

Incorporação de informação qualitativa na estimação de reservas minerais. Aplicação ao jazigo aurífero de Covas de Castromil

A. G. Luís^(a,1) & A. J. Sousa^(b,2)

a – Instituto Geológico e Mineiro, Estrada da Portela, Zambujal apartado 7586 – 2720 Alfragide.

b - Instituto Superior Técnico, Centro de Geo-Sistemas, Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa.

1 – gabriel@igm.pt; 2 – ajsousa@ist.utl.pt

RESUMO

Palavras-chave: informação auxiliar; estimação multivariada; índices de síntese.

A metodologia apresentada neste trabalho pretende estimar a distribuição espacial dos valores de uma variável quantitativa, principal, através da combinação de informação própria com informação auxiliar quantitativa e qualitativa. Nesse sentido, numa primeira fase são calculadas variáveis de síntese da informação auxiliar, que viabilizam a estimação dos valores da variável principal em dois tempos: primeiro, utilizando as variáveis de síntese para estimar classes da variável principal, a que se segue a utilização dessas classes para condicionar a estimação dos valores da variável principal.

Os valores obtidos pela metodologia são aferidos através de testes de validação, realizados numa aplicação prática da metodologia ao jazigo aurífero de Castromil. Como informação auxiliar, são utilizados os teores de Ag e as classificações das litologias e cores dos materiais atravessados pelas sondagens de reconhecimento.

A comparação entre os resultados obtidos por vários processos de estimação coloca em evidência a maior precisão conseguida pela metodologia proposta na reprodução dos valores amostrais. Precisão que caracteriza também a estimação do teor em Au nos blocos de desmonte, uma vez que a metodologia conduz a uma menor atenuação nas caudas da respectiva função de distribuição, e a uma dispersão espacial mais realista.

Introdução

Na fase de avaliação de reservas minerais, raramente a informação disponível diz respeito apenas a uma variável de interesse. Em geral dispõe-se de mais informação, tanto quantitativa como qualitativa. Neste trabalho apresenta-se uma metodologia, que permite incorporar nos métodos geoestatísticos de estimação toda a informação relevante, quer seja quantitativa, quer seja qualitativa ou difusa.

Esta metodologia decorre em duas fases, e combina os métodos factoriais de análise de dados com diferentes técnicas geoestatísticas de estimação multivariada. Na primeira fase, é utilizada a informação auxiliar para estimar apenas a probabilidade de pertença da variável primária a determinadas classes de valores (Soares, 1992) (valores baixos - Au1, médios - Au2 e altos - Au3) através da técnica geoestatística da cokrigagem com deriva externa (CoKDE). Na segunda fase, a variável primária (na sua forma quantitativa) é estimada por krigagem com deriva externa (KDE), em que a deriva externa é constituída pelos valores das classes dos teores em Au, estimados na 1ª fase.

A metodologia apresentada serve-se da combinação da diversa informação produzida durante os trabalhos de levantamento e tratamento dos dados de campo do jazigo aurífero de Castromil, para melhorar a estimação da sua variável principal (Au). A informação auxiliar é composta pelos teores de prata presentes na amostragem carotada, pela codificação das litologias de todos os troços de sondagem (granito – Gr; granito silicificado - Gs; granito caulinizado – Gc e xistos – Xc), e pelas cores dos detritos pertencentes aos troços das sondagens realizadas em destrutivo. Para introduzir a informação auxiliar no processo de estimação, a metodologia desenvolvida procura integrar no processo de estimação da variável útil toda a informação disponível.

Contexto geológico e histórico do jazigo de Covas de Castromil

Toda a informação de campo utilizada foi recolhida pela Connary Minerals Plc, que passará a ser denominada apenas por *Connary*, detentora do contrato de prospecção e pesquisa de uma área de forma sensivelmente rectangular, com direcção subparalela à estrutura regional do anticlinal de Valongo e com dimensões médias de 15,0 x 5,4 km², localizada nos concelhos de Paredes, Penafiel e Valongo, 20 km a leste do Porto (Fig. 1).

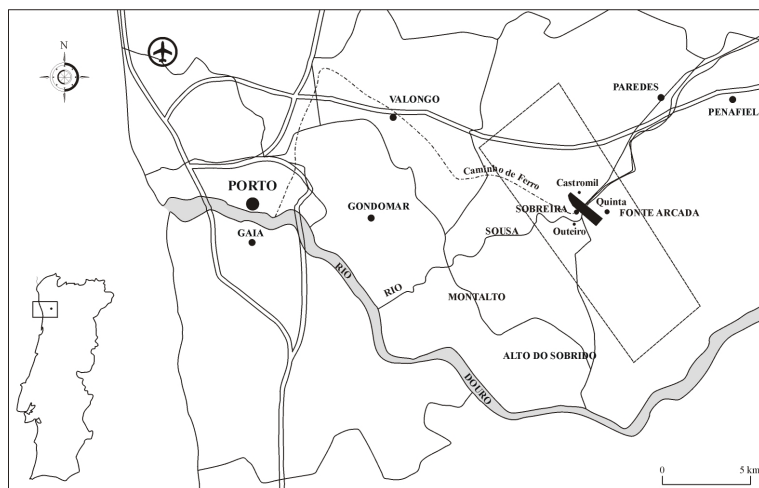


Figura 1 - Mapa de Portugal com a localização do jazigo aurífero de Castromil.

O jazigo de Covas de Castromil, de direcção NW/SE, é paralelo ao mais antigo e principal dos dois sistemas ortogonais de importantes falhas que ocorrem na região, situa-se na margem oeste do batólito granítico de idade hercínica (folha 9-D: Penafiel - Carta Geológica de Portugal, à escala 1: 50,000), e está localizado sensivelmente no centro da área de prospecção, enquadrado por um rectângulo de 500 x 2200 m². Segundo (Byrne, 1999), a implantação deste jazigo deve-se ao facto de: “Os resultados obtidos são conclusivos relativamente à continuidade do jazigo de Castromil. Em termos estruturais a situação verificada em Castromil e Serra da Quinta não tem

continuidade quer para Sul quer para Norte da Zona anteriormente delimitada.”. O jazigo aurífero de Castromil está localizado numa zona particularmente irregular, densamente coberta por vegetação rasteira, com solos que misturam uma componente natural com outra resultante de trabalhos mineiros anteriores, o que levou à exclusão neste estudo da informação a si referente.

A informação utilizada foi recolhida através de amostragem contínua em troços de um metro de comprimento, pertencentes a 72 sondagens rotativas (com recuperação de carotes) realizadas em trabalhos de prospecção anteriores e em mais 14 sondagens carotadas e 211 realizadas por percussão (destrutivas) sem revestimento, efectuadas na campanha de prospecção realizada pela *Connary*.

O facto da mineralização não ser visível colocou algumas dificuldades à identificação dos seus limites exteriores, que foram ultrapassadas pelos técnicos da *Connary* através da realização de cortes transversais espaçados de 25 m. Nestes cortes foi cartografada a topografia, a geologia superficial, as projecções das sondagens mais próximas, os contactos geológicos e os teores de Au resultantes de análises da amostragem. Foram estes limites exteriores da mineralização conjuntamente com as curvas de nível e pontos cotados, que permitiram criar modelos digitais de terreno e limites de desmonte, usados para isolar os blocos estimados que formam os volumes de contornos irregulares de cada piso.

Utilização da AFC na construção índices de síntese da informação secundária

A Análise Factorial das Correspondências (AFC) permite sintetizar a informação relativa aos indivíduos e propriedades características de um determinado processo, num espaço com um reduzido número de eixos. A coordenada de cada indivíduo em cada eixo representa a condensação da informação das propriedades, num grau de explicação proporcional à inércia transportada pelo eixo (Pereira & Sousa, 1988). Utilizando esta potencialidade que é específica da AFC (princípio baricêntrico), foram tomados como índices de síntese os valores das coordenadas das amostras em cada eixo principal dos espaços definidos pelas classes dos conjuntos de variáveis (Litologias e Ag) e (Litologias e Cor), respectivamente na amostragem das sondagens realizadas em carotado e em destrutivo.

A procura do índice de síntese mais representativo da informação secundária presente nas sondagens conduziu ao abandono da variável cor. Ensaiou-se ainda a verificação dos benefícios introduzidos pela classificação da variável Ag, pelo processo da indicatriz, em 2, 3, 4 e 5 classes, e pela associação ou não das variáveis litológicas (Gr e Gs) e (Gc e Xt). Após várias tentativas, a análise dos eixos de inércia dos espaços construídos com as combinações destas classes, indicou claramente como melhores representantes desta informação, os índices de síntese obtidos com a associação das classes GrGs e GcXt da variável Litologias, destacando-se a classificação da Ag em duas classes. Os 3 eixos construídos pela AFC, no espaço definido pelas classes GrGs, GcXt, Ag1 e Ag2, permitiram uma explicação de 100 % da informação secundária e as melhores correlações com a variável regionalizada Au, levando à escolha das respectivas coordenadas para sintetizar a informação secundária deste conjunto amostral (estes três eixos passam a ser representados por [F1,F2,F3]_(GrGs,GcXt,Ag1,Ag2)).

Estimação das classes dos teores em Au

A utilização de processos de co-estimação de variáveis regionalizadas pressupõe o conhecimento prévio dos variogramas simples e cruzados, funções que caracterizam a estrutura espacial dessas variáveis (Goovaerts, 1997; Soares, 2000). Assim, calcularam-se e modelaram-se os variogramas simples que quantificam as contiguidades

espaciais e comportamentos estruturais das classes Au1, Au2 e Au3, através de uma procura sistemática em intervalos de 5 em 5°, das direcções principais dos elipsóides de anisotropia. Verificou-se que os elipsóides estavam alinhados de forma idêntica em direcções coincidentes com os alinhamentos de maior desenvolvimento do jazigo. Quanto aos modelos teóricos ajustados, foram todos do tipo esférico, com 3 estruturas, com efeitos de pepita diferentes de zero, embora relativamente baixos.

Após diversos ensaios verificou-se que o processo de estimação das classes Au1, Au2 e Au3 CoKDE, em que os índices de síntese $[F1, F2, F3]_{(GrGs, GeXt, Ag1, Ag2)}$ foram introduzidos como derivas externas, revelou ser bastante preciso. Este facto é demonstrado pela percentagem de 74.75% de co-ocorrências encontradas entre as classes amostrais e estimadas ou seja, foram estimadas como pertencendo à classe correcta 2948 valores, em 3944 possíveis, durante a realização do respectivo teste de validação cruzada.

Estimação do teor em Au

As classes da variável regionalizada Au, estimadas com base nas variáveis auxiliares, foram utilizadas na estimação, por KDE, dos teores em Au. Os resultados dos testes de validação cruzada mostraram que a qualidade da estimação é superior à obtida por métodos tradicionais.

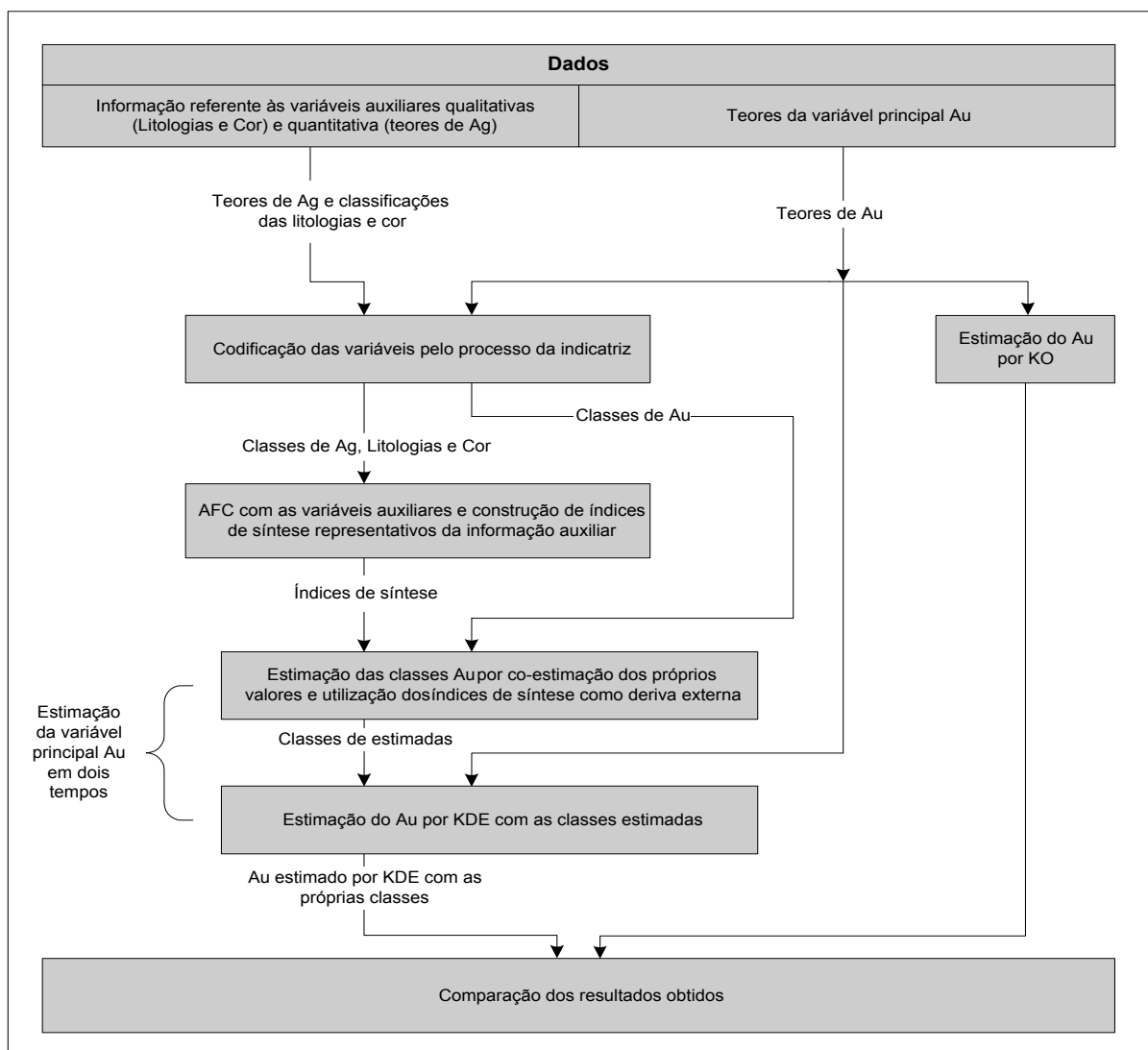


Figura 2 - Fluxograma das etapas utilizadas na estimação, que melhor reproduz os dados de partida.

A metodologia de estimação proposta, cuja sequência pode ser visualizada no fluxograma da Fig. 2, permitiu calcular a distribuição espacial em suportes de desmonte de $5 \times 5 \times 4 \text{ m}^3$ que constituem os 23 pisos de desmonte (considerados pelos técnicos da *Connary*, como os que melhor se adaptam a este jazigo), de que se apresenta apenas um exemplo na Fig. 3, e quantificar a respectiva tonelagem em função de diferentes teores de corte, da forma apresentada na tabela 1.

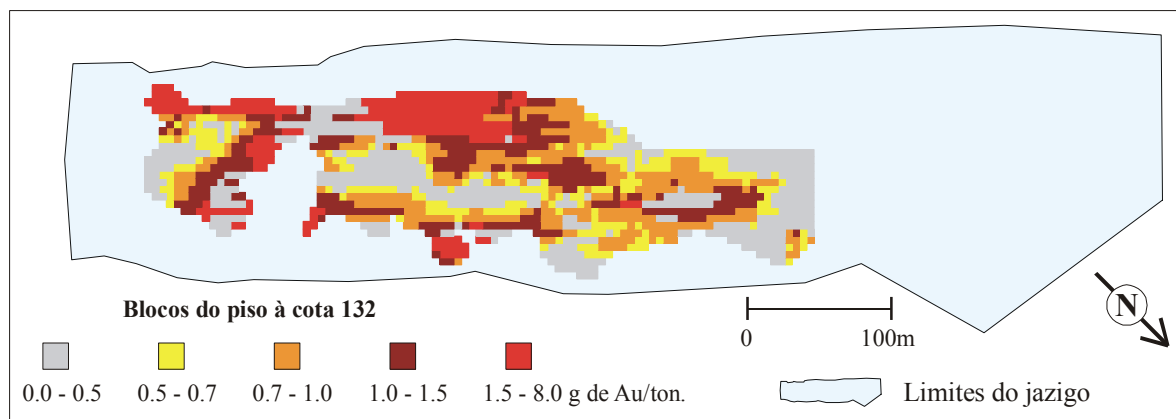


Figura 3 – Mapa dos intervalos de teores de Au estimados pelo processo seleccionado, no piso à cota 132 m.

Tabela 1 – Percentagens de blocos e quantidades de metal estimados pelo processo seleccionado.

Teor de corte	Valores encontrados para as estimações do Au por KDE com as respectivas classes			
	Nº de blocos por classes %	Nº de blocos acumulados %	Qm Em cada classe %	Qm Acumulado %
0,0	0,147	1,000	0,002	1,000
0,1	0,063	0,853	0,011	0,998
0,2	0,072	0,791	0,021	0,987
0,3	0,075	0,718	0,031	0,965
0,4	0,071	0,643	0,037	0,935
0,5	0,065	0,572	0,042	0,892
0,6	0,058	0,507	0,044	0,856
0,7	0,051	0,450	0,045	0,812
0,8	0,045	0,399	0,045	0,767
0,9	0,040	0,353	0,044	0,721
1,0	0,229	0,314	0,374	0,677
2,0	0,053	0,084	0,149	0,304
3,0	0,016	0,031	0,064	0,155
4,0	0,008	0,015	0,042	0,090
5,0	0,004	0,007	0,024	0,049
6,0	0,002	0,003	0,019	0,025
7,0	0,001	0,001	0,006	0,006
Σ	1,000		1,000	

Agradecimentos

Os autores agradecem à Connary Minerals – Sucursal Portuguesa, nas pessoas do falecido Dr. Sean Byrne, Dr. Carlos Nascimento e Eng^o Gordon Riddler, pela cedência da informação e apoio prestado, sempre que solicitado. Ao Prof. Doutor Henrique Garcia Pereira e Doutor Ruben Dias pela leitura e comentários efectuados sobre este trabalho.

Bibliografia

- Byrne, S. (1997) – Contrato de Prospecção e Pesquisa, Relatório Final. Connary Minerals PLC – Sucursal Portuguesa.
 Goovaerts, P. (1997) – Geostatistical for Natural Resources Evaluation, *Oxford University Press*, New York.
 Pereira, H. G. & Sousa, A. J. (1988) – Análise de Dados para o Tratamento de Quadros Multidimensionais, *Textos de apoio ao Curso Intensivo Análise Dados*, LMPM/IST, Lisboa, 115 p.
 Soares, A. (2000) – Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente, *IST Press*.
 Soares, A. (1992) – Geostatistical Estimation of Multi-Phase Structures, *Mathematical Geology* Vol. 24, Nº 2: 149-160.