

Previsão da concentração de ozônio troposférico utilizando modelo de rede neural artificial na Região Metropolitana de São Paulo

Yoshio Yanagi, Thiago De Russi Colella, Clarice Aico Muramoto, Ricardo Anazia

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

<http://www.cetesb.sp.gov.br>

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345, CEP 05459-900, São Paulo, SP

*e-mails: yyanagi@sp.gov.br, tcolella@sp.gov.br, cmuramoto@sp.gov.br,
ranazia@sp.gov.br*

Introdução

O ozônio é um poluente atmosférico que não é emitido diretamente para a atmosfera. É formado pelas reações químicas entre os óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COV's), na presença de luz solar. A sua presença, em altas concentrações, afeta a saúde da população de diversas formas: causa doenças no sistema respiratório, além de irritação nos olhos e nariz. Pode, também, causar danos à vegetação.

A formação do ozônio depende das quantidades de precursores presentes na atmosfera e, também, das condições meteorológicas como temperatura, radiação solar, etc.

De forma simplificada, os grandes centros urbanos como a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) apresentam alto potencial de formação de ozônio, já que existe grande emissão de precursores (NO_x, COV's), principalmente de origem veicular.

Para este estudo foi considerado o padrão nacional de qualidade do ar para o ozônio (uma hora) de 160 µg/m³.

Objetivo

Desenvolver um modelo capaz de prever, com antecedência de um dia, o nível de concentração máximo de ozônio na RMSP. Esta previsão é importante para a tomada de decisões com medidas visando minimizar as consequências do poluente na saúde da população, principalmente crianças e idosos.

Metodologia

O método foi baseado em uma **rede neural artificial**, conforme modelo da Figura 1.

As variáveis consideradas foram:

Camada de Entrada (x):

Médias dos períodos da manhã (7h-12h) e da tarde (13h-17h) de temperatura, umidade relativa, cobertura de nuvens, vento horizontal, pressão atmosférica e dias da semana (diferenciando os dias úteis e finais de semana).

Camada de Saída (y):

Concentração máxima horária de ozônio no período da tarde.

Período: jul/2005 a jul/2010.

Os dados meteorológicos usados operacionalmente foram provenientes de modelos de previsão meteorológica (Modelo Eta 40 Km), executados pelo CPTEC do INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Os dados de ozônio foram medidos pela CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, na estação Ibirapuera.

Métodos Estatísticos

Precisão (A): porcentagem de acertos nas previsões de eventos e não eventos.

Taxa de alarme falso (FAR): porcentagem de previsão de concentração $> 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e que não ocorreram.

Probabilidade de detecção (POD): capacidade de prever altas concentrações (%).

Correlação (CORREL): correlação entre medido e previsto.

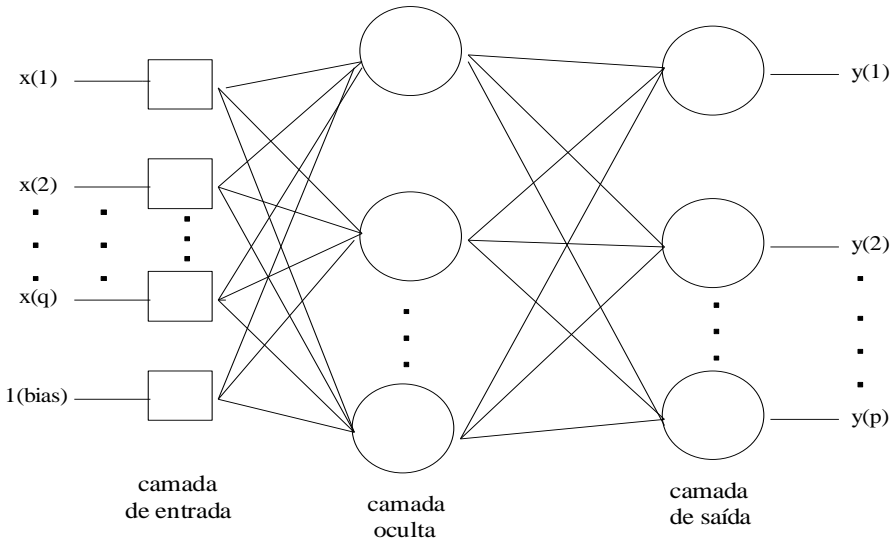


Figura 1 – Estrutura de uma Rede Neural Artificial

Resultados

São apresentadas abaixo, a tabela de contingência (comparação entre as ultrapassagens do padrão nacional de qualidade do ar considerando os valores medidos e previstos) e as estatísticas de previsão.

Tabela de Contingência

| | | Ultrapassagens do Previsto | |
|--------------------------|-----|----------------------------|-----|
| | | Não | Sim |
| Ultrapassagens do Medido | Não | 1.537 | 24 |
| | Sim | 69 | 31 |

Estatísticas de previsão

| | |
|---------|-------|
| A (%) | 94,40 |
| FAR (%) | 43,64 |
| POD (%) | 31,00 |
| CORREL | 0,72 |

Conclusão

O modelo apresentou, no geral, alto percentual de acerto (94,4%), entretanto a probabilidade de prever concentrações altas, POD, foi baixa (31%).

A explicação pode estar no fato de terem ocorridos poucos eventos de ultrapassagem do padrão de ozônio, na fase de aprendizagem da rede, do período analisado.

Com a inclusão de outras variáveis no modelo pode ocorrer melhora nos resultados. A primeira inclusão foi considerando o óxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂), médias das concentrações da manhã e da tarde. Os dados foram medidos pela rede de monitoramento da CETESB.

Os resultados obtidos indicaram melhora nas estatísticas:

Estatísticas de previsão

| | |
|---------|-------|
| A (%) | 94,76 |
| FAR (%) | 41,11 |
| POD (%) | 59,55 |
| CORREL | 0,85 |

Os resultados indicaram que o modelo de uma rede neural artificial é uma boa ferramenta para previsão de ozônio troposférico na RMSP, entretanto a capacidade de previsão de altas concentrações deste poluente ainda precisa ser aprimorada.

Referências

1. CETESB. *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, 2012*. São Paulo, 2013.
2. GUARDANI, R., NASCIMENTO, C.A.O. *Neural network-based study for predicting ground-level ozone concentration in large urban areas, applied to the São Paulo metropolitan area*. *Int. J. Environment and Pollution*, 22(4): 441-459, 2004.
3. GUARDANI, R., AGUIAR J. L., NASCIMENTO, C. A. O., LACAVA, C. I., YANAGI, Y.. *Ground-level Ozone mapping in large urban areas using multivariate statistical analysis: application to the São Paulo Metropolitan Area*. *Journal of the Air & Waste Manage. Assoc.*, 53: 553-559, 2003.