

Abordagem *fuzzy* estimando associação ao material particulado fino e internações por doenças respiratórias

Luciana Cristina Pompeo Ferreira da Silva Vieira¹, Luiz Fernando Costa Nascimento², Paloma Maria Silva Rocha-Rizol³
UNESP - Univ. Estadual Paulista, Dep. de Mecânica¹, Energia² e Elétrica³, Campus de Guaratinguetá
pompeo.luciana@gmail.com, luiz.nascimento@feg.unesp.br, paloma@feg.unesp.br

Resumo: Atualmente estudos sobre a qualidade do ar tem sido de extrema importância, os poluentes existentes no ar causam efeitos diretos no sistema respiratório provocando custos sociais. Dada a importância de prever hospitalização por doenças respiratórias para que o gestor municipal possa preparar funcionalmente o serviço de saúde para possíveis admissões, este trabalho teve como objetivo elaborar e validar um modelo *fuzzy* para previsão de hospitalização por doenças respiratórias. Foi construído um modelo *fuzzy* para predição de internações por pneumonias e asma (J12 a J18 e J45 da CID 10) segundo exposição ao PM_{2,5} e o valor da temperatura efetiva, que é a combinação entre a temperatura e a umidade, de residentes da cidade de Volta Redonda, RJ, em 2012. O modelo mostrou uma boa acurácia, para o modelo com PM_{2,5} o resultado foi entre 90% para defasagem de 1 dia, possibilitando assim sua aplicação por gestores de saúde.

Palavras-Chaves: Lógica *fuzzy*, poluentes atmosféricos, modelo computacional.

A poluição atmosférica apresenta efeitos diretos no aparelho respiratório [1, 2]. No Brasil, são muitos os gastos com internações relacionadas com o aparelho respiratório. Com isso há a necessidade de se desenvolver projetos que contribuam para comprovar o papel danoso desses poluentes do ar na saúde humana e também a associação da exposição desses poluentes com as internações. Esses trabalhos utilizam técnicas estatísticas como o modelo aditivo ou linear generalizado de regressão de Poisson, entre outros. O objetivo deste trabalho é a construção de um modelo preditivo *fuzzy* para internações por doença respiratória [3].

Foi construído um modelo lingüístico *fuzzy* do tipo Mamdani, com duas entradas, referentes às concentrações de material particulado fino (PM_{2,5}) e temperatura efetiva (TEF – combinação de temperatura e umidade), e uma saída referente ao risco de internações por doenças respiratórias (CID-10, J120.0 a J189.9; J200.0 a J209.0; J210.0 a J219.0; J450.0 a J459.0), em residentes de Volta Redonda-RJ.

Cada entrada PM_{2,5} (Figura 1a), TEF (Figura 1b) e a saída (Figura 1c) contém três funções de pertinência (baixo, médio e alto). Os dados de internações foram obtidos do DATASUS. Os níveis diários estimados de PM_{2,5} e TEF foram obtidos do sistema CCATT-BRAMS desenvolvido pelo CPTEC-INPE [4].

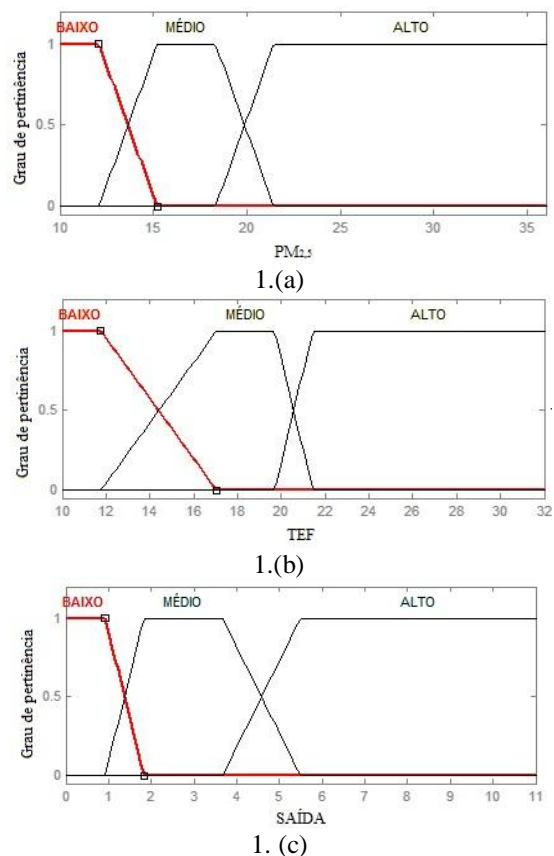


Fig. 1. Funções de pertinência de entrada (a) $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$), (b) TEF ($^{\circ}C.UR$) e c) função de pertinência da saída (número de interações).

A Tabela 1 apresenta a base de regras utilizadas para elaboração do modelo no *toolbox fuzzy* do Matlab. Foram obtidas 9 regras (3^2 – duas entradas com três funções de pertinência para cada uma), estas regras foram elaboradas com o auxílio de um especialista.

$PM_{2,5}$	TEF	SAÍDA
BAIXO	ALTO	BAIXO
BAIXO	MÉDIO	BAIXO
BAIXO	BAIXO	MÉDIO
MÉDIO	ALTO	MÉDIO
MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO
MÉDIO	BAIXO	ALTO
ALTO	ALTO	MÉDIO
ALTO	MÉDIO	ALTO
ALTO	BAIXO	ALTO

Tabela 1: Base de regras editada no *toolbox fuzzy* do Matlab. Foram obtidas 9 regras (3^2 – duas entradas com três funções de pertinência para cada uma).

A Figura 2 representa a superfície gerada pelo modelo para as interações segundo concentrações de $PM_{2,5}$ e TEF.

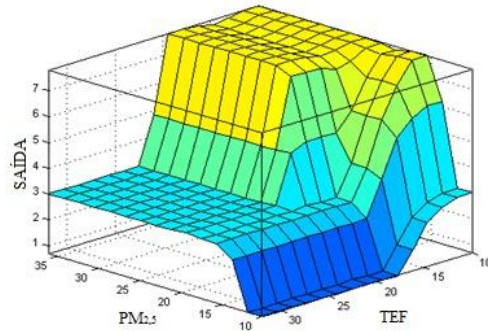


Fig. 2. Superfície fornecida pelo modelo para interações segundo concentrações de $PM_{2,5}$ e TEF, Volta Redonda, 2012.

O modelo foi validado utilizando dados reais de interações do ano de 2012. Sua acurácia foi avaliada utilizando a curva ROC, com ponto de corte em até uma interação e com defasagens (lags) de até três dias após exposição ao $PM_{2,5}$, de acordo com a opinião de um especialista. O nível de significância utilizado nesse estudo foi o alfa de 5%.

No período estudado ocorreram 752 interações por pneumonias, bronquite, bronquiolite e asma.

O modelo apresentou uma boa acurácia para o dia seguinte a exposição (lag1), apresentando 90%, com IC 85,8 – 94,2 (Figura 3). A média diária de interações foi 3,6 (dp = 2,3), mínimo de 0 e máximo de 11. A concentração média diária de $PM_{2,5}$ foi 17,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (dp = 4,4) variando entre 11,7 e 35,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

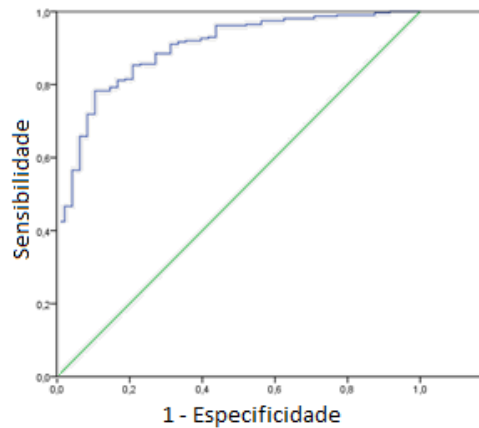


Fig. 3. Curva ROC construída com os dados obtidos do modelo para o $PM_{2,5}$ (lag1), Volta Redonda, 2012.

Os valores médios encontrados para o $PM_{2,5}$ correspondem $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , e ultrapassaram 22 oportunidades dos limites estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde. Os estudos geralmente utilizam modelos de regressão (*Poisson* ou linear) para estimar o risco de ocorrer internações decorrentes do aumento dos poluentes já nesse modelo *fuzzy* estima o número possível de internações. Uma abordagem *fuzzy* semelhante foi adotada em estudo sobre a duração média de hospitalização por pneumonia [3], em que os efeitos da exposição tiveram como saída a duração em dias das internações, este trabalho mostrou que com o aumento das concentrações dos poluentes o tempo médio de internação aumentava. Não foram encontrados estudos brasileiros sobre os efeitos da exposição a poluentes atmosféricos e doenças respiratórias hospitalar utilizando lógica *fuzzy*. Portanto, uma comparação do desempenho do modelo apresentado neste estudo tornou-se mais difícil.

As informações fornecidas neste estudo podem ser utilizadas por gestores municipais, capacitando os hospitais para internações por doenças respiratórias, pois o modelo construído apresentou uma boa sensibilidade.

Referências Bibliográficas

- [1] Arbex MA, Santos UP, Martins LC, Saldiva PH, Pereira LA, Braga AL. Air pollution and the respiratory system. *J Bras Pneumol* 2012;38:643-55.
- [2] Nascimento LFC, Pereira LAA, Braga ALF, Módolo MCC, Carvalho Jr JA. Effects of air pollution on children's health in a city in Southeastern Brazil. *Rev Saude Publica*. 2006;40(1):77-82. DOI:10.1590/S0034-89102006000100013.
- [3] Nascimento L.F.C., Rizol P.M.S.R., Peneluppi A.P.. Estimating the average length of hospitalization due to pneumonia: a fuzzy approach. *Braz J Med Biol Res* <http://dx.doi.org/10.1590/1414-431X20143640>
- [4] Longo KM, Freitas SR, Setzer A, Prins E, Artaxo P, Andreae MO. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. *Atmos Chem Phys Discuss*. 2007;(7):8571-96. DOI:10.5194/acpd-7-8571-2007