

MODELAGEM GEOESTATÍSTICA DE UM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO NÃO CONVENCIONAL SINTÉTICO

LAUREN FARIAS¹; ANTÔNIO SILVA JR.²

¹Universidade Federal de Pelotas - lauren.if@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - alves.geoestatistica@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A indústria petrolífera tem sido motivada a utilizar renovadas técnicas de caracterização de reservatório devido à falta de informações de dados reais para a construção do modelo geológico. Isso se deve primeiramente pelos altos investimentos necessários no desenvolvimento de campos heterogêneos e posteriormente pelo desejo e necessidade de aumentar o fator de recuperação final das jazidas (ROCHA, 2005). Dentre essas técnicas, podemos citar a geoestatística, subárea da estatística, com aplicação crescente.

A caracterização da variabilidade espacial de atributos geológicos é comumente realizada por meio das análises geoestatísticas, a qual é baseada na teoria das variáveis regionalizadas, que define a existência da relação entre os valores de um atributo em função de sua posição geográfica (Camargo et al., 2008a). Esse método é preferido a outros interpoladores simples, por apresentar maior rigor estatístico em relação aos métodos que não consideram a estrutura de dependência espacial das amostras (WEBSTER & OLIVER, 2009).

Desta forma a geoestatística é uma técnica que foi desenvolvida a fim de aumentar o nível de informação, através da interpolação de dados geológicos. A indústria de óleo e gás, cada vez mais vem utilizando e aperfeiçoando esta técnica, para extrapolação de dados geológicos não amostrados na fase de exploração dos poços, a fim de aumentar a escala de informações sobre os reservatórios petrolíferos, minimizando as incertezas associadas dando assim, maior confiabilidade ao projeto.

A extração de petróleo em jazidas não convencionais como reserva de areias betuminosas, também requer novas pesquisas em tecnologia criadas para esta ocasião. Neste trabalho técnicas geoestatísticas foram utilizadas com o propósito de estimar o teor médio de betume de um reservatório não convencional sintético.

2. METODOLOGIA

O reservatório de petróleo não convencional foi criado a partir um banco de dados conhecido como *Walker Lake* (ISSAKS & SRIVASTAVA, 1989) e de reservatórios análogos de areias betuminosas, localizados na província de Alberta no Canadá. O banco de dados contem 470 amostras de betume representado em porcentagens. As dimensões do reservatório possuem em torno de 360 m de largura e 300 m de comprimento.

A análise exploratória dos dados foi realizada através de ferramentas estatísticas básicas com auxílio do programa de código fonte aberto *Gslib*. Deste modo foi possível descrever e interpretar o comportamento e a distribuição das amostras, com base da construção e análise de histogramas de frequência (estatística univariada)

Após a análise exploratória dos dados, a próxima etapa baseia-se na análise espacial, através da geoestatística. Esta análise espacial é realizada com base na modelagem variográfica da variável utilizando o programa de código fonte aberto *SGeMS*. A estimativa do betume nos locais não amostrados através da krigagem ordinária pode ser realizada após a constatação da continuidade espacial da área de estudo, utilizando novamente o *Gslib*.

Através da krigagem 2D, podemos representar a porcentagem de betume presente na jazida, a fim de estimar o seu potencial de produção. Por fim é utilizada a técnica de validação do erro, com o objetivo de assegurar a confiabilidade dos resultados gerados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de distribuição espacial das amostras pode identificar as regiões mais adensadas e que possuem a presença da variável de interesse. A legenda ilustra que as cores mais quentes, representam os locais onde há uma concentração amostral maior para variável. No mapa do betume, percebemos que as amostras estão localizadas em sua maioria no lado esquerdo do mapa, mostrando que a esta variável possui certa continuidade espacial (Figura 1 A).

Interpretando o histograma de frequência (Figura 1 B), percebe-se que a variável betume possui assimetria positiva e devido ao baixo coeficiente de variação (0,69), confirma como mostrado no mapa uma boa continuidade espacial das amostras. A maior concentração de betume encontra-se numa média de 22% e o desvio padrão em torno de 15 indica que os dados tendem a estar próximos da média, não havendo grande variação nos valores de concentração da variável.

Para compreender a correlação entre as variáveis, gerou-se um gráfico de dispersão, que, apresentou uma correlação positiva entre as mesmas, caracterizada pelo coeficiente ranqueado de 0,743.

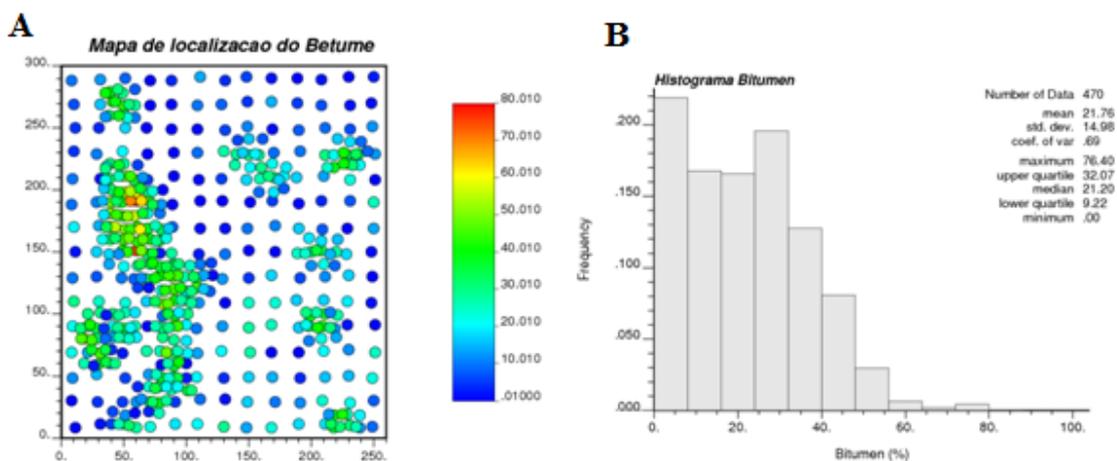


Figura 1: mapa de distribuição espacial dos dados (A) e histograma de frequência (B) do betume.

A modelagem variográfica foi realizada para oito direções azimutais preferencias de 0° a 157°. Através da construção dos variogramas experimentais, obtemos como resultado a continuidade espacial para variável betume, através do elipsoide de anisotropia. As direções preferencias permitiu-nos constatar a

ortogonalidade nas direções de máxima e mínima continuidade: $157,5^\circ$ e $67,5^\circ$ (Figura 2).

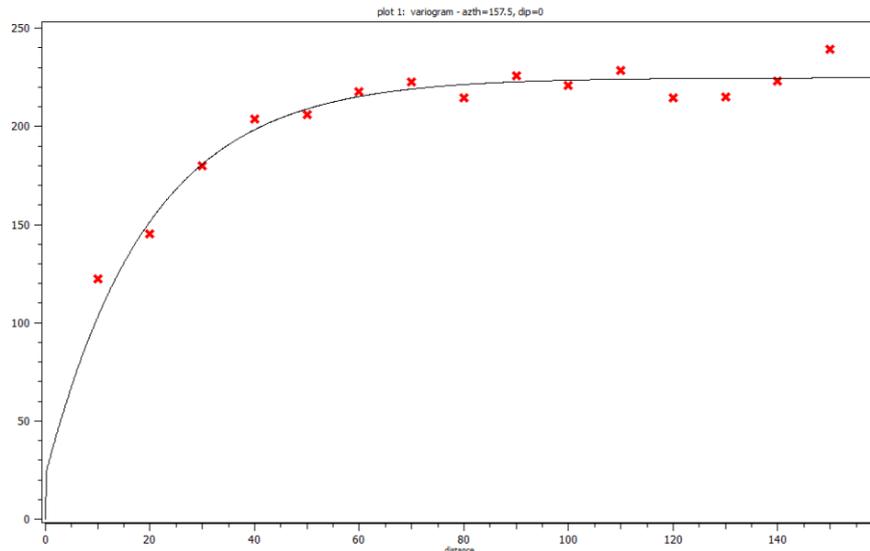


Figura 2: Representação do variograma de maior continuidade espacial, azimute 157° .

Com a interpolação das medidas de betume dentro da região amostrada, tem-se então a criação do mapa de krigagem para estimativa do betume com base no método de krigagem ordinária (Figura 3).

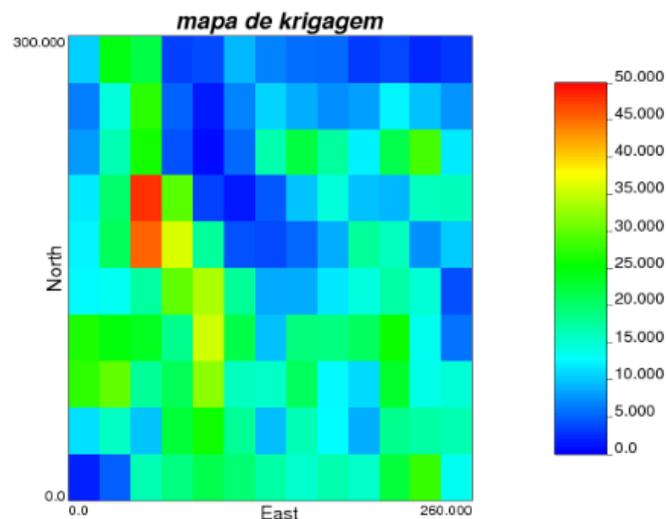


Figura 3: Mapa estimado do Betume, através do método de krigagem ordinária.

Para validar o resultado obtido através da aplicação do método de krigagem, foi gerado um novo histograma para verificar o erro médio e seu comportamento. Desta forma, o valor de 0,11 de média do erro associado, representa um valor baixo. Por fim a estimativa do betume foi realizada considerando seis teores de corte (0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100%), os quais através da construção de histogramas pode-se elaborar a tabela a seguir, que demonstra o teor médio e a recuperação para cada teor médio aplicado (Tabela 1).

Tabela 1: Dados da recuperação e o teor médio para cada teor de corte aplicado.

Teor de corte (%)	Recuperação	Teor médio
0	130	14.81
20	86	19.42
40	32	26.68
60	6	38.16
80	2	46.34
100	0	

4. CONCLUSÕES

A técnica geoestatística aplicada a este trabalho demonstrou-se eficiente e obtiveram-se resultados satisfatórios. Primeiramente observa-se que a continuidade espacial determinada pela criação dos variogramas, coincide com a região preferencial observada no mapa de localização. O erro associado entre os dados originais e os estimados, embora baixo, demonstra os equívocos causados pela interpretação, necessitando um melhor tratamento dos dados, como por exemplo na sensibilidade em relação à modelagem variográfica.

Desta forma, pode-se concluir que a utilização da krigagem como estimador linear não tendencioso para a estimativa do betume na região estudada, apresentou resultados eficientes e satisfatórios, contribuindo imprescindivelmente para a avaliação da jazida de areias betuminosas.

A fim de diminuir as incertezas referentes ao erro associado, ressalta-se a importância da continuidade do presente trabalho, para conferir melhores valores e trazer maior confiabilidade aos resultados, bem como a implementação desta metodologia em um banco de dados real e 3D.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, L.A.; MARQUES JR., J.; PEREIRA, G.T. & HORVAT, R.A. **Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de um Latossolo sob diferentes formas de relevo**. I-Mineralogia da fração argila. R. Bras. Ci. Solo, 32:2269-2277, 2008a.

ISAAKS, E.H. & SRIVASTAVA, R.M. **Applied geostatistics**. New York, Oxford University Press, 1989. 561p.

ROCHA, Ana Cristina. **A geoestatística aplicada à avaliação e caracterização e reservatórios petrolíferos**. Tese (Mestrado em Matemática) – Centro de ciência e Tecnologia; Programa de Pós-Graduação em Matemática, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2005. Disponível em <<http://www.dme.ufcg.edu.br/PPGMat/DissertacaoPDF/AnaCristina.pdf>>. Acesso em 25 Jul. 2014.

WEBSTER, R. & OLIVER, M. **Geostatistics for environmental scientists statistics in practice**. 2.ed. Chichester, Wiley, 2009. 315p.