

## MODELAMENTO DE DADOS GEOLÓGICOS EM PESQUISA MINERAL UTILIZANDO LÓGICA FUZZY E PROBABILIDADE CONDICIONAL

F. R. S. Moreira, R. Almeida-Filho e G. Câmara

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, C. P. 515, São José dos Campos-SP

Lógica fuzzy, probabilidade condicional e processos de tomada de decisão (AHP), foram avaliados na integração e análise espacial de dados geológicos, visando a definição de áreas potenciais à ocorrência de minerais radioativos no maciço alcalino de Poços de Caldas ( ). Técnicas de inferência espacial foram aplicadas segundo um modelo prospectivo baseado em critérios diagnósticos, representado pela ocorrência de litologias favoráveis, feições estruturais e anomalias radioativas. Os critérios diagnósticos litologias favoráveis e anomalias gama-radiométricas foram convertidos em membros fuzzy, através de funções lineares operadas sob pesos definidos de maneira heurística. No caso das litologias foram também aplicadas funções lineares, com o objetivo de espacializar incertezas associadas à localização de contatos inferidos. Feições estruturais foram espacializadas através de funções quadráticas, as quais constituíram membros fuzzy ordenados em relação à distância relativa a essas feições. O "ponto de cruzamento" das funções quadráticas foi definido pela correlação espacial (probabilidade condicional) dos critérios diagnósticos, em relação a 48 ocorrências radioativas conhecidas, consideradas verdades de campo. A etapa final do modelamento constou da integração das evidências fuzzy (critérios diagnósticos) através de uma soma ponderada, onde os pesos foram definidos empiricamente segundo processo analítico hierárquico (AHP). O resultado, expresso na forma numérica, foi fatiado arbitrariamente em quatro classes de potencialidade (alta, média, baixa e nula), que

exprimem níveis diferentes de favorabilidade à ocorrência de minerais radioativos. Cada cenário foi avaliado qualitativa e quantitativamente e os resultados comparados àqueles obtidos por modelamento semelhante, realizado através do método Média Ponderada. Na análise qualitativa observou-se o número de ocorrências minerais mapeadas pelas classes de favorabilidade em cada modelo. Em ambos, a faixa "alto potencial" encerrou 12 ocorrências. Entretanto quando se considera a soma das classes "alto" e "médio potencial" (área  $\cong 30\text{Km}^2$ ) o modelo Fuzzy leva ligeira vantagem, mapeando 27 ocorrências minerais, contra 24 do modelo Média Ponderada. Na análise quantitativa foi utilizada probabilidade condicional através do parâmetro "Grau de Confiança", para avaliar o caráter explicativo de cada classe de potencialidade em relação às ocorrências minerais. Embora os dois modelamentos tenham apresentado resultados próximos, as classes "alto" e "médio potencial" do modelo Fuzzy obtiveram valores de Grau de Confiança maiores, 12,9 e 5,7 respectivamente, em relação ao modelo Média Ponderada, 12,6 e 4,97. Analisando-se os desempenhos gerais obtidos pelas duas metodologias pôde-se concluir que a lógica fuzzy permitiu maior refinamento dos dados, melhorando a forma de representação do padrão de distribuição espacial das evidências ("variável espacial"). A distribuição dos valores de saída no modelamento fuzzy foi também mais uniforme, o que permitiu maior flexibilidade na definição dos limites de corte das classes de potencialidades (tomada de decisão).

### SIG/GOIÁS – GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DE GOIÁS E DISTRITO FEDERAL

Maria Luiza Osório Moreira & Heitor Faria da Costa

Av. Laurício Pedro Rasmussen, 2535 Vila Yate Goiânia GO CEP 74620-030

Telefone (62) 202 2540 – Fax (62) 202 3377 [mmoreira@praca.ufg.br](mailto:mmoreira@praca.ufg.br)

Este trabalho representou um primeiro esforço do Estado de Goiás em organizar, de forma sistemática, as informações de recursos naturais. Para isto partiu-se do trabalho **Geologia e Recursos Minerais-1:500.000'**, concluído pela CPRM/METAGO/UnB/SMET no final de 1999 apresentando uma síntese das informações geológicas e metalogenéticas disponíveis e atualizadas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

A partir de uma primeira análise desta documentação foram realizadas várias reuniões entre equipes executoras do trabalho original da CPRM e METAGO e do Departamento de Gestão Territorial e Divisão de Geoprocessamento da Diretoria de Mineração e Recursos Naturais da Agência Goiana de Desenvolvimento Industrial e Mineral, a cerca de conceitos, definições e do universo de informações que entrariam na formação do banco, gerando assim um primeiro modelo conceitual do projeto. O modelo conceitual gerado é fortemente dependente de diferentes pontos de vista apresentados pelas pessoas que possuíam as informações, que desejavam informações e de sua interpretação pela equipe que elaborou o modelo. Embora não exista uma solução única, o modelo gerado, no entanto, procurou compatibilizar as várias visões envolvidas gerando um produto final interativo.

O SIG\_GOIÁS – Geologia e Recursos Minerais de Goiás e Distrito Federal, corte cartográfico 1:250.000, compreende a integração de um banco de dados geoespacial composto basicamente dois tipos de repositórios: um, onde são armazenadas as feições geográficas (pontos, linhas, polígonos, etc) e outro, onde são armazenadas as informações alfanuméricas que complementam as descrições destas feições. A integração deste ambiente

foi realizada por um Sistema de Informação Geográfica (ArcView, Arc/Info) onde as informações gráficas são gerenciadas pelo próprio SIG e as informações temáticas alfanuméricas são gerenciadas por aplicativo embutido no SIG (DBASE).

A criação de um mapa associado a um ambiente de SIG envolve duas fases: a digitalização dos elementos gráficos e a sua incorporação ao SIG. Neste caso em particular, as duas etapas foram completamente dissociadas uma vez que as entidades gráficas foram migradas do ambiente de CAD (Maxi-Cad).

O desenvolvimento do banco de dados compreendeu várias fases: Levantamento e Análise de Requisitos, Projeto Conceitual, Projeto Lógico e Físico, Projeto de Transações Básicas e Implantação do banco propriamente dito. Devido às particularidades próprias do desenvolvimento de um banco com características espaciais e levando em consideração ainda limitações do prazo e pessoal disponível, foram feitas adaptações em algumas destas etapas para adequar as estruturas de dados projetadas à utilização pretendida.

O produto final foi disponibilizado na forma de um CD contendo um visualizador – ArcExplorer, um projeto por folha 1:250.00 (34 folhas) contendo os temas geologia, contatos, fraturas, estruturas, dobras, diques, potencial metalogenético, ocorrências minerais além de drenagens, localidades, malha viária, limites municipais.

1 Lacerda Filho, Jofre Valmório de et all. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal – Programa Levantamentos Geológicos do Brasil – Escala 1:500.000. Convênio CPRM/SMET-GO/METAGO/UnB  
Goiânia - GO 1999