend air pollutant levels in Southern California. *Journal of the Air and Waste Management Association* 53. 816–828.2 003.
2. CLEVELAND, W.S., GRAEDEL, T.E., KLEINER, B., WARNER, J.L., Sunday and weekday variations in photochemical air pollutants in New Jersey and New York. *Science* 186, 1037–1038. 1974
3. SEGUEL, J. RODRIGO, MORALES R, LEIVA, M. A Ozone weekend effect in Santiago, Chile *Environmental Pollution* 162, 72-79, 2012.
4. SADANAGA, Y., SHIBATA, S., HAMANA, M., TAKENAKA, N., BANDOW, H. Weekday/weekend difference of ozone and its precursors in urban areas of Japan, focusing on nitrogen oxides and hydrocarbons. *Atmospheric Environment*, 42, 4708–4723, 2008.
5. FIJELLA, I. PEÑELAS, J. Daily, weekly and seasonal relationships among VOCs, NO_x and O₃ in a semi-urban area near Barcelona. *Journal of Atmospheric Chemical*, 54, 189-201, 2006.
6. KHODER, M. I. Diurnal, seasonal and weekdays-weekends variations of ground level ozone concentrations in an urban area in greater Cairo, *Environmental Monitoring and Assessment*, 149, 349-362, 2009.
7. ALBERTO, N., IIVÁN, B., JOSÉ, A.A., YOLANDA, D.M., ALFONSO, A., ANA, R., & DIANA, R. Variability of oxidants (OX = O₃ + NO₂), and preliminary study of ambient levels of ultrafine particles and VOCs, in an important ecological area in Spain. *Atmospheric Research*, 128, 35-45, 2013.