

CICLO DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA INTERNA

INTRODUÇÃO À ANÁLISE GEOESTATÍSTICA

Responsáveis
Célia Regina Grego
Fernando A. P. Paim
Alex de Oliveira

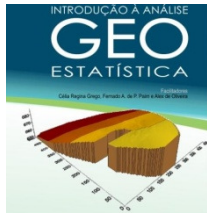
Outubro - 2011



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



ITENS ABORDADOS

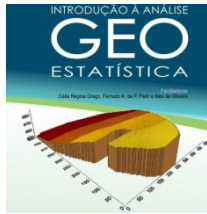
- 1- Introdução**
- 2- Amostragem e obtenção de dados**
- 3- Análise estatística descritiva**
- 4- Semivariograma**
- 5- Ajuste e validação do semivariograma**
- 6- Interpolação por Krigagem**
- 7- Construção de mapas de isolinhas**



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



SOFTWARES UTILIZADOS

Pacote Geoestatístico de Vieira (Vieira, 2002) – Estatística descritiva, semivariograma e krigagem ordinária

<http://www.paim.pro.br/>

E

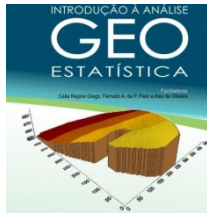
ArcGIS – Mapa de classes e mapa de isolinhas



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



1- INTRODUÇÃO

GEOESTATÍSTICA: TEORIA DAS VARIÁVEIS REGIONALIZADAS

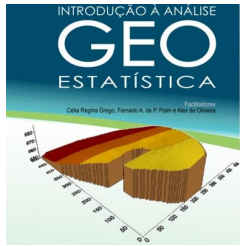
Ferramenta utilizada para a caracterização da dispersão espacial das grandezas que definem a quantidade e a qualidade de recursos naturais e outros fenômenos espaciais em que os atributos manifestem uma certa estrutura no espaço ou no tempo.



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



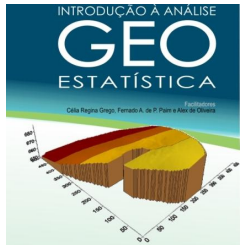
HISTÓRICO

- Daniel G. Krige (1951): África do sul com dados de concentração de ouro verificou que para encontrar sentido nas variâncias era preciso levar em conta as distâncias das amostras.
- Matheron (1963): desenvolveu a teoria das variáveis regionalizadas com os fundamentos da geoestatística, onde são estudados os fenômenos contínuos no espaço e no tempo.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





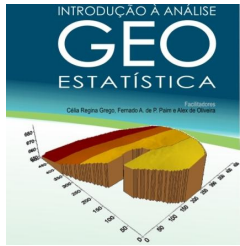
- **FERRAMENTA DE ANÁLISE:** Dados com coordenadas geográficas
- **HIPÓTESE:** Dados vizinhos são mais parecidos que dados distantes
- **OBJETIVO:** Precisão científica no mapeamento



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



VARIABILIDADE ESPACIAL

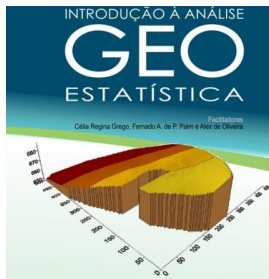
- ✓ **Medidas em locais diferentes podem possuir valores diferentes. Vizinhos mais próximos são mais parecidos do que os mais distantes.**



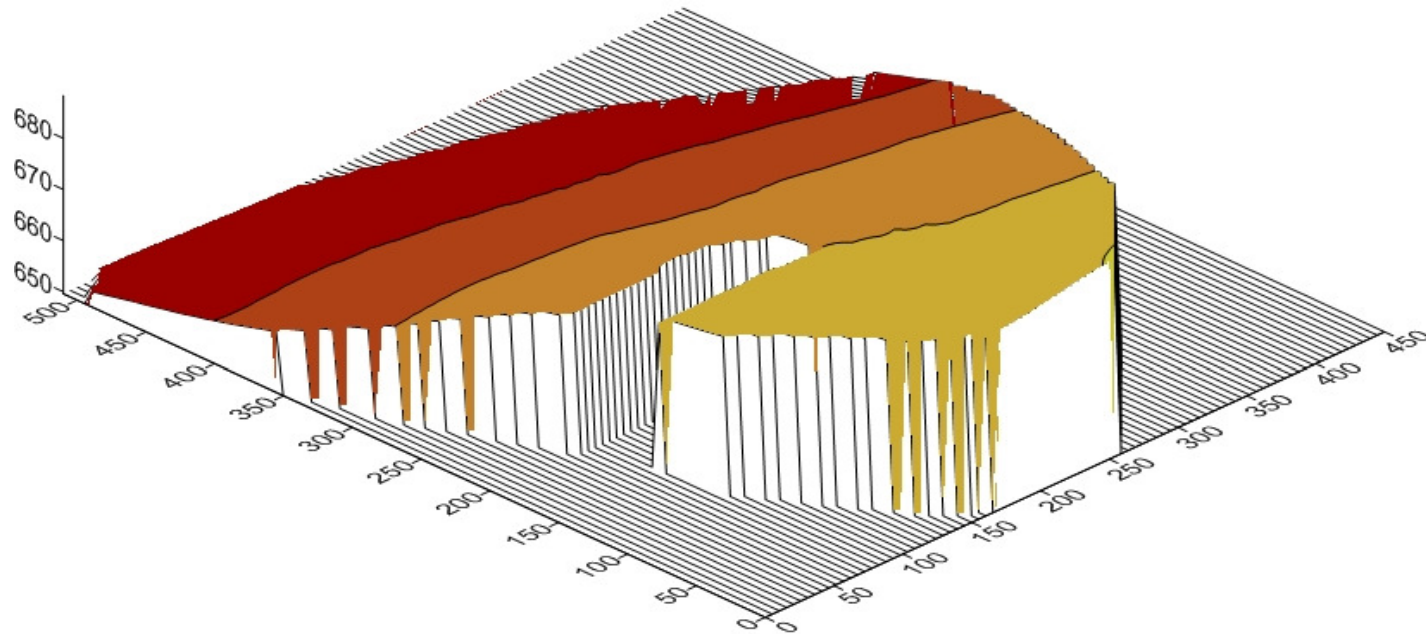
Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



Quando a variabilidade espacial existe ela deve ser considerada

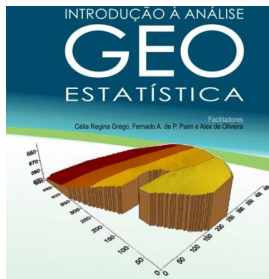


Declividade do solo – Fazenda Aparecida, Mogi Mirim, SP



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





VARIABILIDADE ESPACIAL

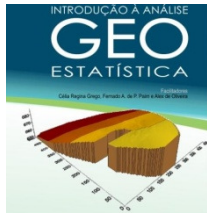
- ✓ Tudo depende da escala: resolução;
- ✓ Seu conhecimento adequado dependerá do histórico, das informações disponíveis e recursos para caracterização do ambiente;
- ✓ A variabilidade pode acontecer em milímetros ou quilômetros.



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



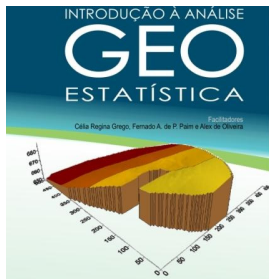
Vinhedo, SP

Grego (2009)



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





Vinhedo, SP

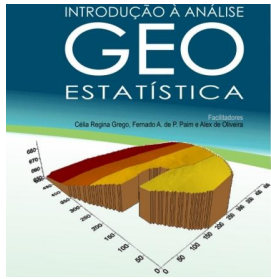
Grego. (2009) O FEDERAL



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

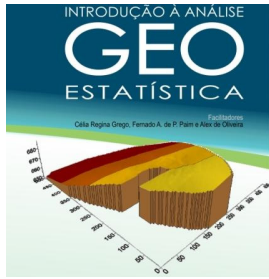


IAC, Campinas, SP
Grego (2009)



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





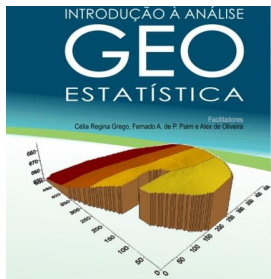
IAC, Campinas, SP

Grego (2009)



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



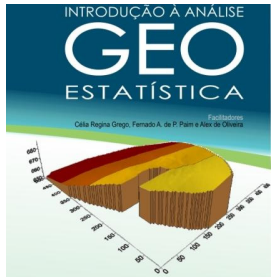


Soja, IAC, Campinas, SP
Grego (2009)



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





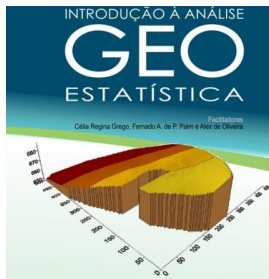
Soja, IAC, Campinas, SP

Grego (2009)



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





2- AMOSTRAGEM

✓ **Adequada:** se espaçamento entre amostras for menor do que as “manchas” que se quer caracterizar.

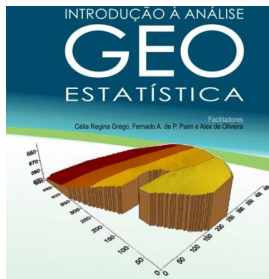
✓ **Inteligente:** se fizer uso da variabilidade de variáveis indicativas para variar a densidade de amostragem.



Embrapa

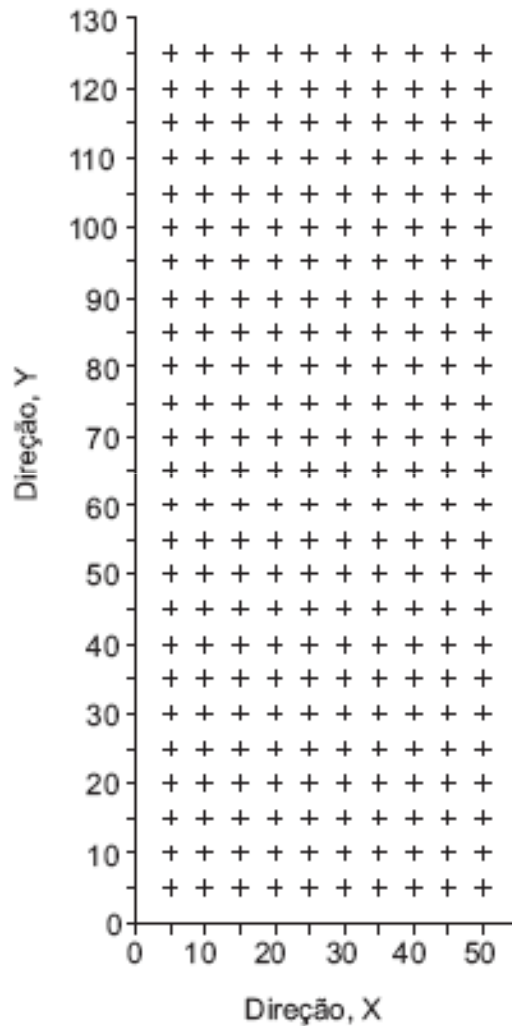
Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



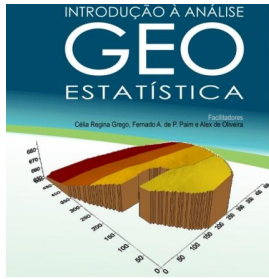
GRADES MAIS COMUNS DE AMOSTRAGENS

Regular ou quadrada

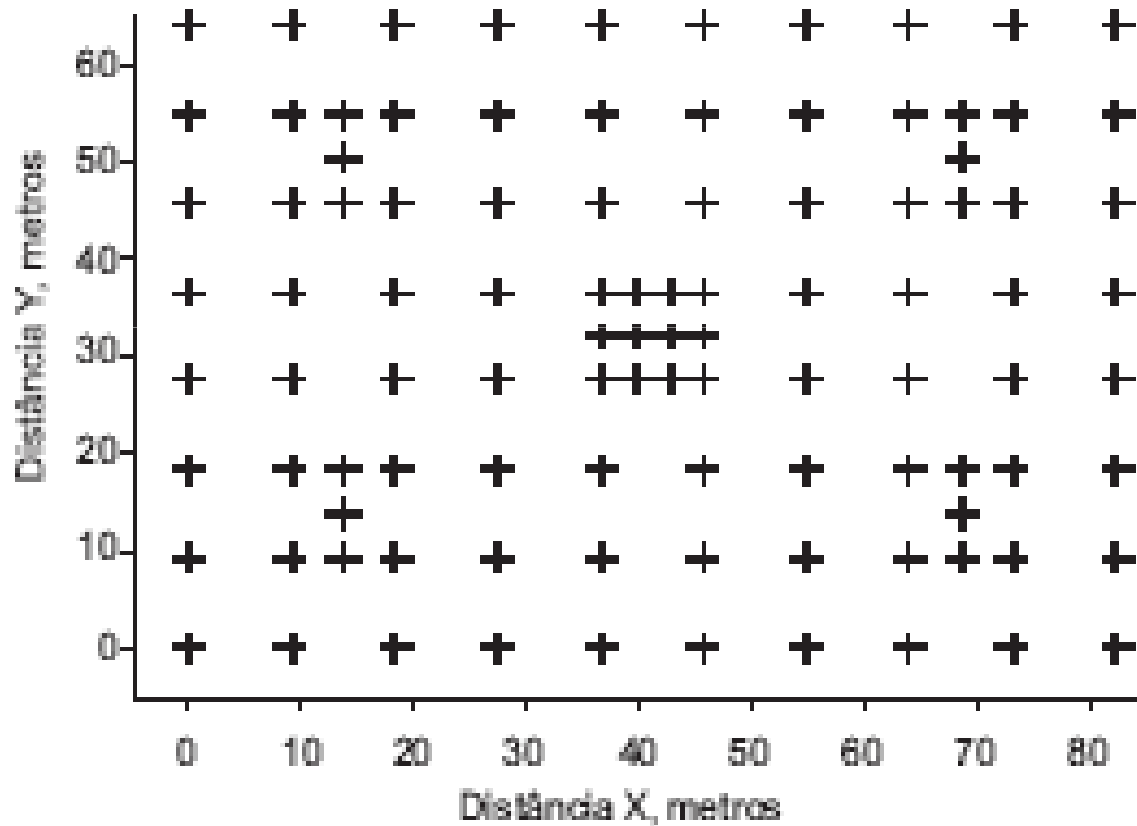


Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



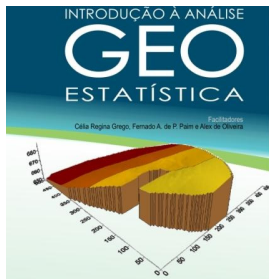


Regular ou quadrada com ilhas

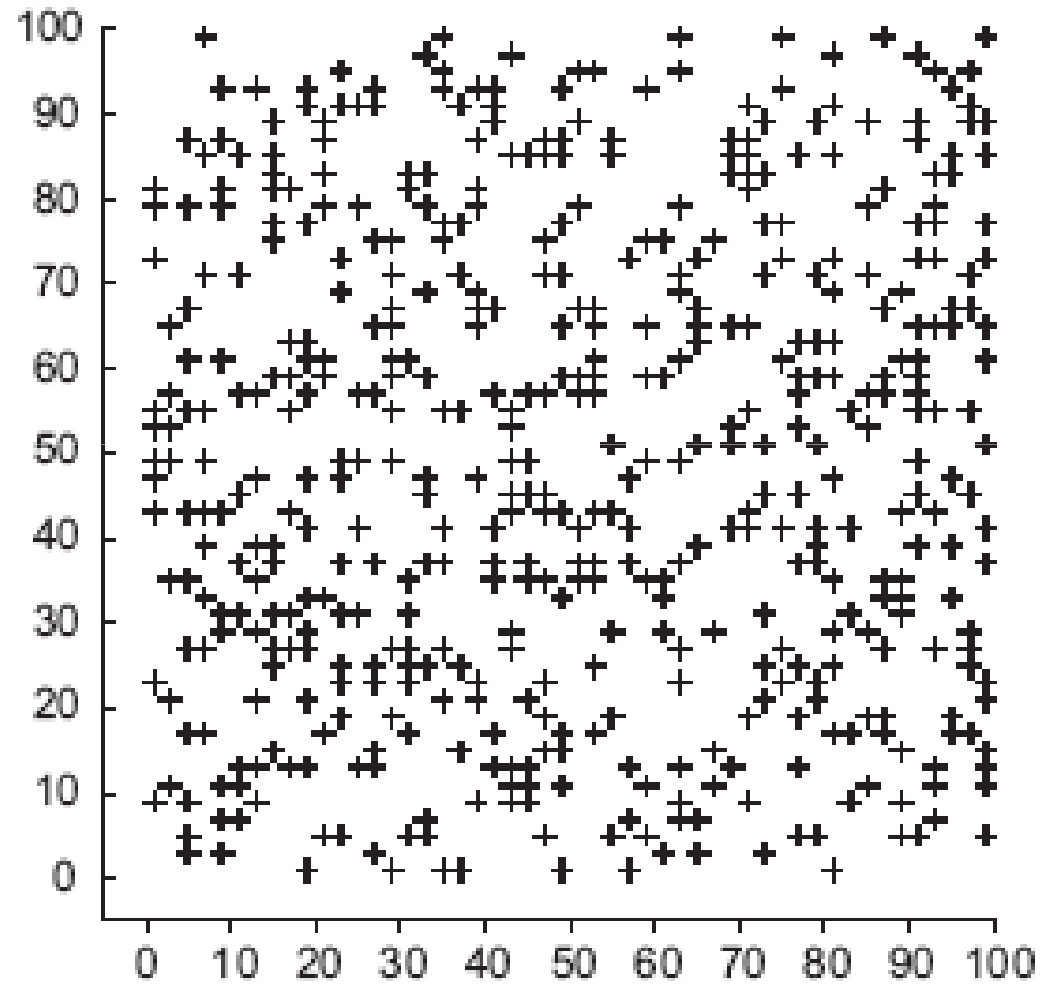


Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



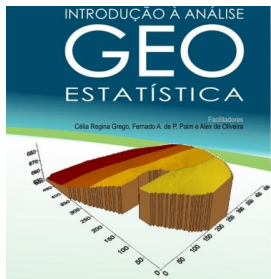


Ao acaso

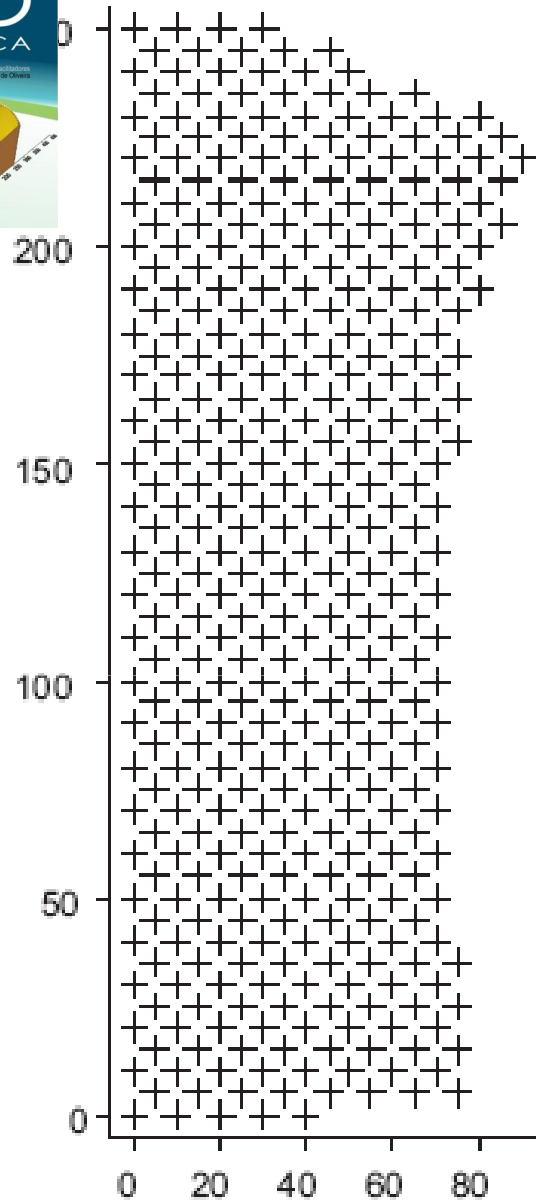


Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



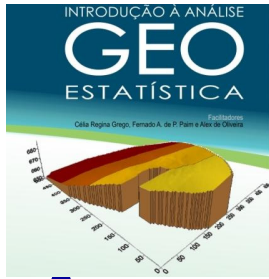


Trapezoidal



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





AMOSTRAGEM

Avanço atual: Sensores. Medidas cada vez mais precisas e em número adequado para identificar a variabilidade espacial

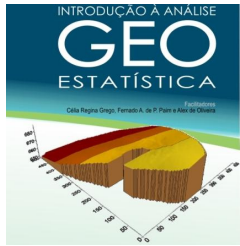
Sucesso no plano de amostragem: Conhecimento prévio sobre o ambiente que se quer caracterizar



Embrapa

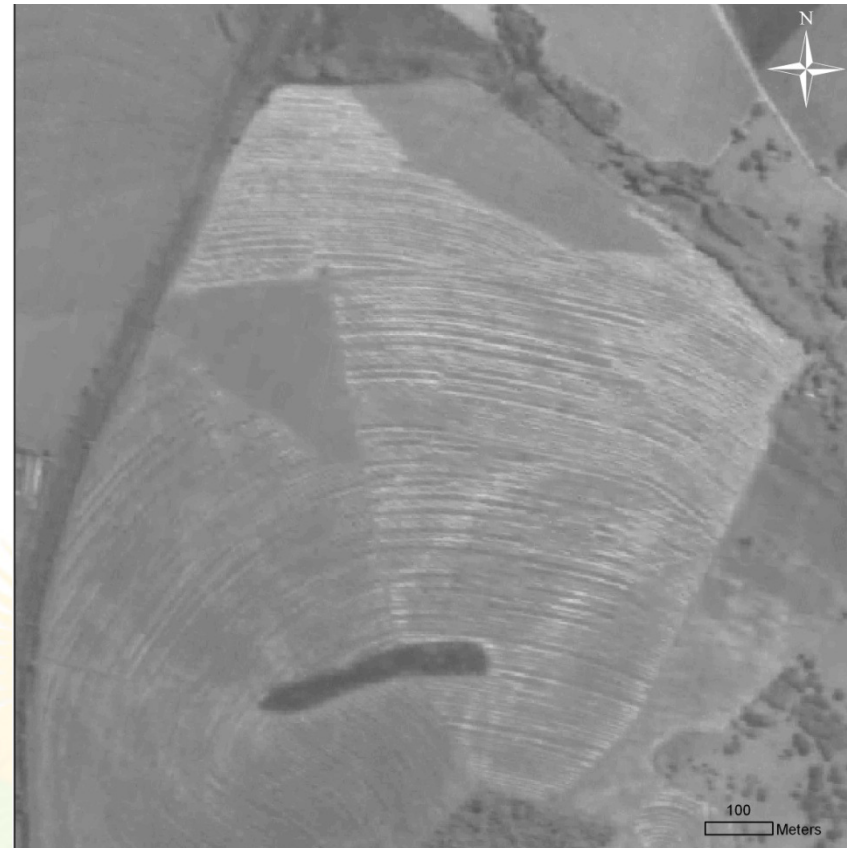
Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



AMOSTRAGEM DE DADOS TRABALHADOS NO MINI CURSO

Fazenda Aparecida, Mogi Mirim, SP

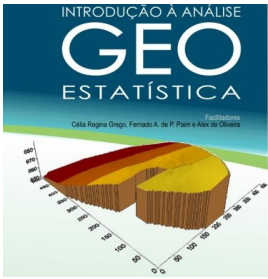


CBERS 2B



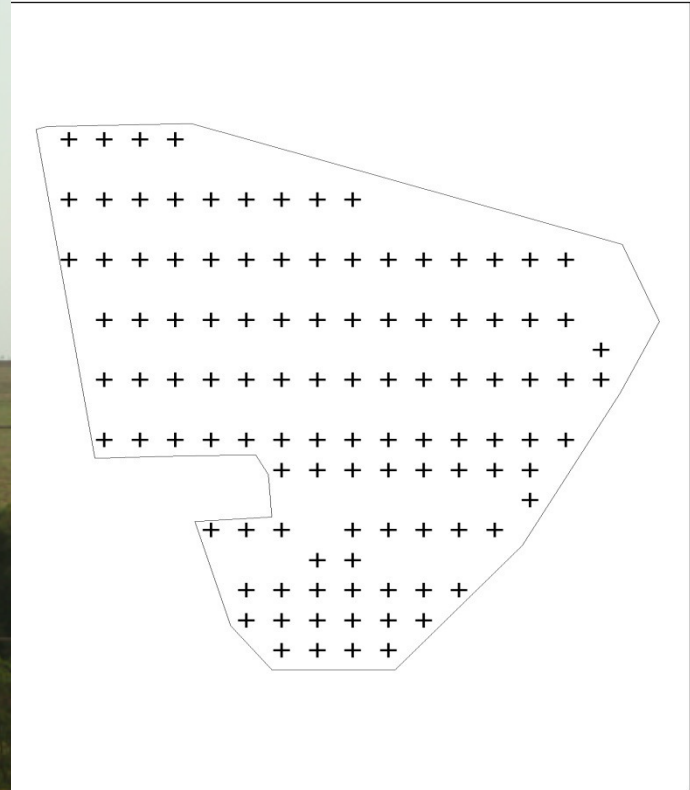
Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





ÁREA DE AMOSTRAGEM

17 ha – 108 PONTOS



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





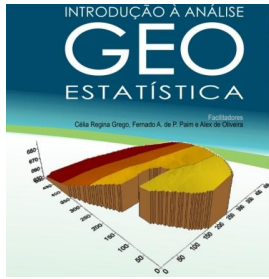
PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR (setembro 2010)



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



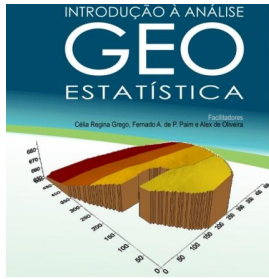
MAPA DE CLASSES DOS DADOS

ArcGIS

Shape contorno da área amostrada

Shape dos dados de produtividade da cana





3 - Estatística descritiva

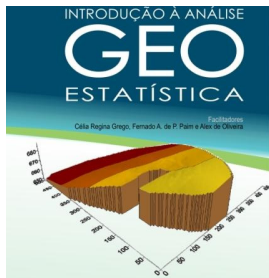
Objetivo: Análise exploratória dos dados

- Verificar dados discrepantes
- Normalidade de distribuição de freqüência
- Variação nos dados

PROGRAMA STAT

Arquivo de dados .txt; Programa stat.par; stat. exe





Programas Fortran

Estrutura do arquivo de dados

Nome no arquivo deve conter exatamente 8 caracteres e formato .txt.
Dados com casas decimais separadas por ponto. Máximo de 16 colunas e 5000 linhas

N, NC

NOME1...

X1 Y1 Z1

X2 Y2 Z2

.....

N = Número de linhas

NC = Número de colunas

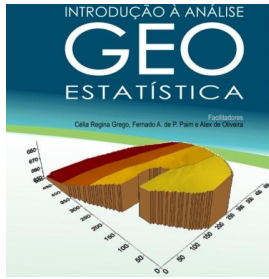
NOME1= Identificador do nome de cada variável deve conter exatamente 5 caracteres.

X1 Y1 Coordenada X e Y



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





CÁLCULO DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Programa STAT

- Arquivo de parâmetros: STAT.PAR

PRODUCAO.txt

1,1,-1.0

2

LINHA1: PRODUCAO.TXT: Nome do arquivo de dados, com 8 caracteres+extensão;

LINHA2: Três números separados por vírgula. 1= Número de colunas; 1 = Opção para cálculo da matriz de correlação (1 = SIM, 2 = NÃO). -1.0 = identificador de dados perdidos;

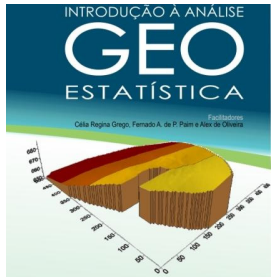
LINHA3: Opção para tirar logs para cada variável (1 = SIM, 2 = NÃO).

SAIDA: producao.sta



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





4 - SEMIVARIÂNCIA

E pode ser estimada através de

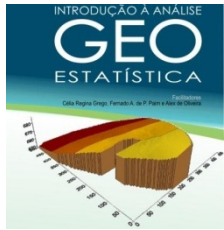
$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2 N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

onde $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h .

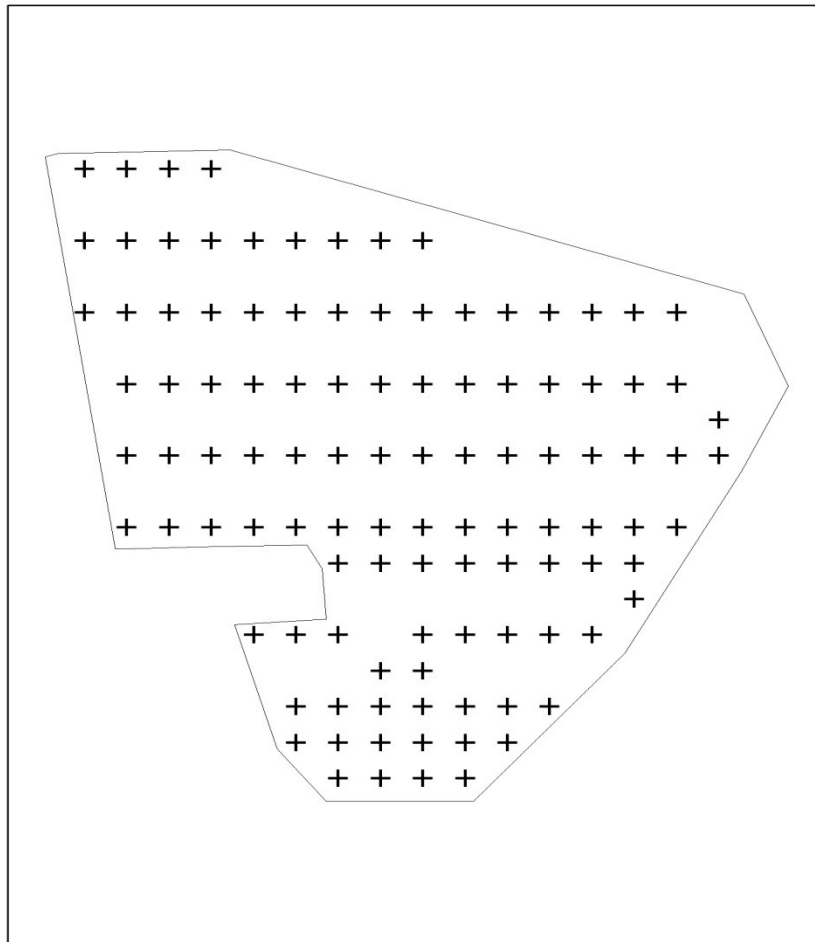


Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





SEMIVARIÂNCIA

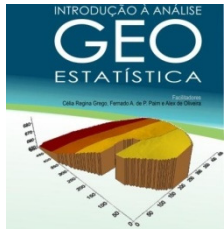


PAIRS	DISTANCE	PRODU
167	33.50	458.5
350	63.84	557.9
136	84.85	707.3
187	92.29	507.2
170	108.2	664.4
494	127.5	813.4
438	154.5	740.6
169	172.4	765.6
445	187.1	776.3
93	201.2	667.5
420	214.9	805.4
164	231.7	677.7
349	244.9	650.9
209	261.6	707.7



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





CALCULO DA SEMIVARIÂNCIA

Arquivo de parâmetros AVARIO.PAR

PRODUCAO.txt

300,15,1,2,2,-1.0

2

LINHA 1: Nome do arquivo de dados producao.txt

LINHA 2: 6 números separados por virgula. 300= distancia máxima para o calculo; 15= numero de passos para o calculo; 1=número de colunas do arquivo de dados; 2 = opção por escalonar o semivariograma (1 = sim e 2=não); opção por mostrar erro (1 = sim e 2=não); - 1.0 = identificador de dados perdidos

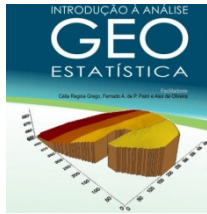
LINHA 3: Opção por existência de dados perdidos (1 = sim e 2=não)

Saída: Nome do arquivo de dados. sem= produção.sem



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



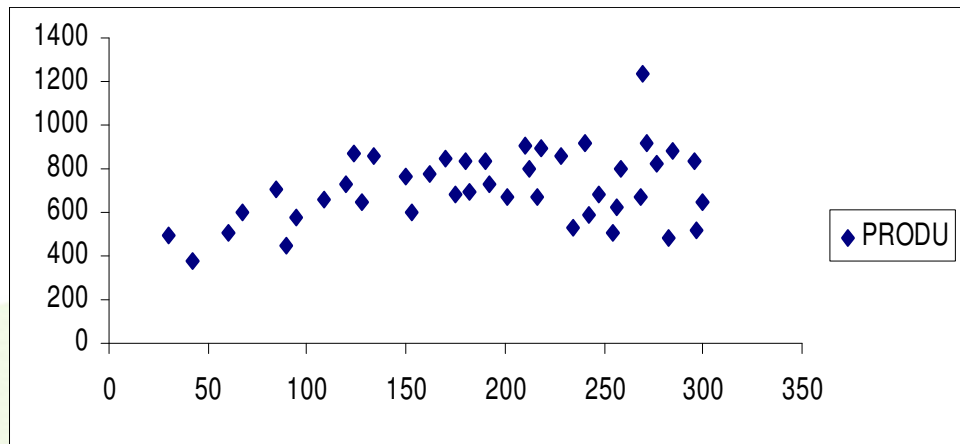


SEMIVARIOGRAMA

Representado por uma função matemática estimada pela semivariância em função da distância.

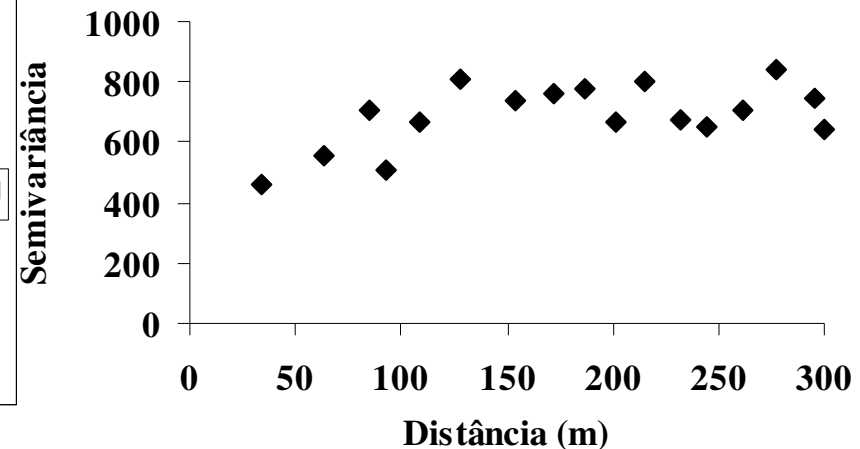
EXCEL: GRÁFICO SEMIVARIÂNCIA X DISTANCIA

PASSO 1



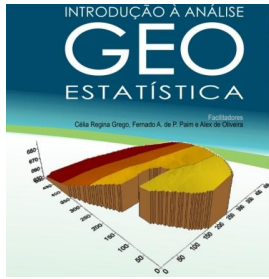
PASSO 15

PRODU

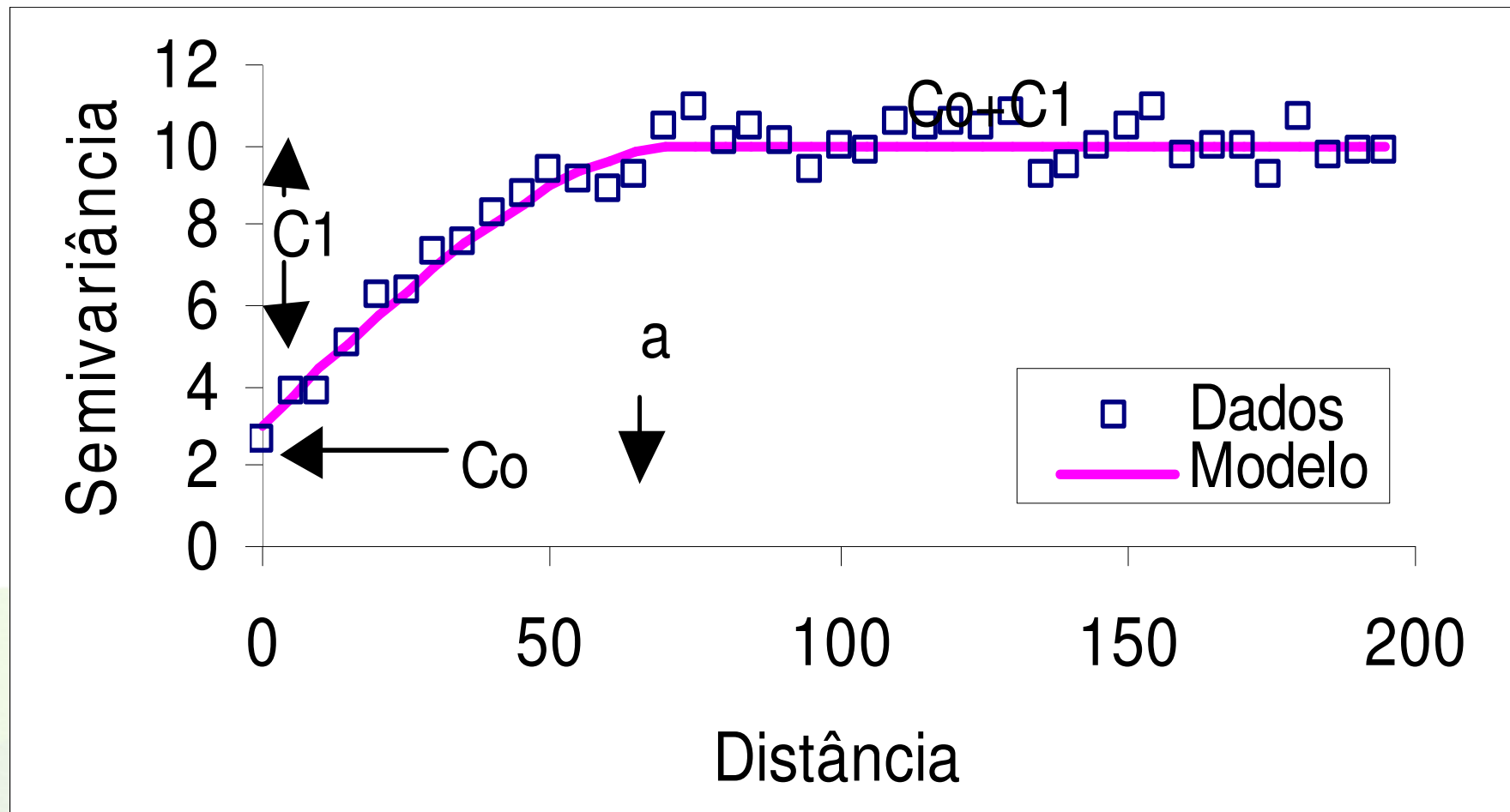


Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



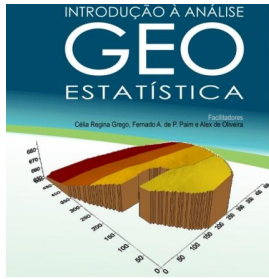


CARACTERÍSTICAS DO SEMIVARIOGRAMA



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



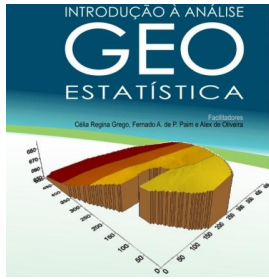


5- AJUSTE E VALIDAÇÃO DO SEMIVARIOGRAMA

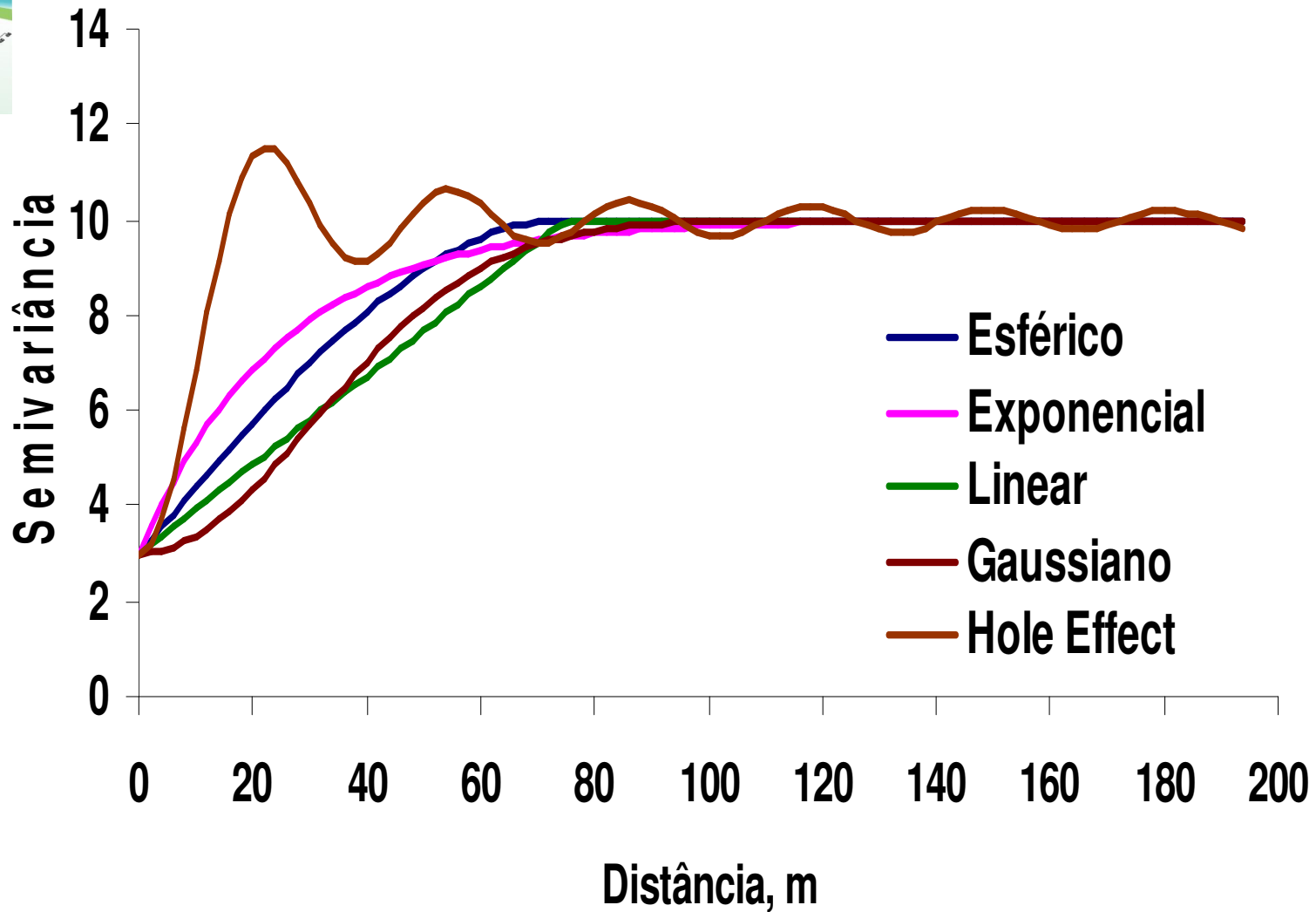
Ajuste de modelo ao semivariograma é o aspecto mais importante da aplicação da Geoestatística

O modelo tem que ter positividade definida condicional.



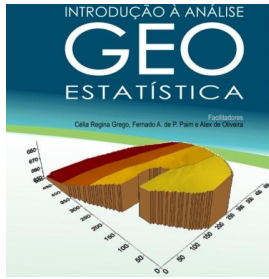


MODELOS DE AJUSTE



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





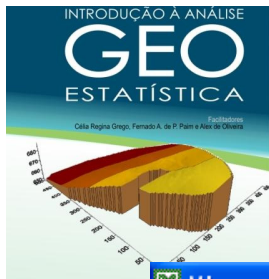
MODELO ESFÉRICO

95% NOS CASOS DE DADOS AMBIENTAIS

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{3}{2}(h/a) - \frac{1}{2}(h/a)^3 \right] \quad 0 < h < a$$

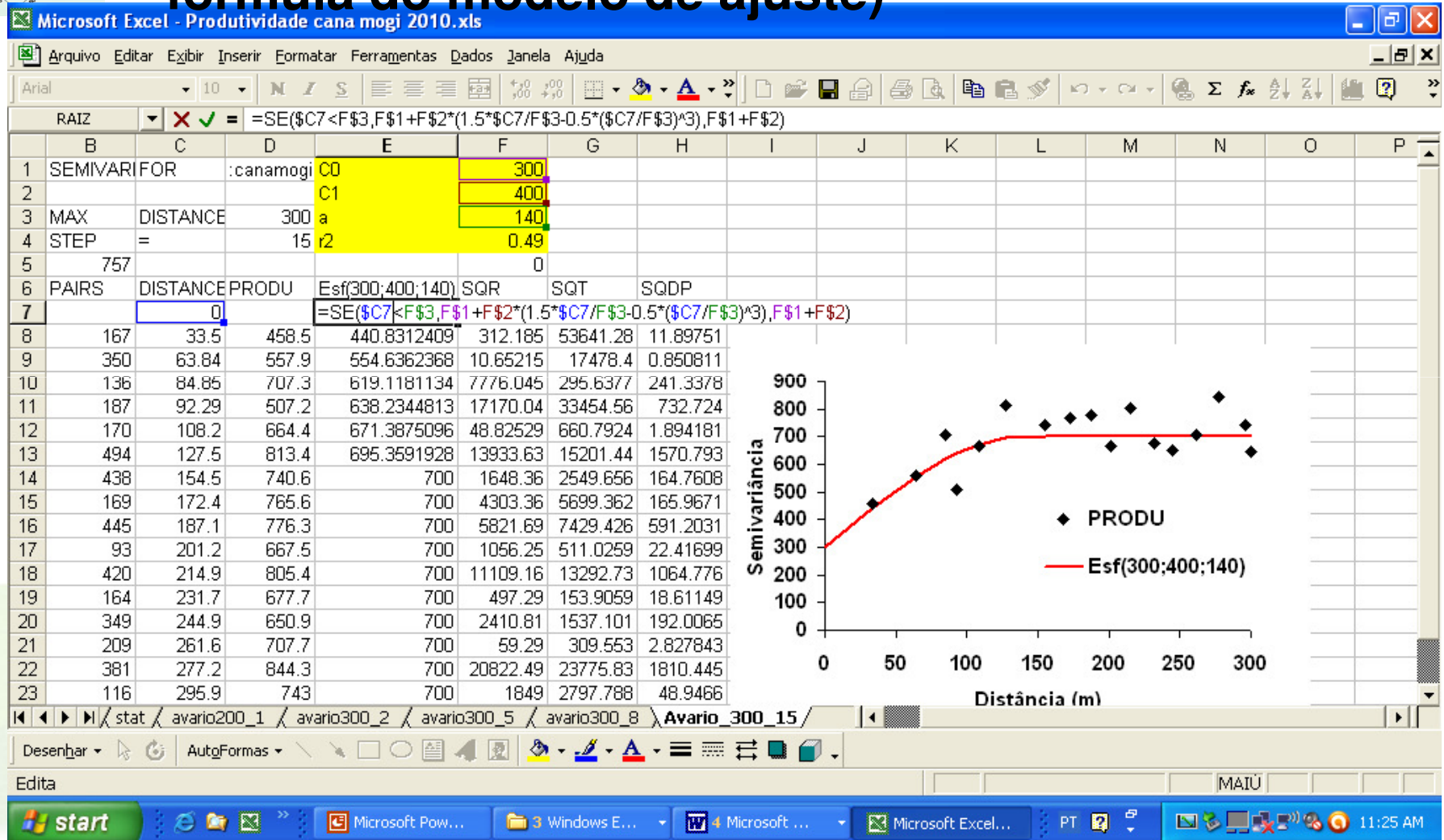
$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \quad h \geq a$$





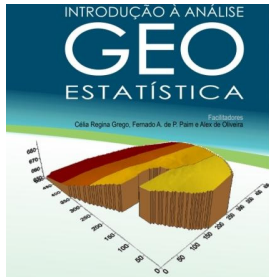
AJUSTE NO EXCEL:

- Utiliza o resultado do AVARIO (producao.sem) e fórmula do modelo de ajuste)



Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento





VALIDAÇÃO DO AJUSTE DO SEMIVARIOGRAMA

Tentativa e erro

+

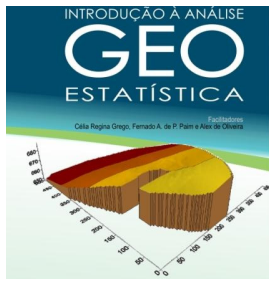
“Jack-knifing” - ferramenta poderosa de validação



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

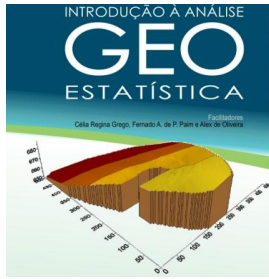


JACK KNIFING

Ferramenta de validação

Verifica se as hipóteses estão corretas, se o modelo ajustado está adequado, e qual a vizinhança ideal para a estimativa.

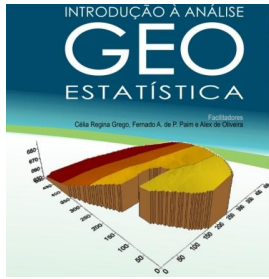




JACK KNIFING

Elimina cada um dos valores medidos sucessivamente estimando-o usando o semivariograma ajustado e a vizinhança (número de vizinhos) escolhida.

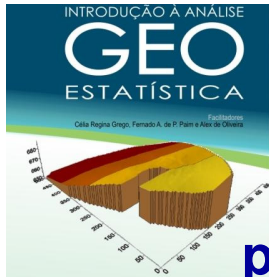




JACK KNIFING

Resulta no conjunto de N valores medidos, $Z(x_i)$, N valores estimados, $Z^*(x_i)$, e N variâncias da estimativa, $\sigma^2(x_i)$.





CALCULO DO JACK KNIFING

Arquivo de parâmetros JACK.PAR

producao.txt

1,7,2,2,-1.0

10.0,1.0

4,8,12,16,20,32,40

300.0,400.0,140.0,1

LINHA 1: Nome do arquivo de dados . txt

LINHA 2: 5 números separados por virgula. 1 = número da coluna para o calculo; 7= números de vizinhos; 2 = opção por mostrar erros do processamento (1-sim, 2-não); 2= opção por dados perdidos (1 = sim, 2=não), -1.0 = identificador de dados perdidos

LINHA 3: 2 números separados por virgula. 10= distancia inicial a procura de vizinhos; 1.0 distancia de incremento a procura de vizinhos

LINHA 4: 7 números separados por virgula. 4,8,12,16,20,32,40 = tamanho de vizinhos

LINHA 5: 4 números separados por virgula. 300.0 = C_0 ; 400.0= C_1 ; 140= a ; 1 modelo do semivariograma (1= esférico, 2=esponencial, 3= gaussiano)

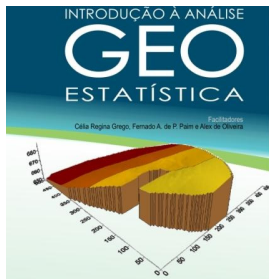
Saída: Arquivo com o nome da coluna- jko



Ministério da
Agricultura,
Pecuária
e Abastecimento

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



JACK KNIFING

PRODC2.JKO - WordPad

File Edit View Insert Format Help

JACKKNIFFING RESULTS FOR producao.txt

VARIABLE	REGRESSION			REDUCED		
NEIG	INTERCEPT	SLOPE	CORR_COEF.	MEAN	VARIANCE	IJK
4	85.41	.2604	.4064	-.3648E-01	1.156	-1.214
8	89.54	.2281	.4022	-.2055E-01	1.177	-1.213
12	90.86	.2180	.3955	-.1393E-01	1.187	-1.214
16	91.11	.2160	.3928	-.1330E-01	1.192	-1.212
20	90.30	.2226	.4017	-.1480E-01	1.181	-1.209
32	88.90	.2351	.4236	-.1256E-01	1.158	-1.196
40	89.32	.2316	.4229	-.1246E-01	1.160	-1.198

PARÂMETROS – VALORES IDEAIS

Coef.linear - 0

Coef. angular - 1

Coef. Correlação - 1

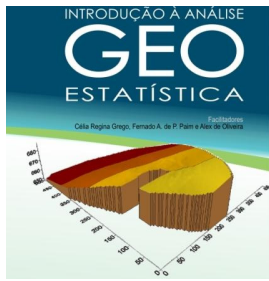
Media erro reduzido - 0 e variância -1

IJK (coefs. linear, angular, correlação, média e variância)- valor ideal 0



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



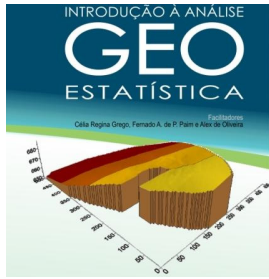


6 - KRIGAGEM

Condição requerida: Dependência espacial

Krigagem interpola sem tendência e com variância mínima





INTERPOLAÇÃO KRIGAGEM

Objetivo: estimar valores, z^* , para qualquer local, x_0 .

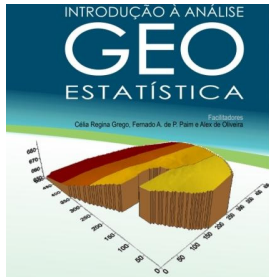
Estimativa: combinação linear de valores medidos envolvidos na estimativa e pesos associados.



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



Krigagem Ordinária

Não há necessidade de se conhecer o valor da média. $m(x_i) = \text{constante}$ mas desconhecida.

Estimativa = combinação linear de valores medidos:

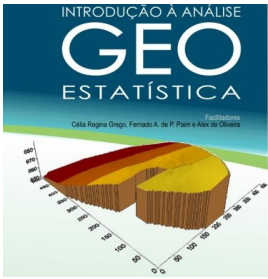
$$Z_{OK}^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

N= número de valores medidos, $Z(x_i)$, envolvidos na estimativa, e λ_i são os pesos associados.

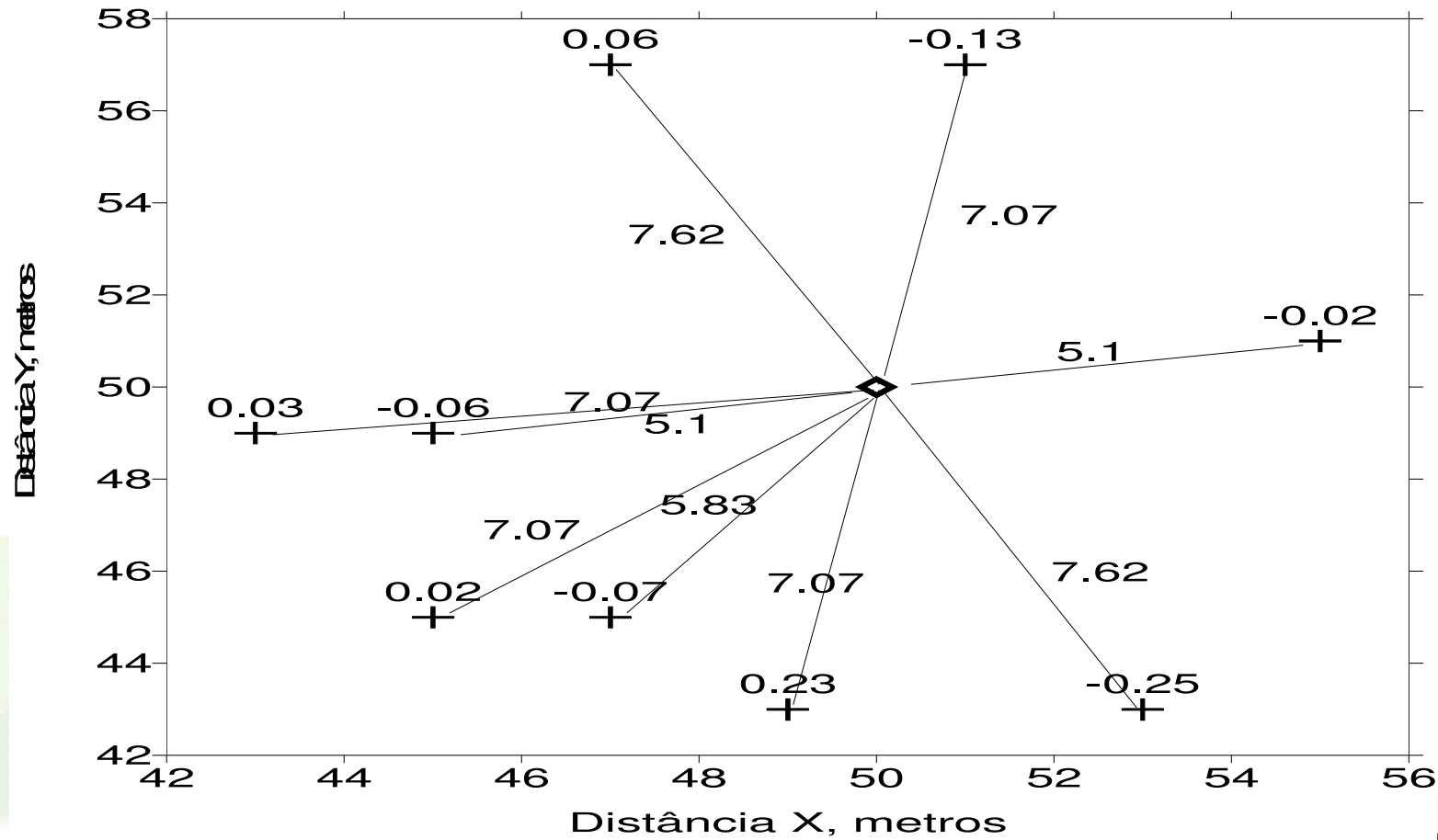


Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

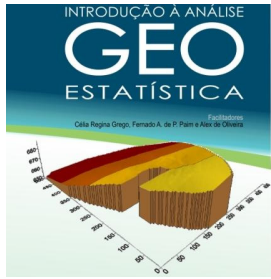




EXEMPLO DE VIZINHANÇA UTILIZADA NA KRIGAGEM



VIZINHOS



Calculo da interpolação por krigagem ordinária

Arquivo de dados:
produção.txt

Arquivo de coordenadas das
bordas da área: producao.bor

Saída: producao.grid

Arquivo de parâmetros:
grid.par

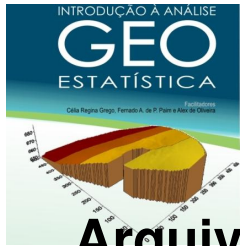
KRIGAGEM

Arquivo de parâmetros: krige.par



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





OBTENÇÃO DO ARQUIVO DE COORDENADAS UTILIZADAS PARA INTERPOLAÇÃO POR KRIGAGEM

Arquivo de bordas: .bor

299788.331606, 7504732.12694

299718.085492, 7504855.66321

....

299788.331606, 7504732.12694

Arquivo de parâmetro grid.par

0,110,1,0,220,1

producao.bor

producao.gri

LINHA 1: 6 números separados por vírgula. Mínimo, máximo e incremento de x e de y.

LINHA 2: Nome do arquivo de bordas. producao.bor

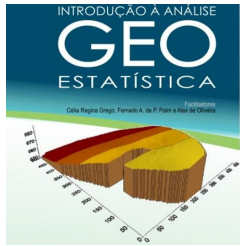
LINHA 3: Nome do arquivo de saída que contém as coordenadas x e y para serem utilizadas na krigagem

Saída: producao.gri



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





Calculo da interpolação por krigagem

Arquivo de parâmetro krige.par

producao.txt

producao.gri

1,2,1,2,-1.0

40.,10.,16

300.0, 400.0,140.0,1

LINHA 1: Nome do arquivo de dados: producao.txt

LINHA 2: Nome do arquivo grid: producao.grid

LINHA 3: 5 Números separados por virgula. 1= número da coluna para o calculo; 2= opção para mostrar erro de processamento (1=sim, 2=não); 1 = opção por remover tendência (1 = sim, 2=não); 2= opção por converter coordenadas (1= sim, 2=não); -1.0 = identificador de dados perdidos

LINHA 4 = 3 números separados por virgula. 40= distância inicial a procura de vizinhos; 10= distância de incremento a procura de vizinhos; 16 = número de vizinhos escolhidos no Jack knifing

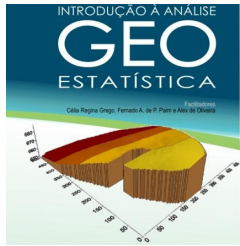
LINHA 5: 4 números separados por virgula. 300.0 = Co; 400.0=C1; 140=a; 1 modelo do semivariograma (1= esférico, 2=exponencial, 3= gaussiano)

Saída: Mesmo nome da coluna de dados . kri



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





ARQUIVO DE SAÍDA DA KRIGAGEM

PRODC.KRI - WordPad

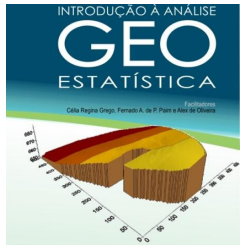
File Edit View Insert Format Help

X	Y	KRIGED	ESTIMATION VARIANCE
.00	298.00	112.9	604.1
.00	299.00	112.6	603.9
.00	300.00	113.9	603.4
.00	301.00	113.6	603.2
.00	302.00	113.2	602.9
.00	303.00	112.8	602.6
.00	304.00	112.4	602.2
.00	305.00	112.0	601.8
.00	306.00	111.6	601.4
.00	307.00	111.2	600.9
.00	308.00	110.8	600.3
.00	309.00	110.4	599.7
.00	310.00	110.0	599.1
.00	311.00	109.6	598.5
.00	312.00	109.2	597.8
.00	313.00	108.7	597.0
.00	314.00	108.3	596.3
.00	315.00	109.0	595.6
.00	316.00	108.6	594.8
.00	317.00	108.2	594.0



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento





7 – CONSTRUÇÃO DE MAPAS DE ISOLINHAS

Visualização dos dados interpolados na forma de mapa de isolinhas.

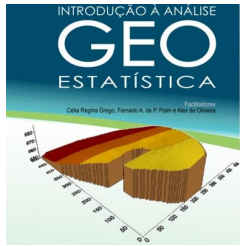
Passos:

- 1- Salvar arquivo.kri para arquivo.xls ou txt;**
- 2- Abrir o arquivo .xls ou .txt no ArcGIS;**
- 3 – Importar o sistema de projeção / referência espacial do shape de contorno da área utilizado anteriormente no mapa de classes;**



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

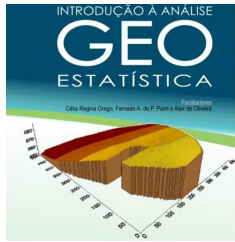




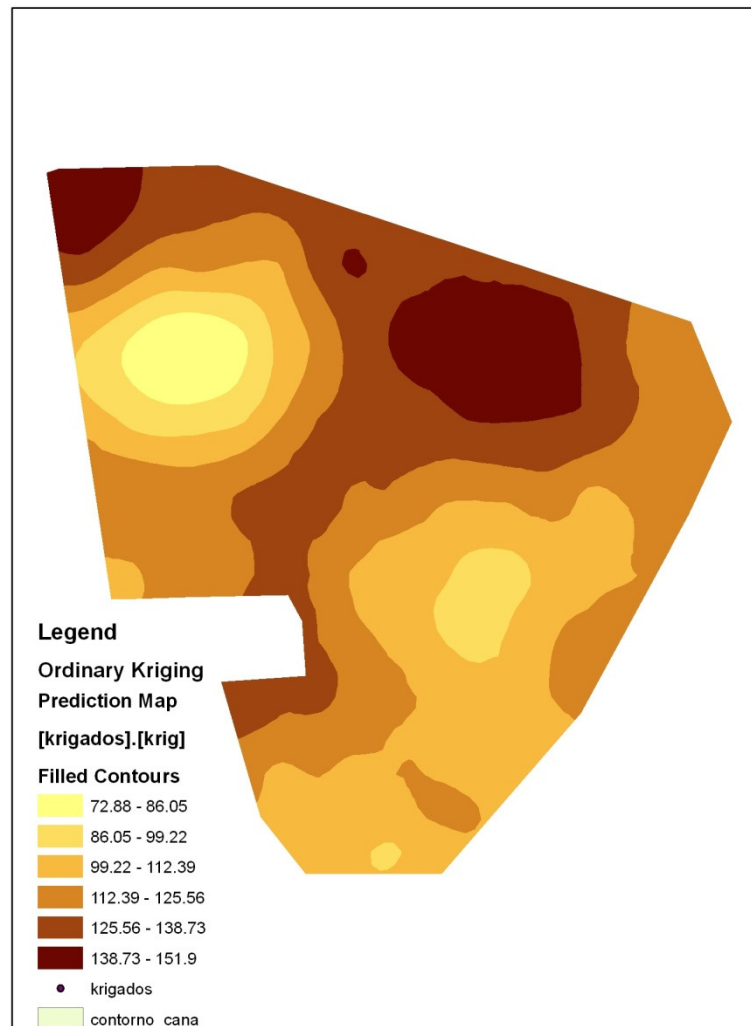
CONTINUAÇÃO DOS PASSOS PARA MAPA DE ISOLINHAS NO ArcGIS

- 4- Exportar os dados krigados como shape;
- 5 – Realizar a krigagem no ArcGIS dos dados já krigados anteriormente;
- 6 – Cortar as bordas da superfície mapeada de acordo com o contorno da área.





MAPA DE ISOLINHAS!!!!!!

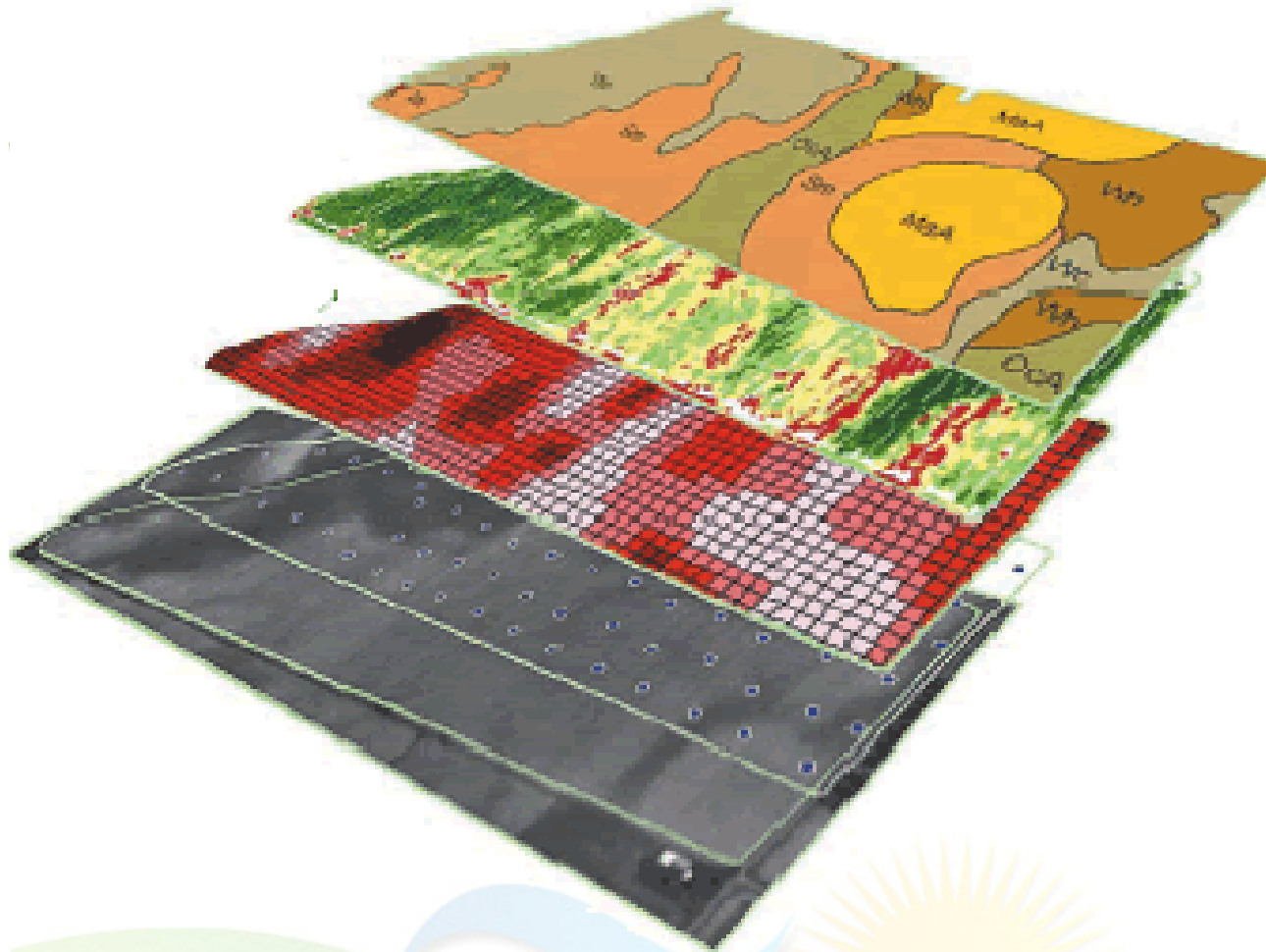


Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



**MUITO
OBRIGADO!!!**

**Célia
Fernando
e
Alex**



Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA