



Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto Disciplina: Introdução ao Geoprocessamento – SER-300-4

# LABORATÓRIO 5

# ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS GEOGRÁFICOS

Professor: Antônio Miguel V. Monteiro

Aluno: Járvis Campos

Registro nº: 131.636

Exercício para avaliação parcial na disciplina de Introdução ao Geoprocessamento, do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INPE São José dos Campos Junho de 2014 O *laboratório 5* tem como objetivo explorar procedimentos geoestatísticos, mais especificamente a variabilidade espacial de propriedades naturais, amostrados e distribuídos espacialmente. Nesse sentido, as seguintes etapas serão seguidas: análise exploratória dos dados; análise estrutural (cálculo e modelagem do semivariograma); a realização de inferências (Krigeagem ou Simulação).

Os dados tem como fonte o Centro Nacional de Pesquisas de Solos (CNPS-RJ), e foram obtidos em levantamento dos solos da Fazenda Canchim, em São Carlos – SP. Os dados correspondem a uma amostragem de 85 observações georreferenciadas, no qual será trabalhado o teor de argila.

A primeira etapa consiste na ativação do banco de dados "São Carlos" e do projeto "Canchim":





A figura 2 consiste das etapas da análise geoestatística, que serão empregados neste exercício:



Figura 2: etapas de análise geoestatística

A análise exploratória dos dados é realizada através de estatísticas univariadas e bivariadas. As estatísticas univariadas fornecem um meio de organizar e sintetizar um conjunto de valores, que se realiza principalmente através de histograma. Por outro lado, as estatísticas bivariadas fornecem meios de descrever o relacionamento entre duas variáveis, ou seja, entre dois conjuntos de dados ou de duas distribuições. Essa relação pode ser expressa através do diagrama de dispersão e o grau da relação linear entre as variáveis pode ser medido através do coeficiente de correlação.

As figuras 3, 4 e 5 introduzem a análise exploratória do projeto "São Carlos", sobre os dados da amostragem de argila:

| Relatório de Dados                       |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
| ESTATÍSTICAS: argila                     |  |  |  |  |
| <ul> <li>&gt; Número de Pontos</li></ul> |  |  |  |  |
| -  |  |  |  |  |
| L4 F                                     |  |  |  |  |
| Salvar                                   |  |  |  |  |
| Apagar Fechar Ajuda                      |  |  |  |  |

Figura 3: estatísticas descritivas: relatório de dados







Figura 5: estatísticas descritivas: probabilidade normal

A próxima etapa consiste em introduzir o semivariograma. A primeira suposição é isotropia na tentativa de detectar uma estrutura de correlação espacial. Para tanto, utiliza-se a tolerância angular máxima (90 graus), de modo que a direção torna-se insignificante. A figura 6 mostra o gráfico de semivariograma:



Figura 6: semivariograma de argila

Para melhorar a forma do variograma, é necessário alterar os parâmetros de Lag (número do lag = 4; incremento = 968; tolerância = 484). O novo semivariograma experimental possui uma variabilidade muito mais próxima de um modelo ideal, como mostra a figura 7:



A próxima etapa consiste na modelagem do semivariograma experimental, como mostra a figura 8:

| Relatório de Dado  | os 🖉                          |              |  |  |
|--|-------------------------------|--------------|--|--|
| AJUSTE   | DO SEMIVA                     | RIOGRAI      |  |  |
| Sumário:<br>Arquivo: c:\SER30<br>No. de variáveis:<br>No. de Lags: 6<br>No. de Lags usados   | 0_BD_SaoCarlos\C<br>3<br>x: 6 | anchim/GeoS  |  |  |
| Parâmetros iniciais:<br>Efeito Pepita (Co): 129.524<br>Para modelo transitivo: Esférico<br>Contribuição (C1): 210.195<br>Alcance (a): 2408.269 |                               |              |  |  |
| No. Akaike   | Efeito Pepita                 | Contribuição |  |  |
| 1 -34.585<br>2 -38.538   | 126.618<br>118.990            | 21:<br>23( - |  |  |
| <b> </b> ₹ [   |                               | •            |  |  |
| Salvar   |                               |              |  |  |
| Apagar   | Fechar                        | Ajuda        |  |  |

## Figura 8: ajuste do semivariograma

O passo seguinte é a definição dos parâmetros do modelo isotrópico, como mostra a figura 9:

| SPRING-4.2 (SER300_BD_SaoCarlos](Canchim)  |   |  |   |  |  |  |
|--|---|--|---|--|--|--|
| Arquivo Editar Exigir Imagem Iemático MNT Cadastral Rede Análise Executar Eerramentas Ajuda  |   |  |   |  |  |  |
|  |   |  |   |  |  |  |
| Painel de Cont   |   |  |   |  |  |  |
| Categorias<br>M Anostas Carpo<br>() Classes Solo<br>() Mapa_Boologia<br>() | Ajuste de S D 23<br>Ajuste<br>Ajuste de S D 23<br>Ajuste de Struturas<br>O 1 C 2 G<br>Modelo 1: Gaussiano Visual<br>Modelo 2: Estérico<br>Verificar Ajustes<br>argia_0.var<br>Parâmetros Estruturais<br>Defini<br>Executar Fechar Ajuda | Geração de Semivariograma     Pl Altvo: argia Análise Unidirecional Amostragem; Irregular     Upções Semivariograma     Pl de Cruzemento     Corte:     Parámetos de Lag     No. Lag     Incremento     Tolerância     4     4     968     4     1     Parámetos de Direção     Parámetos de Dir | Parámetros Estruturais     Parámetros     Número de Estruturas:     Pimeira Estruturas:     Primeira Estrutura     Tipo:     Taustiano     Contribuição:     Algudo Anis:     Contribuição:     Angulo Anis:     Contribuição:     Contribuição:     Angulo Anis:     Contribuição:     Contribuiç |  |  |  |

Figura 9: parâmetros do modelo isotrópico

O processo de validação do modelo de ajuste é uma etapa que precede as técnicas de krigeagem. O principal objetivo é avaliar a adequação do modelo proposto no processo que envolve a reestimação dos valores amostrais conhecidos. A etapa de validação é inicializada, conforme figura 10:

SPRING-4.2 [SER300\_BD\_SaoCarlos][Car 77 de Dado 8 2 ≠ 0 ∞ 1/ 44771 Inativa ▼ W ¥ + ↓ 0 ∞ 2 ≤ ≤ 0 7573955 0 c 7573146.6 a 7572338.2 l 7571529.8 Painel de Cont... ESTATÍSTICAS DO ERRO 🔳 Ajuste de S... 😐 💷 🕺 Catego Plano de Informação: argila () Imagem (V) Limites () Mapa\_Geologia () Mapa\_Solos () Mapa\_drenagem () Mapa\_vias i 7570721.4 z 7569913.0 a 7569104.6 -∆i => Número de amostras => Média 4 III Validação do Modelo 85 ..... 147.929 .. 12.163 .39.219 0.313 3.833 ....35.479 ...35.277 Anál Variância Desvio Padrão Coeficiente de / Coeficiente de / Nome: argila Verificar Modelo. ç 7568296.2 ã 7567487.8 餠 2 nos de Infor etros de Interpolação 0 7566679.4 PI de ) areia\_gro Número de Pontos no Elipsóide de Busca 7565871.0 Y ш ) calcio ) magnesio ) silte Mínimo: 4 Máximo: 16 2047020576206822078720893209995.0 iide de Busca (Raio e Orientaçã - 0 Localização X na Observ 🧝 Diagra Prioridade: 300 CR Desenhar R.Min.: 12206.! R.Máx.: 12206.! Ângulo: 🔽 Amostras 🗔 TIN Г Resultados 74.0 Diagrama Observado x Estimado 💌 E 66.9 s 59.8 t 52.7 ecionar... Executar Fechar Ajuda CONTROLE DE TELAS 45.6 r 30 e 221 9 115 9 115 0 115 0 6 7 0 38.5 31.4 Executar Fechar Ajuda 24.3 Acoplar Amplia: © 1 C 2 C 4 C 8 17.2 10.1 Fechar Ajuda <sup>C</sup>-37.0-22.4-7.8 6.8 21.4 36.0 3.0 17.2 31.4 45.6 59.8 74.0 Erro Observado

Figura 10: validação do modelo de ajuste

ш

A etapa seguinte trata-se da interpolação por krigeagem ordinária. A figura 11 mostra a grade de krigeagem gerada para a argila:



Figura 11: krigeagem ordinária

Com a etapa acima, encerram-se os procedimentos geoestatísticos. Para uma melhor compreensão do fenômeno em estudo (a variabilidade espacial), faz-se necessário transformar a grade de krigeagem da argila em imagem. Portanto, o próximo passo mostra a transformação de grade para imagem, como mostra a figura 12:



#### Figura 12: krigeagem ordinária: imagem

O próximo passo é o recorte da imagem gerada, utilizando LEGAL, como mostra a figura 13:



Figura 13: krigeagem: imagem recortada

A figura 14, por sua vez, trata-se do fatiamento e do recorte da grade do teor de argila:



Figura 14: fatiamento e recorte da grade do teor de argila

A próxima etapa consiste em detectar os eixos de anisotropia, ou seja, as direções de maior e menor continuidade espacial da propriedade em análise (para uma visão geral da variabilidade espacial do fenômeno em estudo). Este também é conhecido como Mapa de Semivariograma.



Uma vez detectado as direções da anisotropia, deve-se gear os semivariogramas direcionais:



Figura 16: semivariogramas direcionais

O gráfico acima ilustra três semivariogramas: um relativo à direção de maior continuidade (~170), outro à direção de menor continuidade (~1070) e o semivariograma omnidirecional, que foi gerado somente a título de ilustração, para mostrar que o mesmo representa uma média entre os semivariogramas de maior e menor alcances. Quanto à modelagem dos semivariogramas direcionais, o gráfico abaixo analisa primeiro a direção de maior continuidade (17 graus):



Figura 17: semivariograma: direção de maior continuidade (17 graus)

O gráfico abaixo, por sua vez, mostra o semivariograma na direção de menor continuidade (107 graus):



Figura 18: semivariograma: direção de menor continuidade (107 graus)

Realizada a modelagem da anisotropia, o passo seguinte é gravar o modelo proposto, através da cópia dos dados da tabela anterior para a interface de parâmetros estruturais, como mostra a figura 19:

| B SPRING-4.2 [SER300_BD_SaoCarlos][Canchim]   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| <u>Arquivo Editar Exibir Imagem T</u> emátic  | <u>M</u> NT <u>C</u> adastral <u>R</u> ede A <u>n</u> álise E <u>x</u> ecutar <u>F</u> erramentas Aj <u>u</u> da   |  |  |  |  |
| 😫 🖬 🗲 🗾 🔬 Auto 💌 1/ 44771   |  |  |  |  |  |
| Painel de Cont  | 30.1 29.4 27.1 21.3 14.9 10.7 12 Parâmetros Estruturais  |  |  |  |  |
| (V) Amostras_Campo<br>() Classes_Solo   | 31.3     Ajuste de S     5       Ajuste     5       Ajuste     5   |  |  |  |  |
| () Fatiamento_Argila =<br>() Imagem<br>(V) Limites  | 36,5<br>- Número de Estruturas   |  |  |  |  |
| ( ) Mapa_Geologia ▼<br>Planos de Informação ✔   | 39.8 C 1 C 2 C 3 da Tipo: Esférico ▼<br>-Modelos   |  |  |  |  |
| () altimetria<br>() altitude<br>() areia_fina   | 40.3 Modelo 1: Esférico 🗨 2<br>Alcance Máx: [1677 Alcance Máx: [1677]  |  |  |  |  |
| () areia_grossa<br>(A) argila<br>() calcio  | 37.2 Modelo 2: Estérico V<br>Modelo 3: Estérico V<br>Modelo 3: Estérico V  |  |  |  |  |
| Prioridade: 300 CR Desenhar   | 4 4 4 Verificar Ajustes 5 17   |  |  |  |  |
| Amostras 🗖 TIN 📄 Texto  | 410 + argila_17.var<br>+ argila_17.var<br>argila_107.var<br>+ argila_107.var<br>+ argila_107 |  |  |  |  |
| Selecionar Consultar  | 39 7 * 1<br>Parâmetros Estruturais 7 Terceira Estrutura  |  |  |  |  |
| CONTROLE DE TELAS   | 39.8 Tipo: [Estérico   |  |  |  |  |
| Ativar:   | 39.4 + + Alcance Máx: 100000 Alcance Mín.: 2962  |  |  |  |  |
| Acoplar:         □         □         3         4         5           Ampliar:         •         1         2         0         4         5 | 39.1 37.4 30.2 35.34 31.07 28.3 34<br>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +  |  |  |  |  |
| Fechar Ajuda  | 38.6, -38.0, -4.6, -38.2, -38.2, -38.2, -3   |  |  |  |  |
|   | 40.9 * 138.3 * 35.5 * 36.2 * 136.1 * 35.5 57.4 39.9 45.2 45.2 40.8   |  |  |  |  |

Figura 19: gravação do modelo proposto

Na medida em que o modelo foi gravado, deve-se agora validá-lo. O processo de validação do modelo de ajuste é uma etapa que precede as técnicas de krigeagem. Seu principal objetivo é avaliar a adequação do modelo proposto no processo que envolve a reestimação dos valores amostrais conhecidos:



Figura 20: validação do modelo proposto

Realizada a validação do modelo, a etapa final do processo geoestatístico consiste na interpolação de krigeagem.



Figura 21: superfície de argila, oriunda do modelo anisotrópico

O passo seguinte é o recorte na imagem, oriunda do modelo anisotrópico :



Figura 22: imagem recortada, oriunda do modelo anisotrópico

Deve-se agora executar o fatiamento e o recorte da grade de krigeagem, oriunda do modelo anisotrópico:



Figura 23: fatiamento e recorte da grade de krigeagem

Quanto à análise dos resultados, a partir das superfícies isotrópicas e anisotrópicas, é calculado o teor médio de argila para cada classe do solo:



### Figura 24: teor médio de argila para cada classe do solo