Classificação *fuzzy* na análise ambiental de mapas interpolados de concentração de metais

José Arnaldo Frutuoso Roveda, Antonio Cesar Germano Martins, Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda e Roberto Wagner Lourenço
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP
Av. Três de março, 511 – Alto da Boa Vista, Sorocaba – SP – CEP: 18087-180. Tel: (15) 3228-2642
roveda@sorocaba.unesp.br, amartins@sorocaba.unesp.br, sandra@sorocaba.unesp.br, robertow@sorocaba.unesp.br

Na análise de distribuição de elementos em solo visando o estudo de impactos ambientais, coleta-se amostras em locais específicos que são posteriormente analisadas por meio de processos químicos para se determinar a concentração de cada elemento de interesse.

A partir destes dados, juntamente com as coordenadas espaciais dos locais amostrados, obtêm-se com o uso de um processo de interpolação, a concentração dos elementos em uma malha de pontos gerados sobre o mapa da região de interesse. Neste trabalho foi utilizada a concentração de cobre (Cu) em que para questões de monitoramento são definidos os seguintes limites de concentração: valores até 13 mg/kg são classificados como não poluído, acima de 13 e até 30 mg/kg como pouco poluído, acima de 30 e até 50 mg/kg como poluído e acima de 50 mg/kg muito poluído (CETESB, 1997).

No entanto, como os valores de cada ponto da malha são obtidos por um processo de interpolação, deve-se levar em conta que se têm um erro associado a este valor sendo que, na fronteira entre duas classes, esta análise deve ser mais cuidadosa.

Pode-se utilizar métodos baseados na teoria *fuzzy* (BARROS, 2006) para analisar estes dados, associando-se uma função de pertinência (*FP*) aos valores de concentração dos elementos. A correta construção da *FP* passa a ser importante para o processo da análise. Neste trabalho discutimos uma proposta para a construção desta *FP*.

Dado o resultado da interpolação com erro ε, o seu valor real, de acordo com condições estatísticas, recai entre v-ε e v+ε. Se o intervalo [v-ε, v+ε] pertencer ao núcleo (*core*) da *FP* de uma dada classe, v pode ser caracterizado como pertencente a esta classe. Se [v-ε, v+ε] estiver nas bordas (*boundary area*), a pertinência de v relativa a esta classe é dada por $FP(v)$.

Este processo de construção da *FP* foi utilizado no caso de concentrações de cobre em uma área do litoral sul do estado de São Paulo. O valor de ε obtido pelo método de krigagem (LANDIM, 2003) foi 20,11 mg/kg. A *FP* obtida é apresentada na Figura 1.

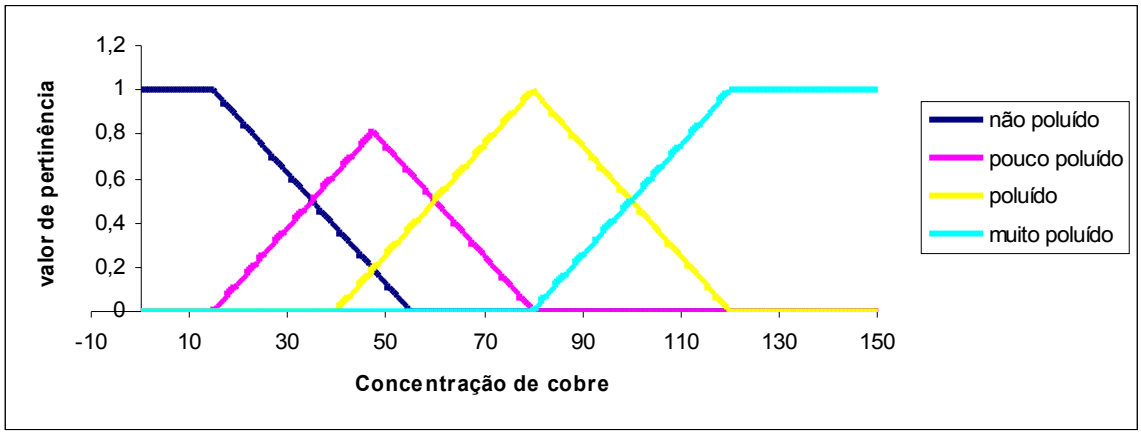

Figura 1 – Gráfico da *FP* em termos da concentração de cobre no solo.

Pode-se perceber do resultado da *FP* que se fosse utilizada uma análise baseada em limites rígidos, muitos valores poderiam ser erroneamente classificados. Nota-se, por exemplo, que na classe pouco poluída, nenhum valor pode ser classificado com grau de pertinência 1.

Referências

BARROS, L.C. e BASSANEZI, R.C. Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática. Coleção IMECC – Textos Didáticos. Campinas: Gráfica Central da Unicamp, 2006.

CETESB (São Paulo State Basic Sanitation and Technology Company). Estabelecimento de padrões de referência de qualidade e valores de intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Relatório Parcial. São Paulo, 110p.; 1997.

LANDIM, P.M.B. Análise estatística de dados geológicos. 2a. ed. – São Paulo: Editora UNESP; 2003.