



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Laboratório 5

Geostatística Linear

Disciplina Introdução ao Geoprocessamento – SER 300

Prof. Antonio Miguel Vieira Monteiro

Aluno: Kelly Ribeiro

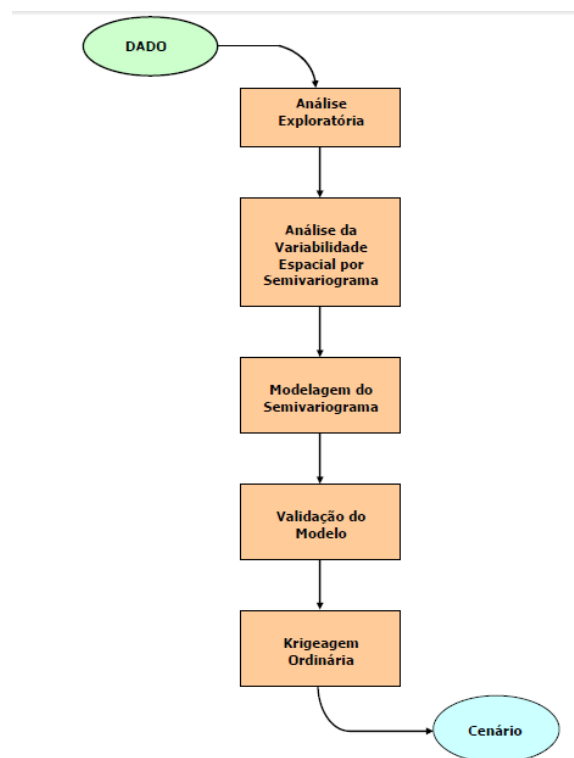
INPE, São José dos Campos

Maio, 2017

Introdução

Este laboratório tem como objetivo explorar através de procedimentos geoestatísticos a variabilidade espacial de propriedades naturais amostrados e distribuídos espacialmente. Nesse laboratório as técnicas geoestatísticas empregadas foram:

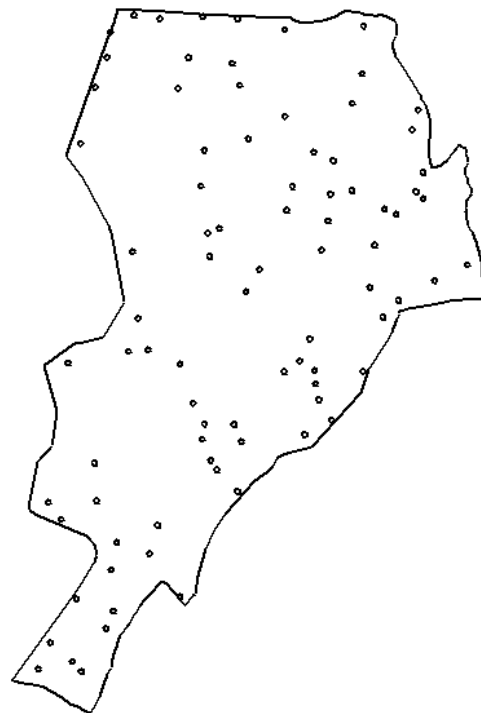
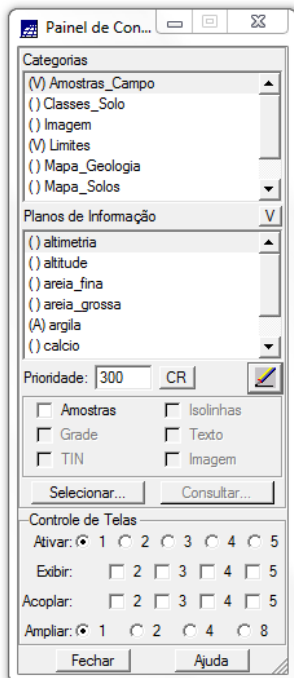
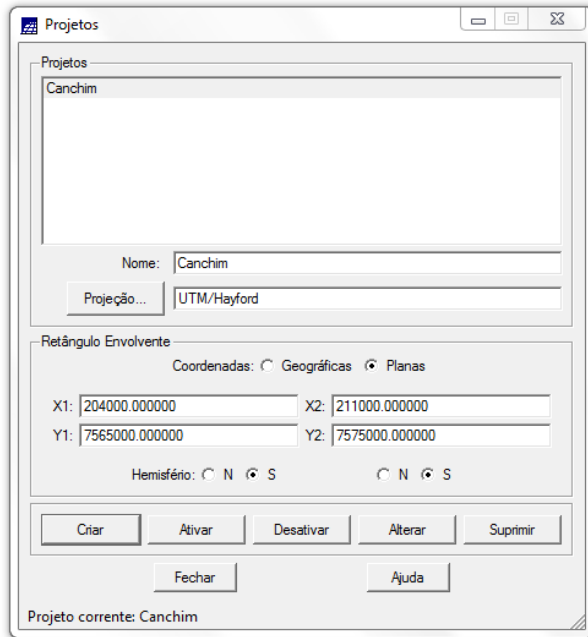
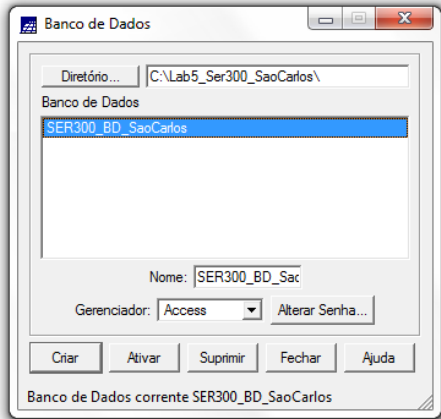
- (a) análise exploratória dos dados;
- (b) análise estrutural (cálculo e modelagem do semivariograma);
- (c) realização de inferências (Krigagem ou Simulação).



Os dados disponibilizados para a execução desse exercício são de propriedade do Centro Nacional de Pesquisas de Solos (CNPS - RJ) e foram obtidos no levantamento dos solos da Fazenda Canchim, em São Carlos - SP. Estes se referem a uma amostragem de 85 observações georreferenciadas coletadas no horizonte Bw (camada do solo com profundidade média de 1m). Dentre as variáveis disponíveis, selecionou-se para estudo o teor de argila. Será analisado nesse exercício o teor médio de argila ao longo perfil, classificado do seguinte modo (Calderano Filho et al., 1996):

- MUITO ARGILOSO: solos que apresentam 59% ou mais de argila;
- ARGILOSO: solos que apresentam de 35% a 59% de argila;
- MÉDIO: solos que apresentam de 15% a 35% de argila;
- ARENOSO: solos que apresentam menos de 15% de argila.

1. Ativar Banco de Dados SaoCarlos , Projeto Canchim e Visualizar PI's selecionados



2. Análise exploratória

As **estatísticas univariadas** fornecem um meio de organizar e sintetizar um conjunto de valores, que se realiza principalmente através do histograma. Características importantes do histograma são organizadas em três grupos:

- Medidas de localização: média, valor mínimo, quartil inferior, mediana, quartil superior e valor máximo;
- Medidas de dispersão: variância e desvio padrão;
- Medidas de forma: coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose e coeficiente de variação.

As **estatísticas bivariadas** fornecem meios de descrever o relacionamento entre duas variáveis, isto é, entre dois conjuntos de dados ou de duas distribuições. Esta relação pode ser visualizada através do diagrama de dispersão e o grau da relação linear entre as variáveis pode ser medido através do coeficiente de correlação.

Estatística Descritiva

The screenshot shows a GIS application window titled 'SPRING-4.3.3 (20/12/2007) -[SER300_BD_SaoCarlos][Canchim]'. The main window displays a map with a polygon and several data points. A 'Relatório de Dados' window is open, showing the following statistics for 'argila':

ESTATÍSTICAS: argila	
=> Número de Pontos	85
=> Número de Pontos Válidos	85
=> Média	33.03529412
=> Variância	288.03404844
=> Desvio Padrão	16.97165588
=> Coeficiente de Variação	0.51374042
=> Coeficiente de Assimetria	0.21352033
=> Coeficiente de Curtose	2.34402510
=> Valor Mínimo	4.00000000
=> Quartil Inferior	19.00000000
=> Mediana	33.00000000
=> Quartil Superior	43.00000000
=> Valor Máximo	73.00000000

The interface also includes a 'Painel de Con...' on the left with various map layers and a 'Análise Exploratória - Geostat...' window on the right with a dropdown menu set to 'Estatísticas Descritivas' and a text field containing 'argila'. The status bar at the bottom right indicates 'Pt: argila'.

Histogramas

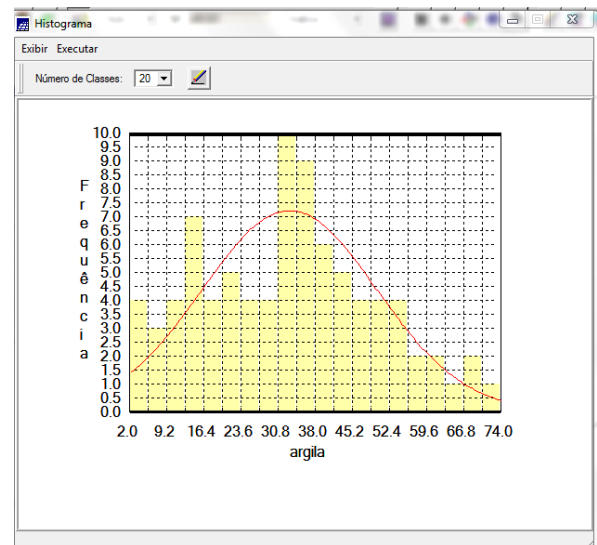
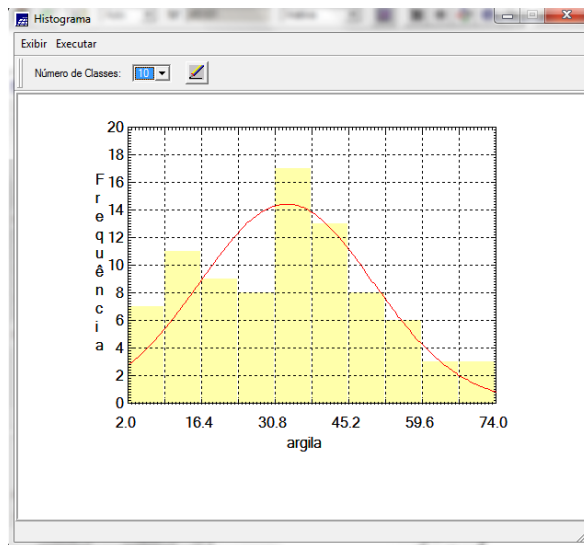
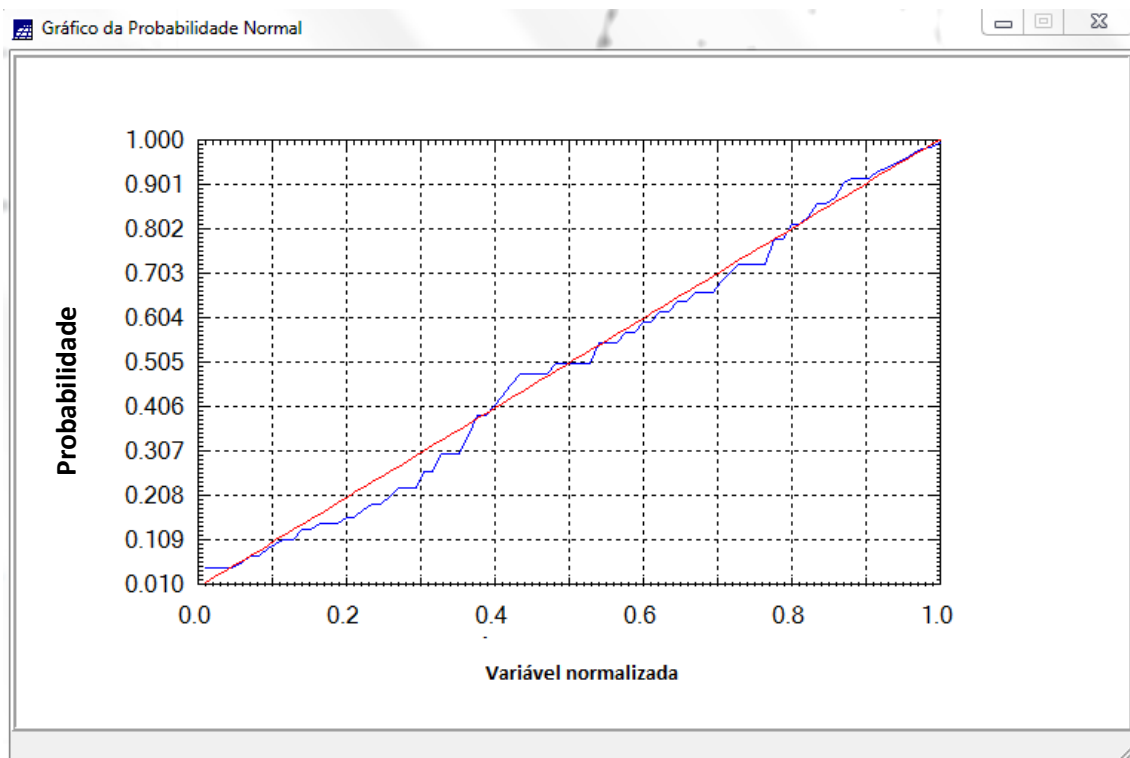


Gráfico da probabilidade normal



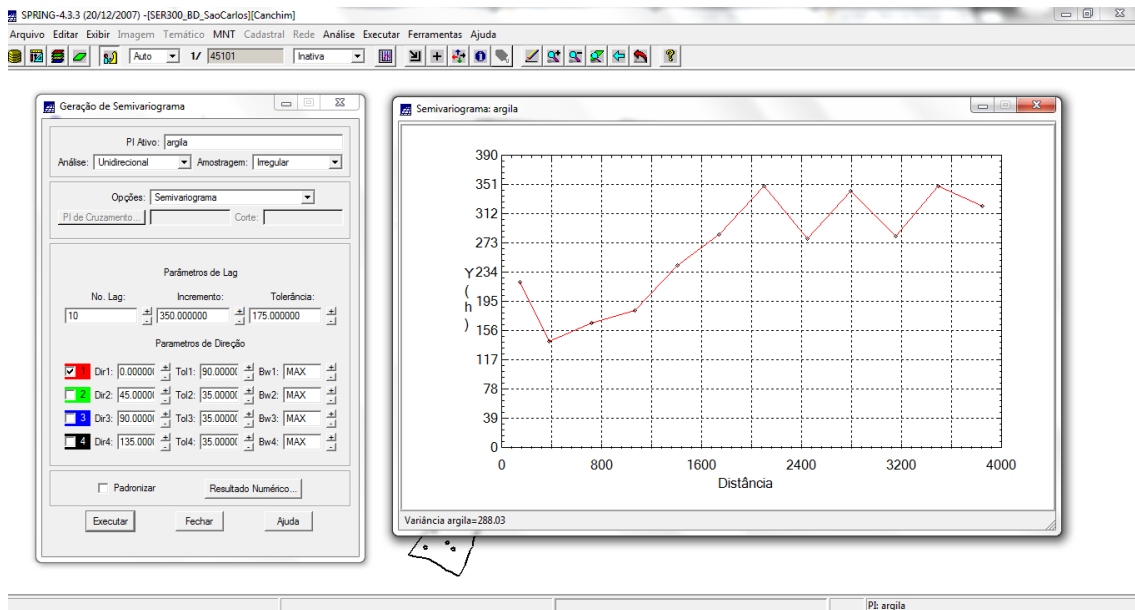
Legenda

— Argila

— Distribuição Gaussiana

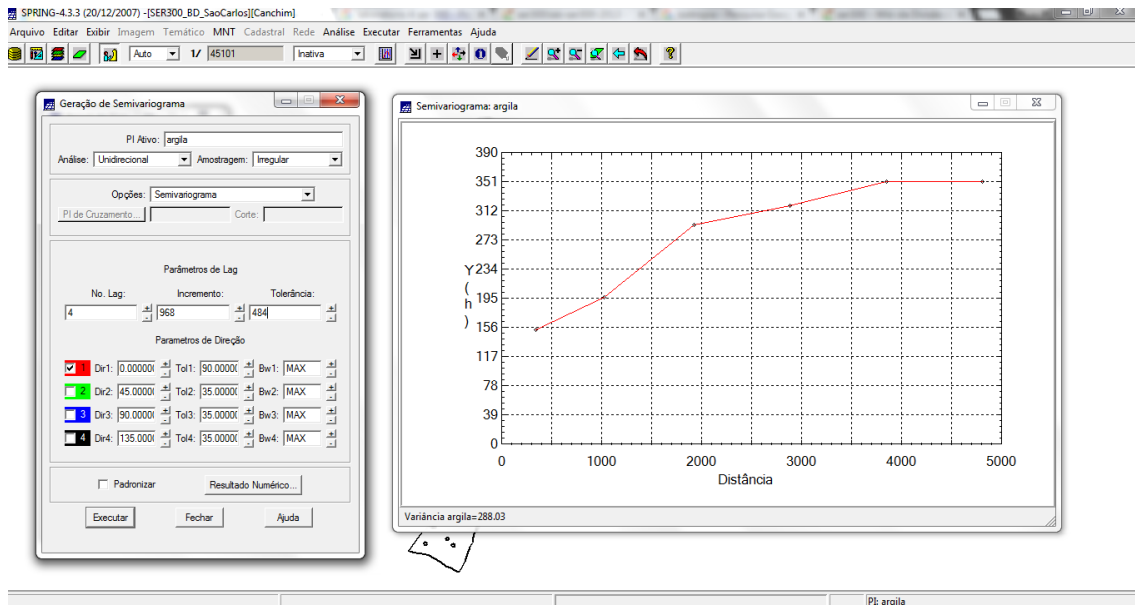
3. Caso Isotrópico

Análise de variabilidade espacial por semivariograma (mede o grau de dissimilaridade)

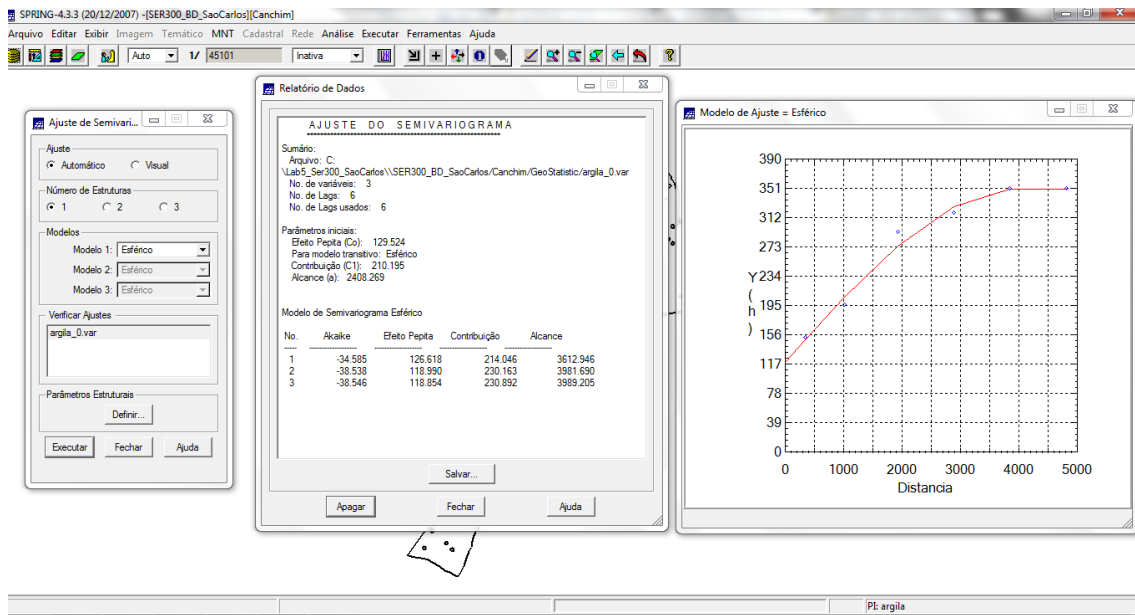


Como o semivariograma não apresentou um forma adequada de curva ideal, foi necessário o ajuste de alguns de Lag, da seguinte forma:

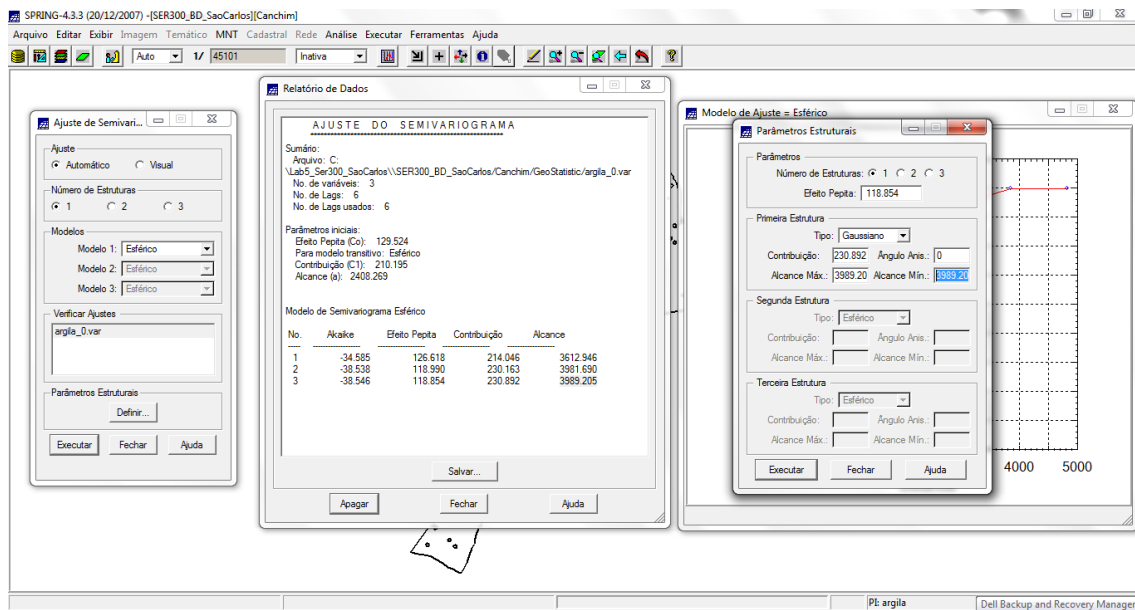
No. Lag = 4
Incremento = 968
Tolerância = 484



Modelagem do semivariograma experimental



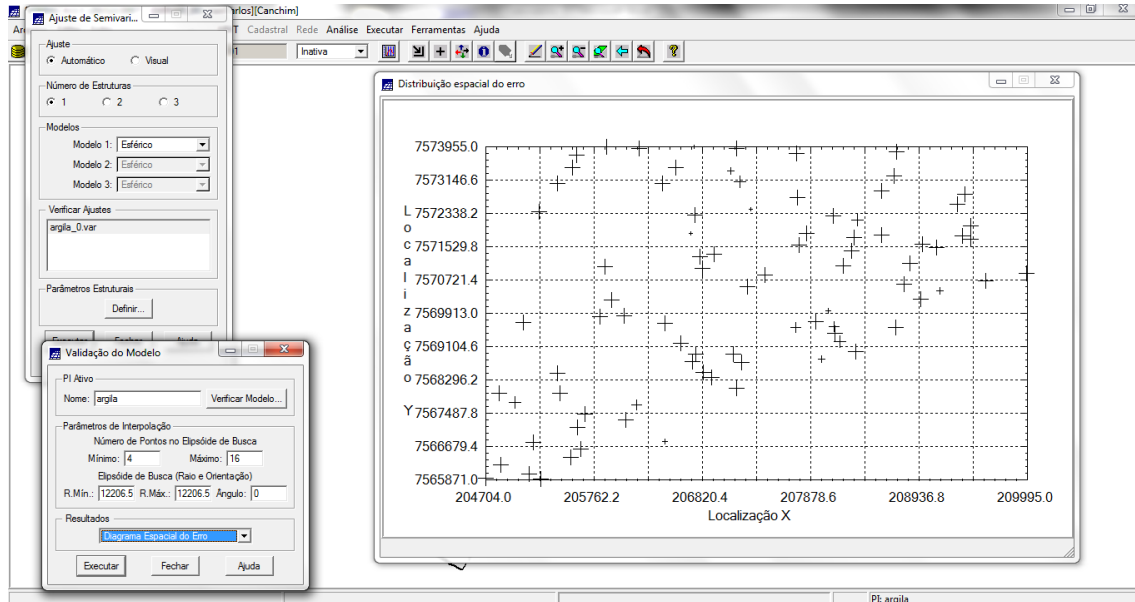
Definição dos parâmetros do modelo isotrópico



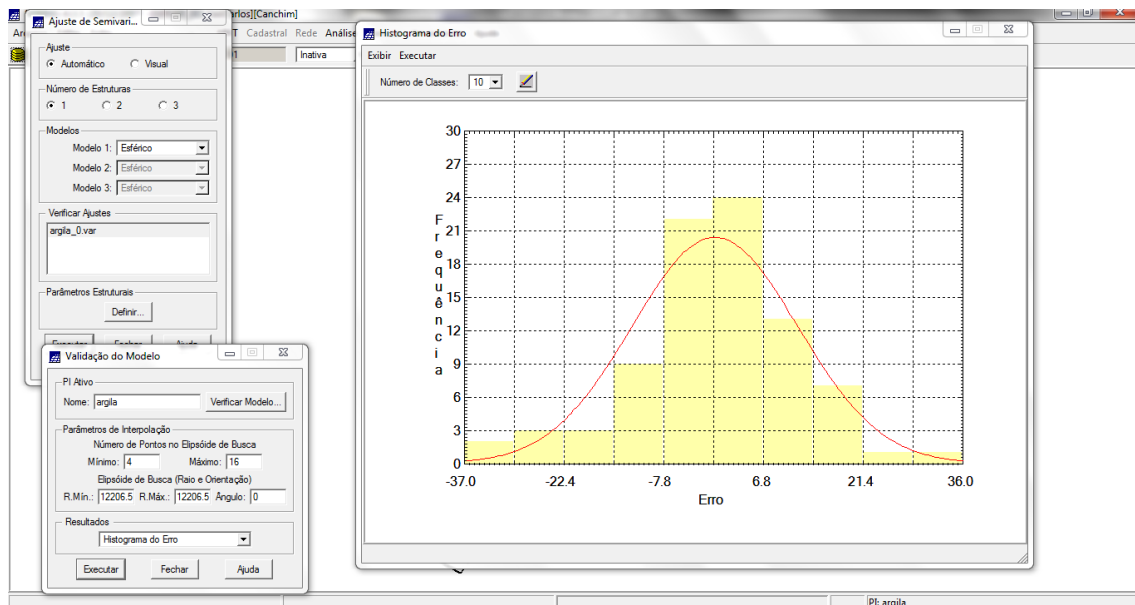
Validação do Modelo de ajuste

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 re-estimação dos valores amostrais conhecidos.

Diagrama Espacial do Erro



Histograma do Erro



Estadísticas do Erro

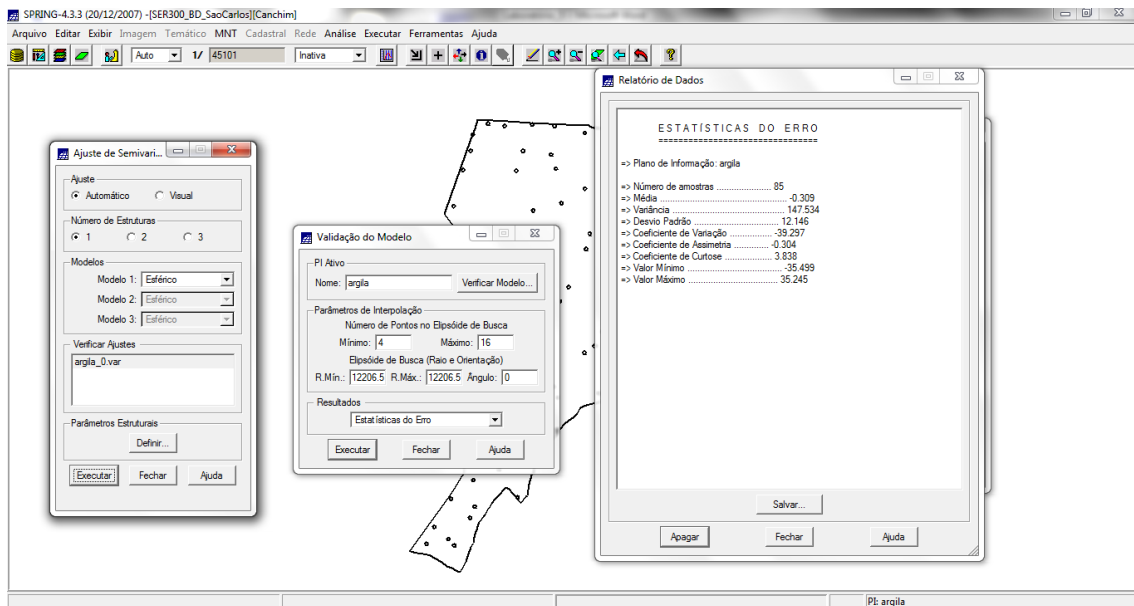
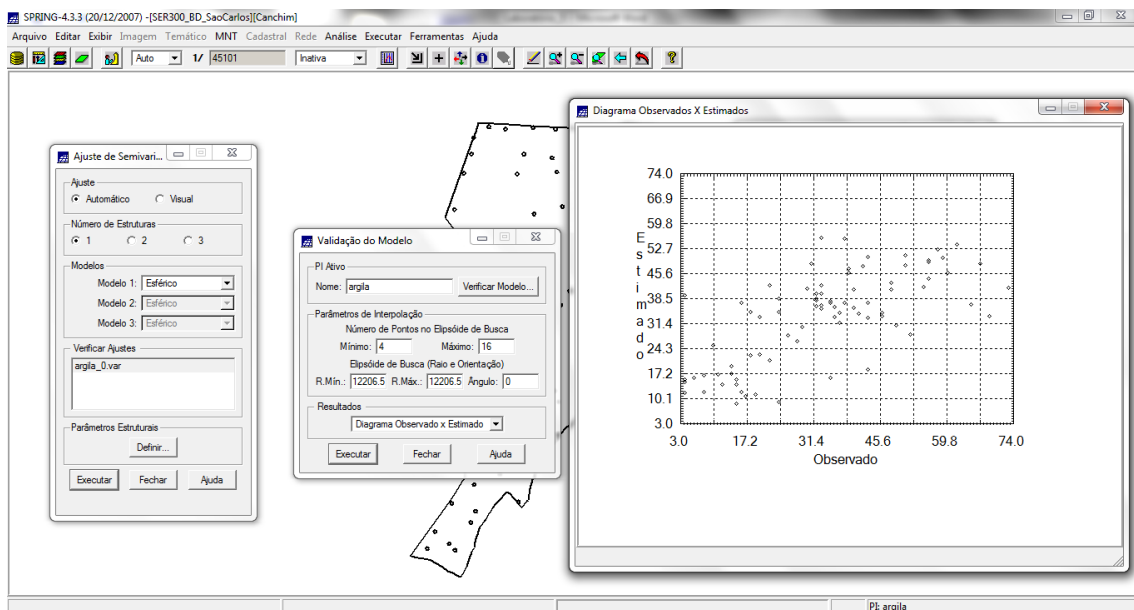
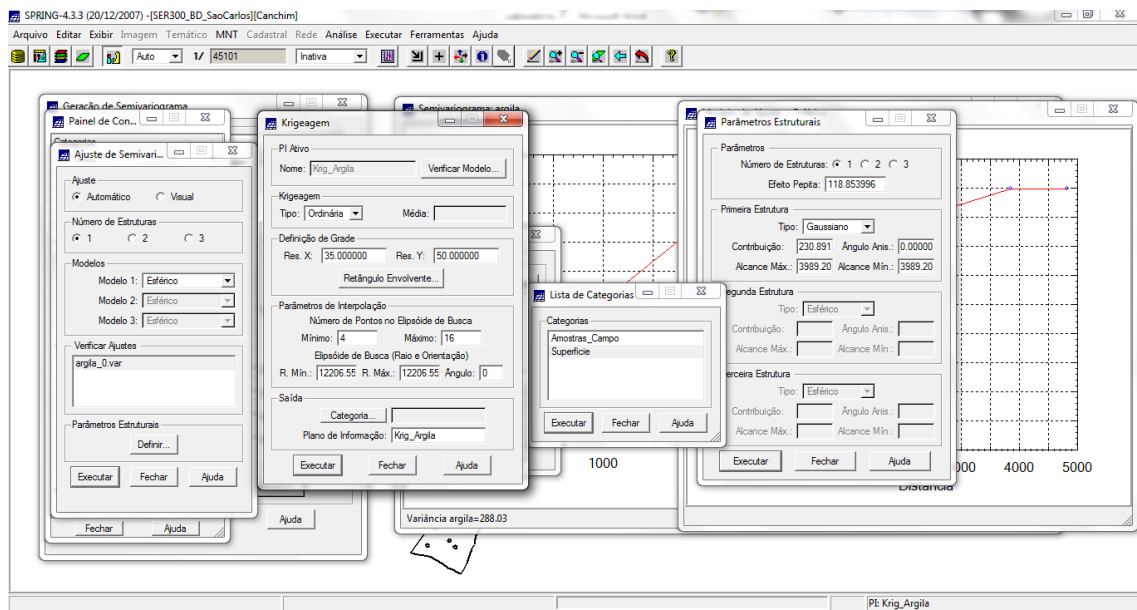
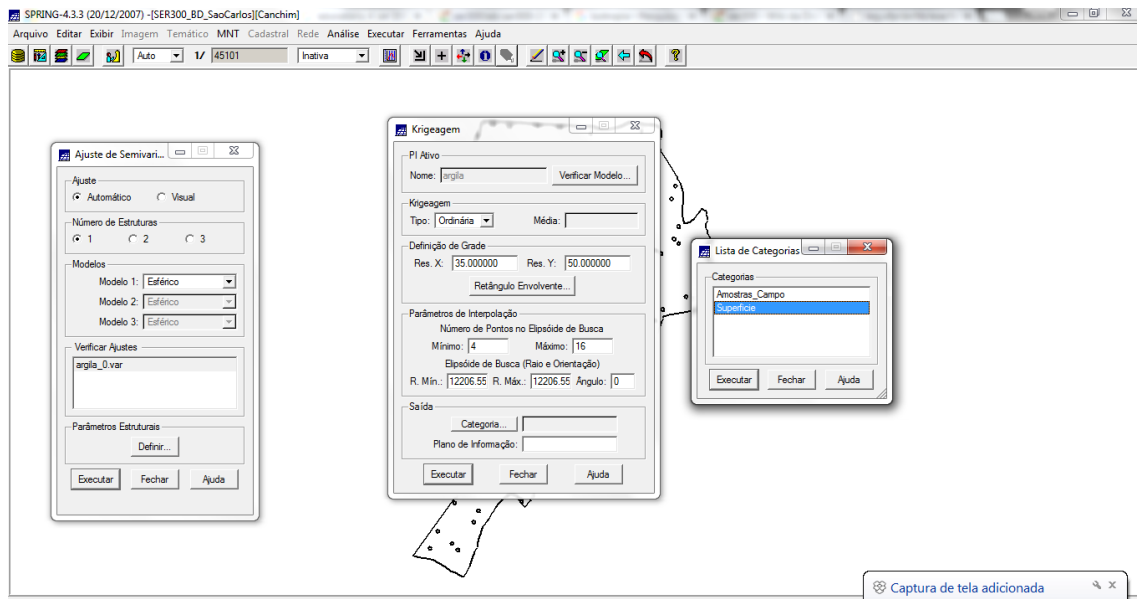


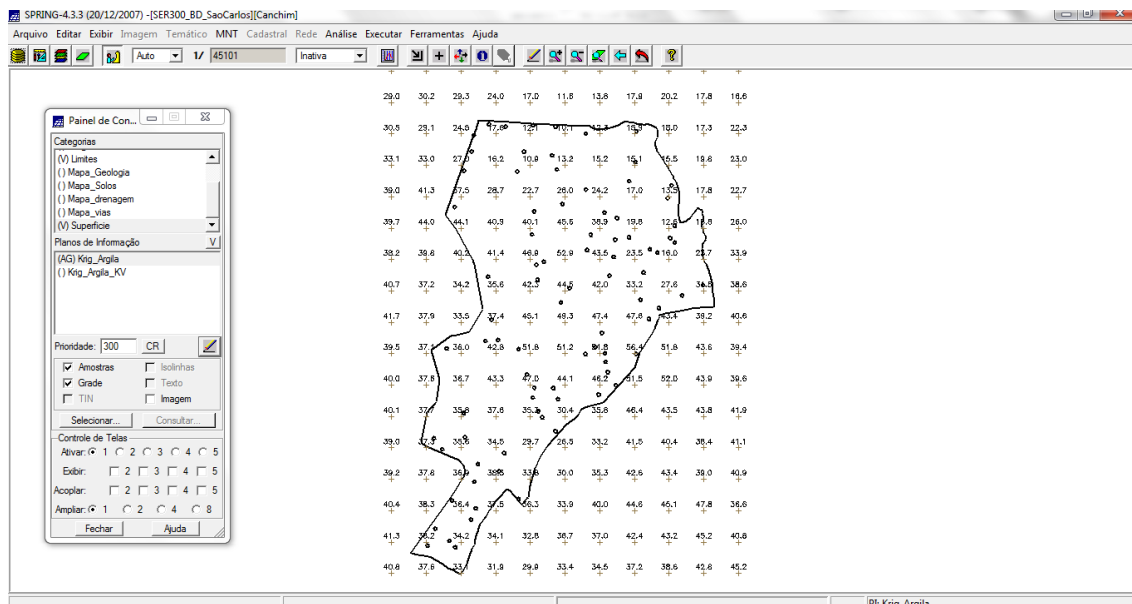
Diagrama de valores observados versus estimados



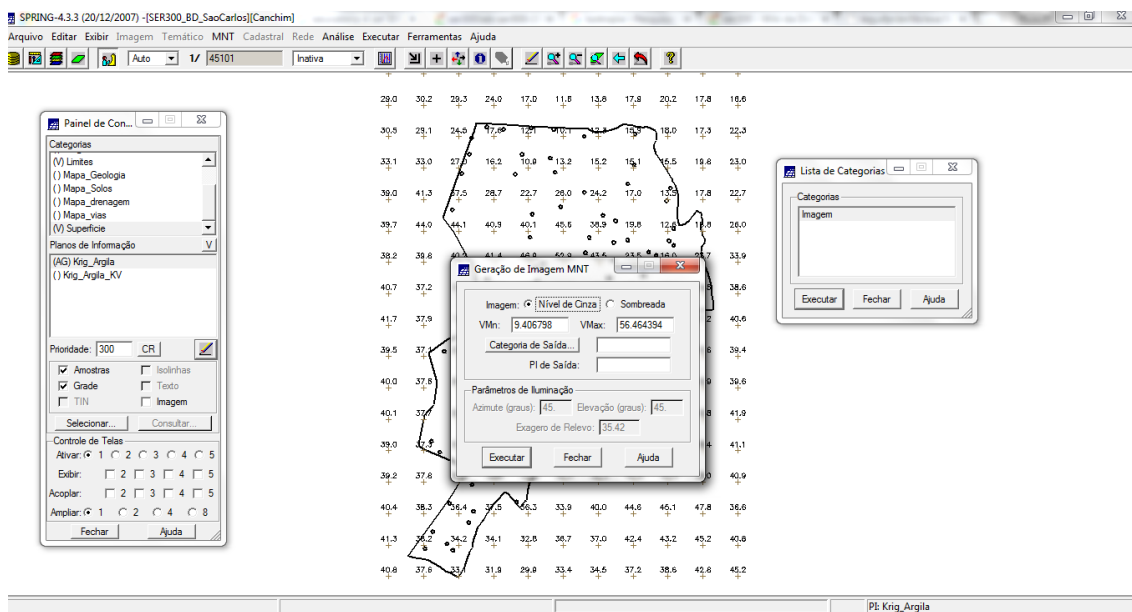
Interpolação de krigagem ordinária

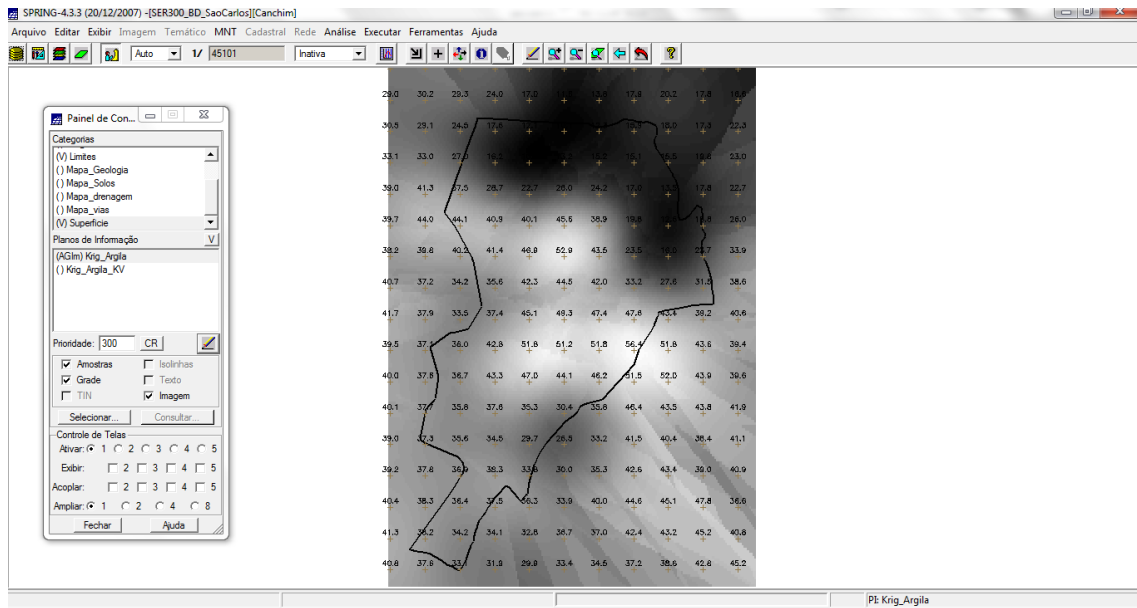


Grade de krigeagem gerada para a argila

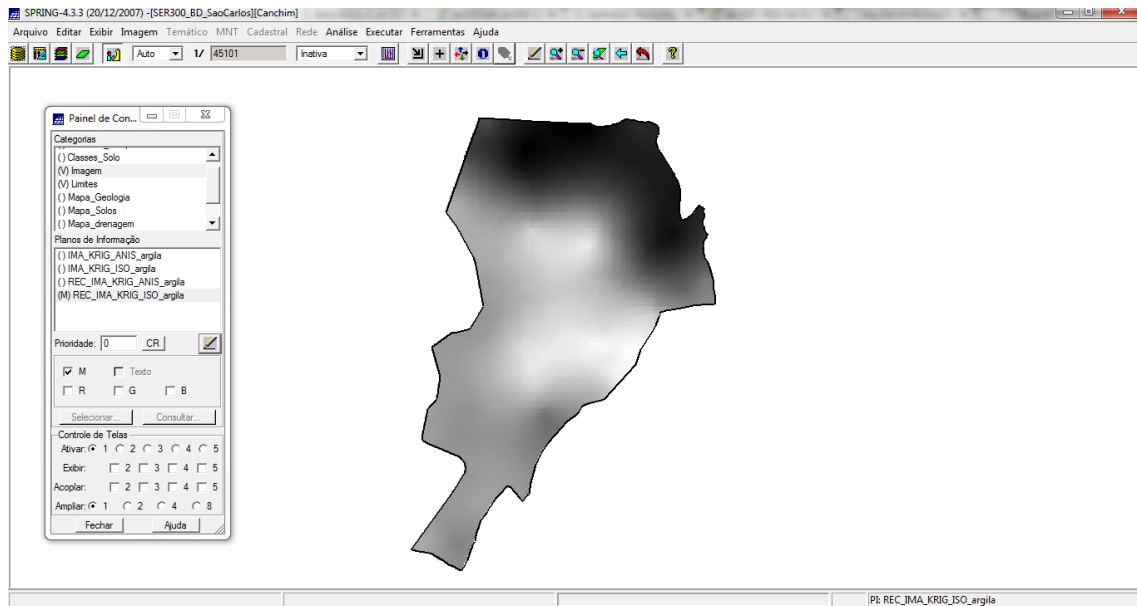


Visualização da superfície da argila



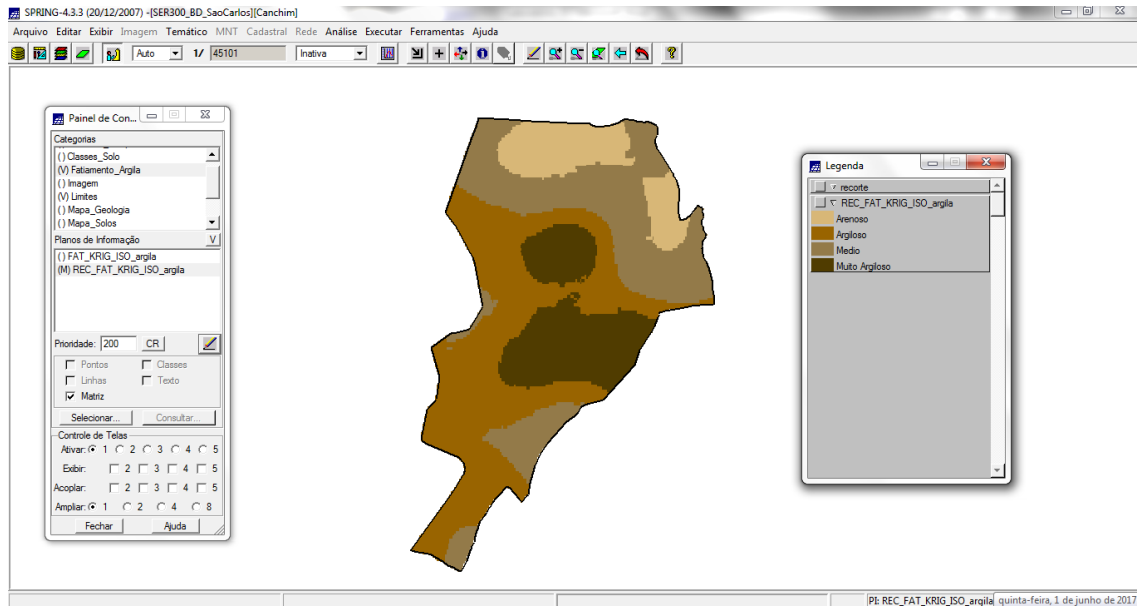


Recorte da imagem gerada utilizando LEGAL



Fatiamento e recorte da grade do teor de argila

MUITO ARGILOSO: solos que apresentam 59% ou mais de argila;
ARGILOSO: solos que apresentam de 35% a 59% de argila;
MÉDIO: solos que apresentam de 15% a 35% de argila;
ARENOSO: solos que apresentam menos de 15% de argila.

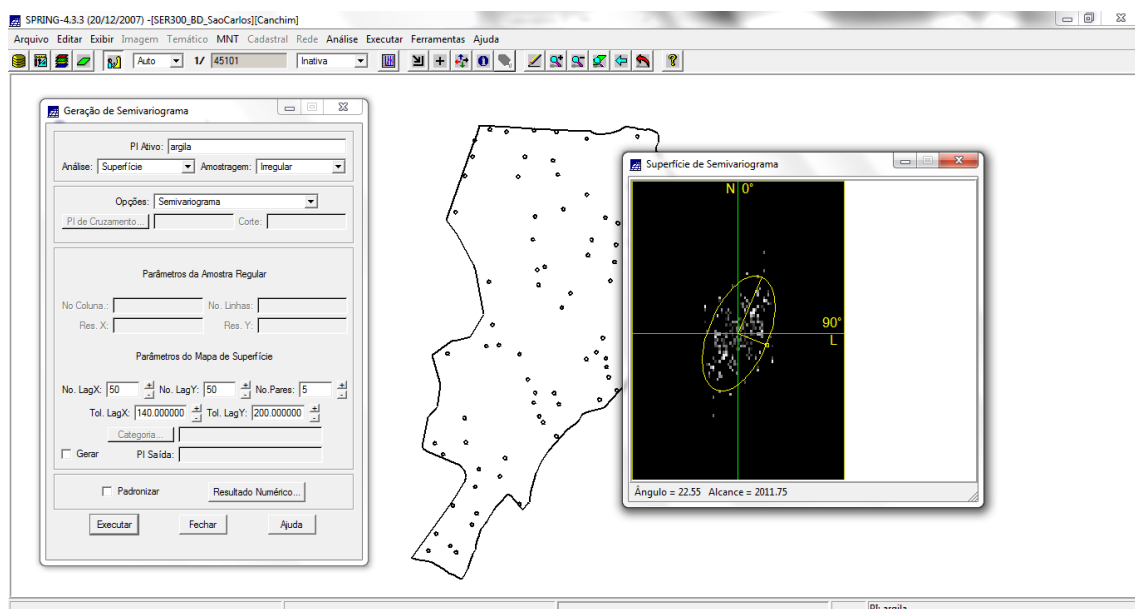
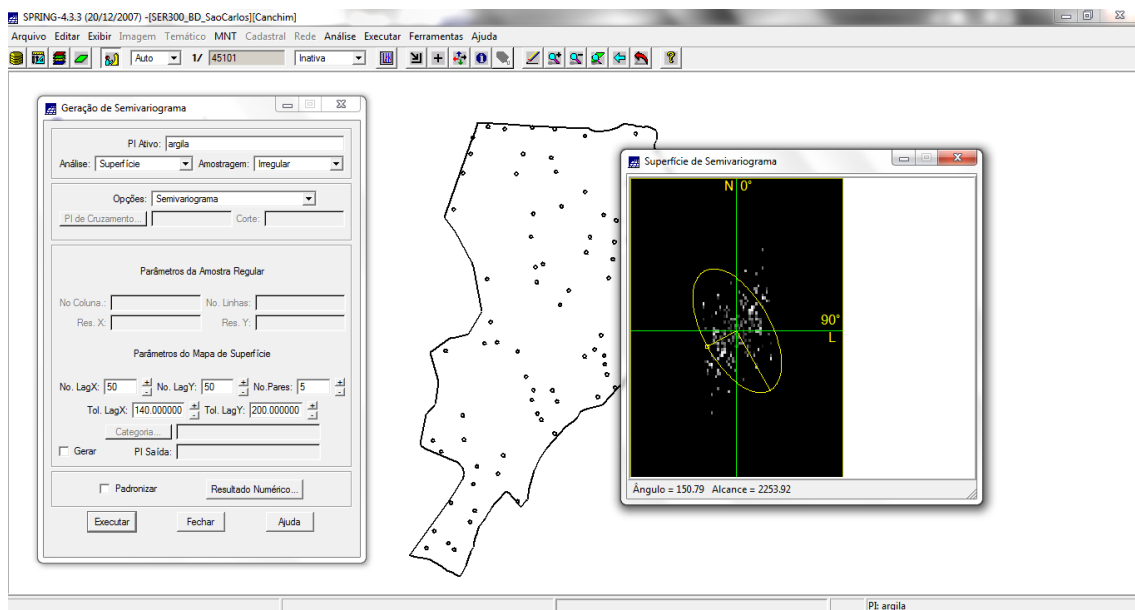


4. Caso anisotrópico

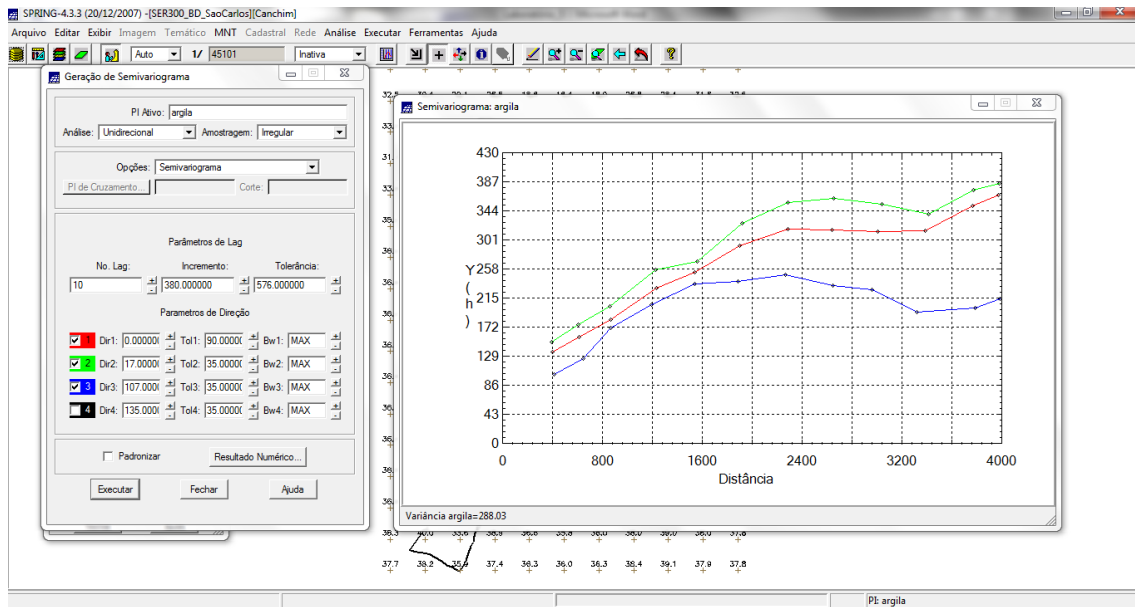
A anisotropia pode ser facilmente constatada através da observação da superfície de semivariograma.

Detecção da anisotropia e seus eixos

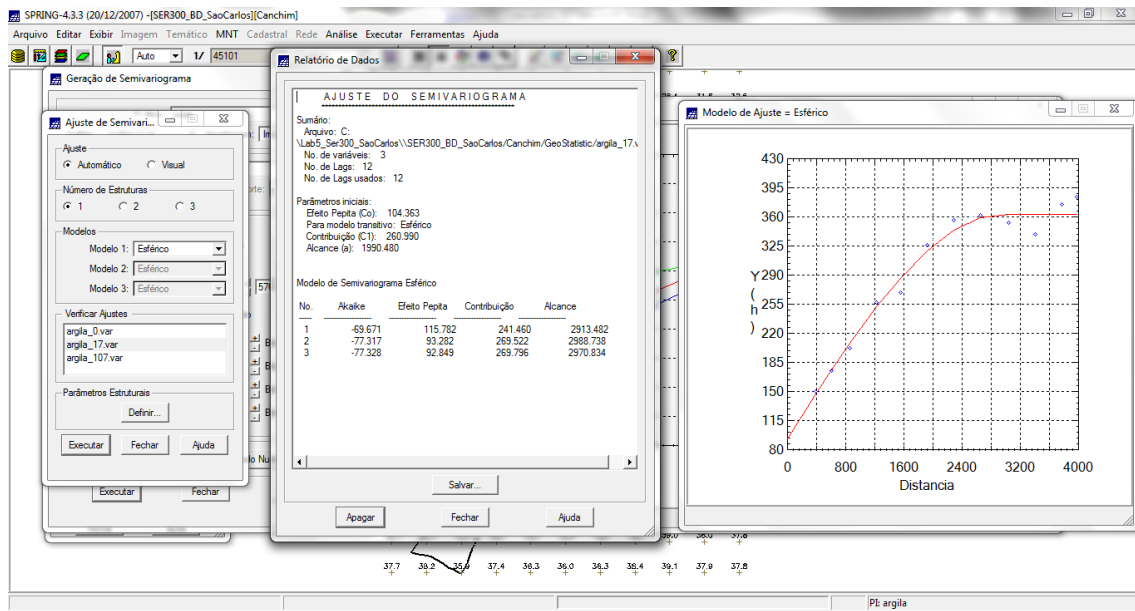
A superfície de semivariograma é um gráfico, 2D, que fornece uma visão geral da variabilidade espacial do fenômeno em estudo. É utilizado para detectar os eixos de Anisotropia, isto é, as direções de maior e menor continuidade espacial da propriedade em análise. Também conhecido como Mapa de Semivariograma.

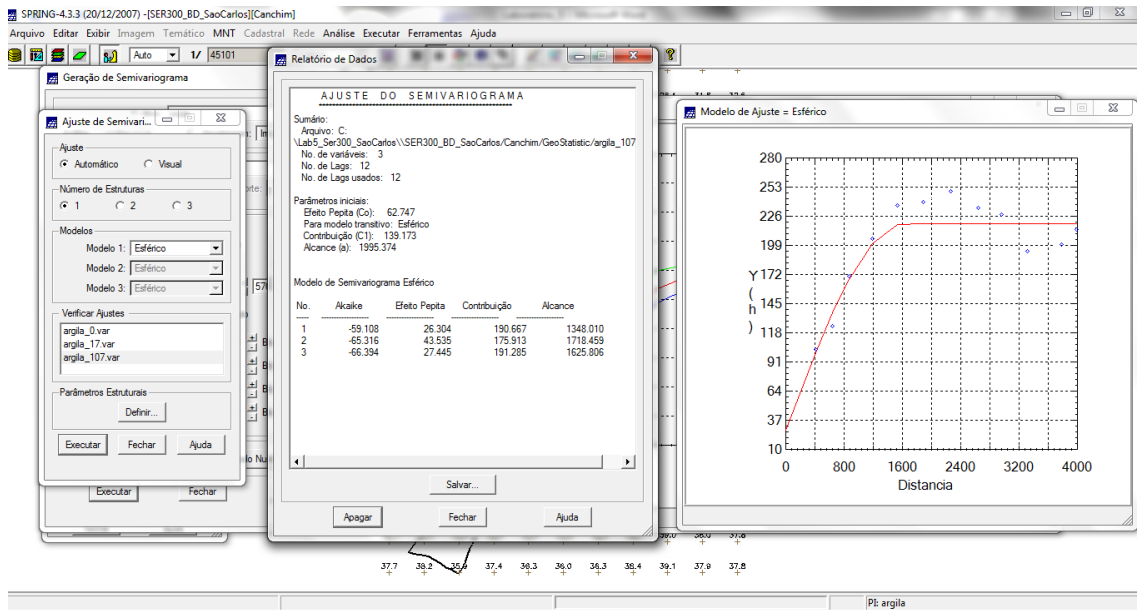


Geração de semivariogramas direcionais

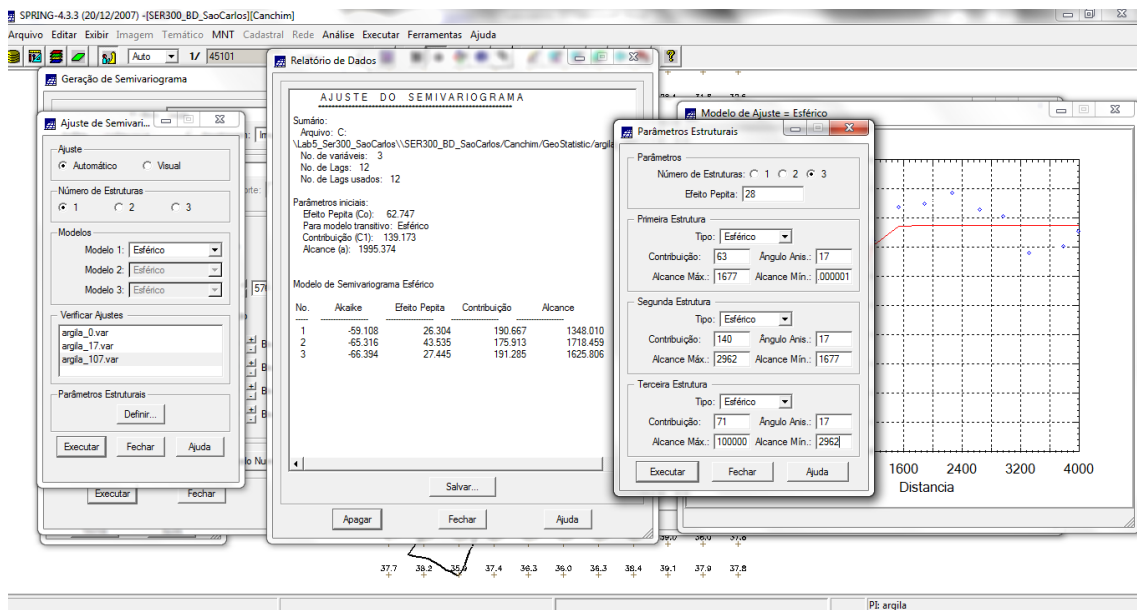


Modelagem dos semivariogramas direcionais



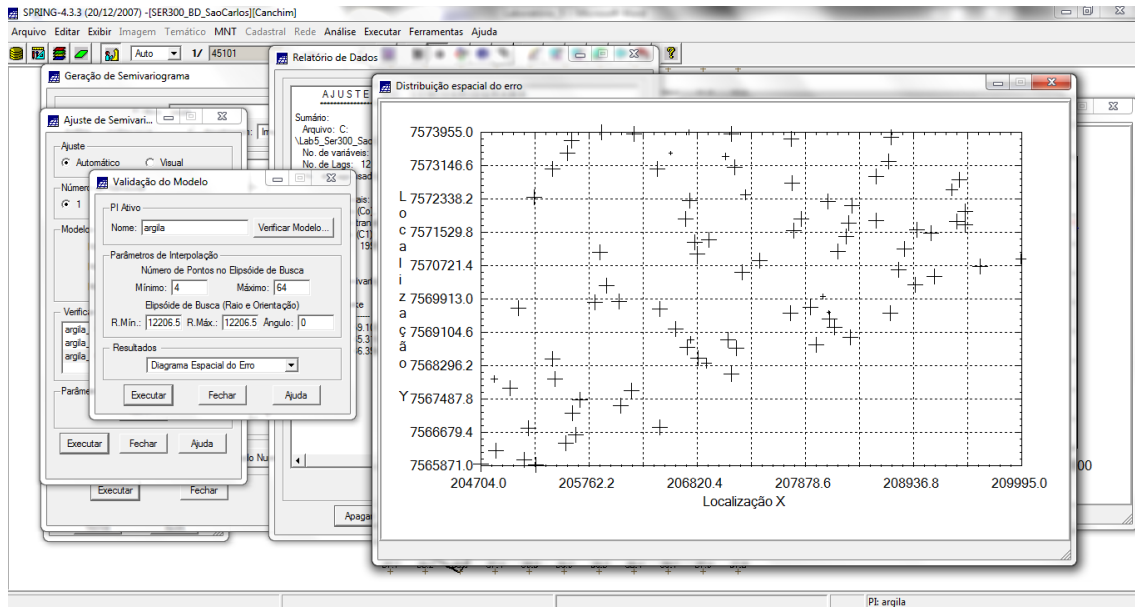


Modelagem de anisotropia

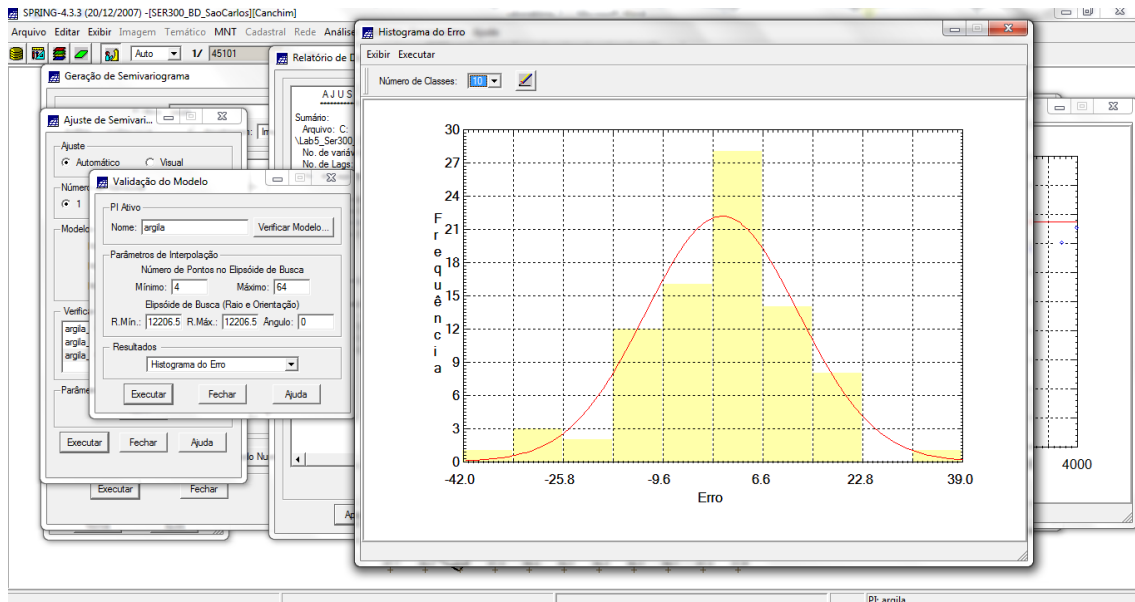


Validação do modelo de ajuste

Diagrama Espacial do Erro



Histograma do Erro



Estatísticas do Erro

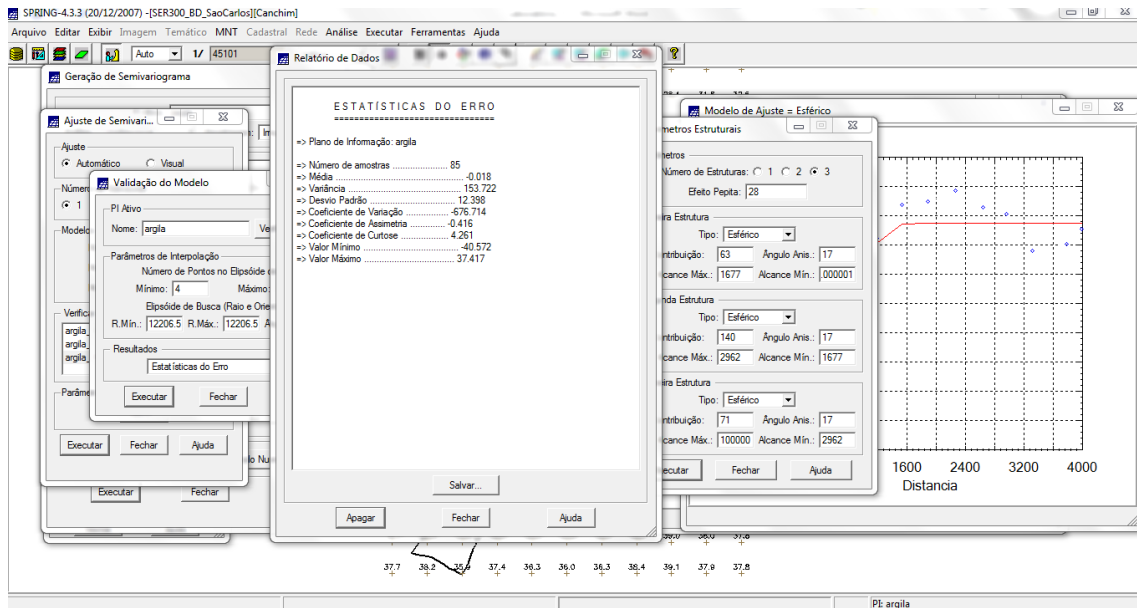
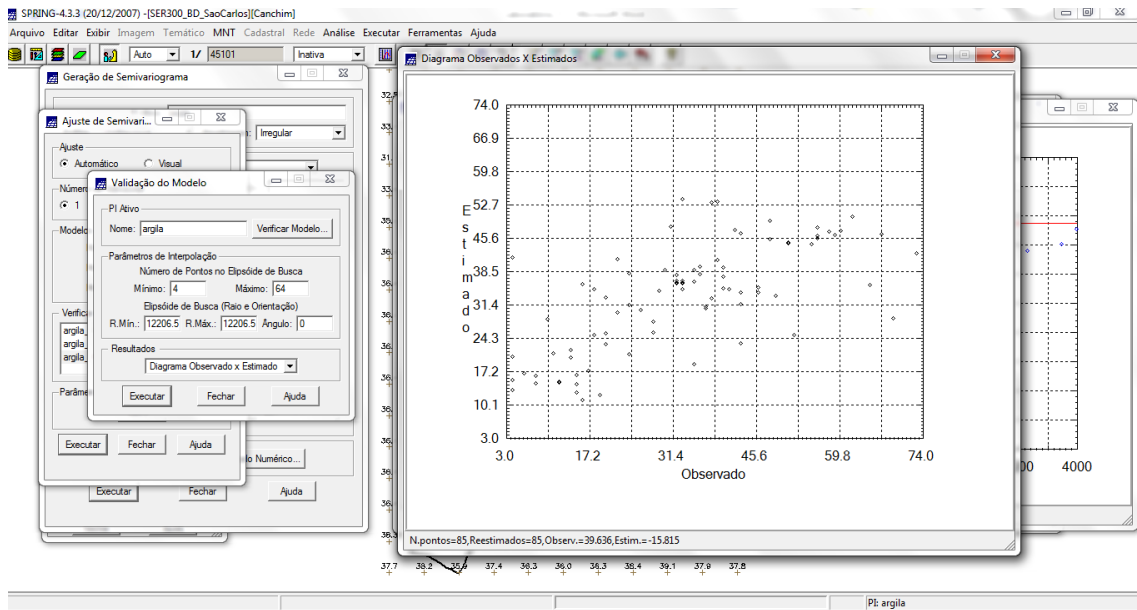
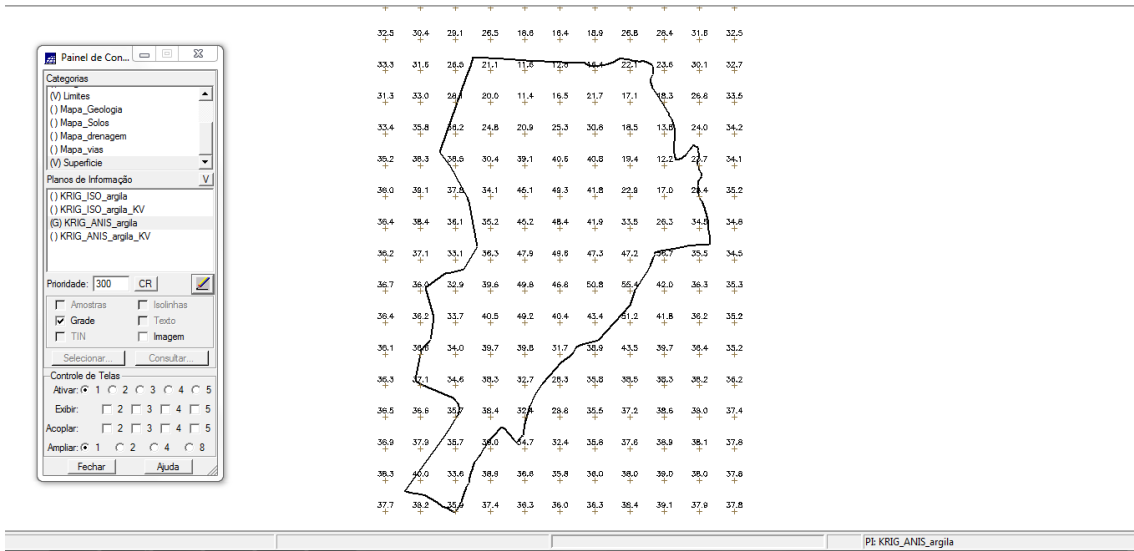
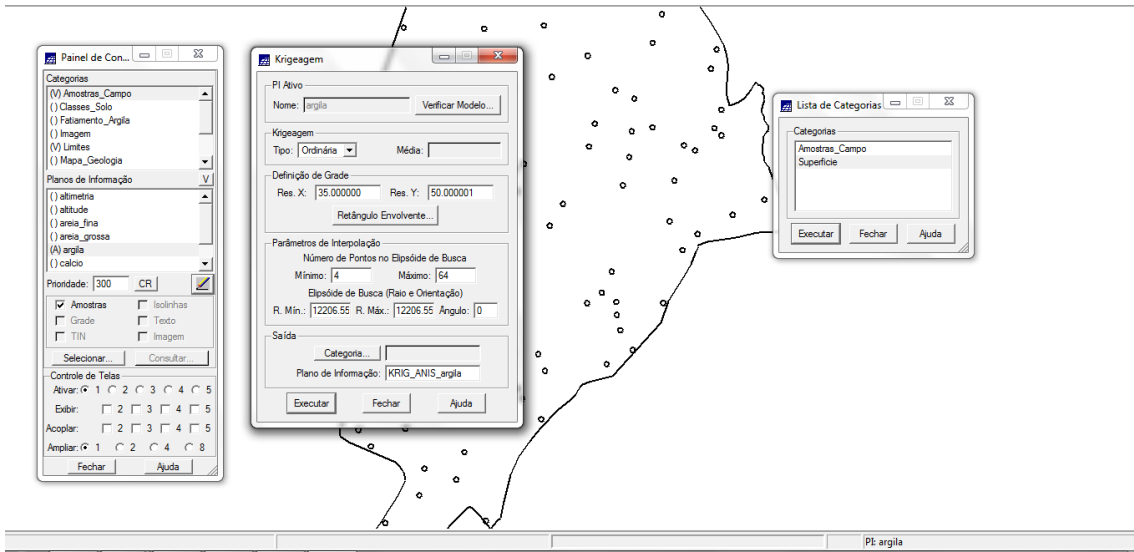


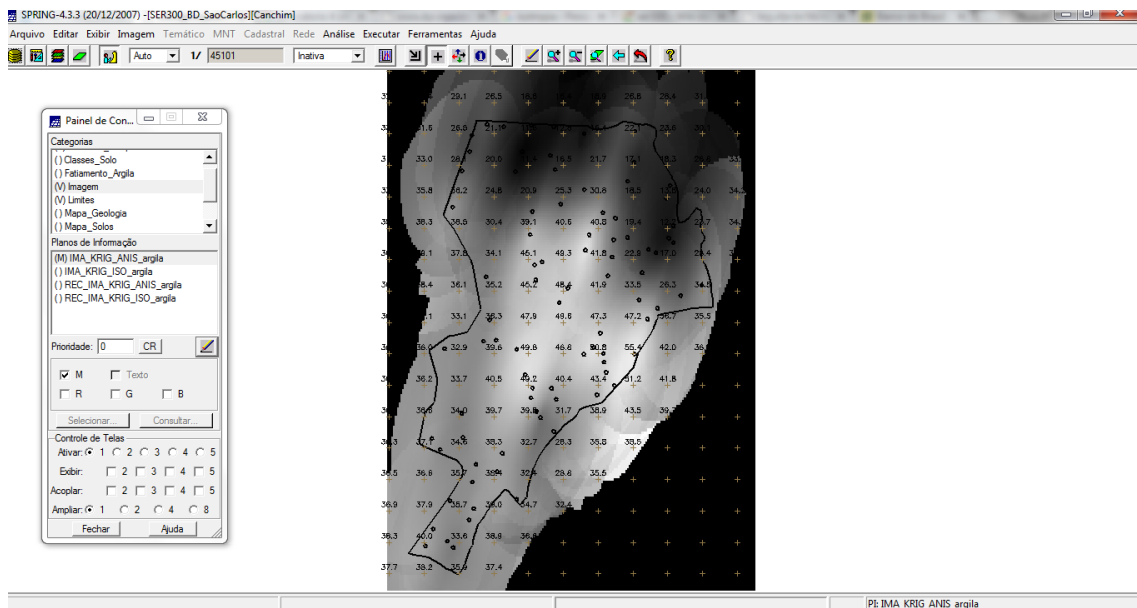
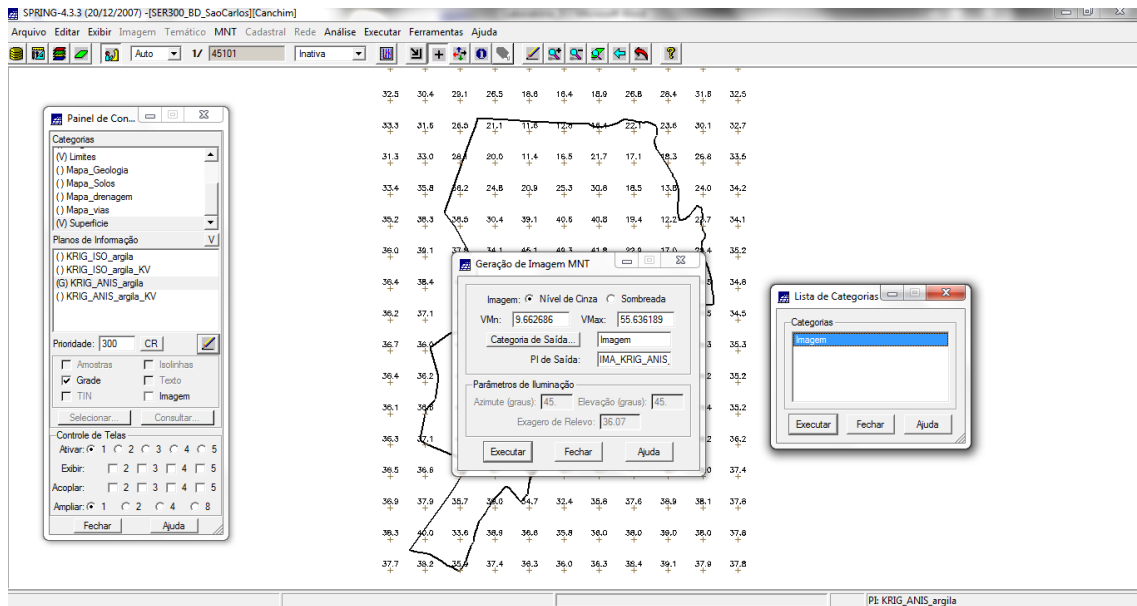
Diagrama de valores Observados versus Estimados



Interpolação por krigeagem ordinária



Visualização da superfície da argila oriunda do modelo anisotrópico



Recorte da imagem gerada utilizando LEGAL

Editor de Modelos

```

Programa
// Recorte de imagem
{
//Declarações
Imagem ima1("Imagem");
// "Imagem" refere-se ao nome da categoria (tipo Imagem), a qual possui a
imagem a ser recortada.

Temático limite ("Limites");
// "Limites" refere-se ao nome da categoria (tipo Temática), a qual possui o PI de
recorte.

ima = Recupere (Nome = "IMA_KRIG_ANIS_argila");
// "ima_Krig_ANIS_argila" refere-se ao nome do PI ou da imagem a ser recortada.

ima1 = Novo (Nome = "REC_IMA_KRIG_ANIS_argila", ResX=30, ResY=30);
// "REC_ima_Krig_ANIS_argila" refere-se ao nome do PI ou da imagem a ser
gerada (é o resultado do recorte).

limite = Recupere (Nome = "recorte");
// "recorte" refere-se ao nome do PI de recorte (neste exemplo pertence à
Mensagem de Erro
    
```

Algebra

Diretório: C:\Lab5_Ser300_SaoC CR

Programas

Fat_Recorte_asis
 Fat_Recorte_iso
 Recorte_imagem_asis
 Recorte_imagem_iso

Nome: Recorte_imagem_asis

Criar... Editar...

Executar Suprimir Fechar Ajuda

Salvar Salvar Como... Fechar Ajuda

PI IMA_KRIG_ANIS_argila

Editor de Modelos

```

Programa
// Recorte de imagem
{
//Declarações
Imagem ima1("Imagem");
// "Imagem" refere-se ao nome da categoria (tipo Imagem), a qual possui a
imagem a ser recortada.

Temático limite ("Limites");
// "Limites" refere-se ao nome da categoria (tipo Temática), a qual possui o PI de
recorte.

ima = Recupere (Nome = "IMA_KRIG_ANIS_argila");
// "ima_Krig_ANIS_argila" refere-se ao nome do PI ou da imagem a ser recortada.

ima1 = Novo (Nome = "REC_IMA_KRIG_ANIS_argila", ResX=30, ResY=30);
// "REC_ima_Krig_ANIS_argila" refere-se ao nome do PI ou da imagem a ser
gerada (é o resultado do recorte).

limite = Recupere (Nome = "recorte");
// "recorte" refere-se ao nome do PI de recorte (neste exemplo pertence à
Mensagem de Erro
    
```

Algebra

Diretório: C:\Lab5_Ser300_SaoC CR

Programas

Fat_Recorte_asis
 Fat_Recorte_iso
 Recorte_imagem_asis
 Recorte_imagem_iso

Nome: Recorte_imagem_asis

Criar... Editar...

Executar Suprimir Fechar Ajuda

Salvar Salvar Como... Fechar Ajuda

PI REC_IMA_KRIG_ANIS_argila

32,5	30,4	28,1	26,5	18,8	18,4	18,9	28,8	28,4	31,8	32,5
33,3	31,6	26,6	21,1	19,5	21,7	17,1	18,3	29,6	33,6	32,7
31,3	33,0	28,8	20,0	19,5	21,7	17,1	18,3	29,6	33,6	32,7
33,4	35,8	28,2	24,8	23,9	23,3	30,8	18,5	24,0	34,2	34,2
36,2	36,3	38,8	30,4	39,1	40,6	40,8	19,4	34,7	34,1	34,1
36,0	38,1	37,8	34,1	46,1	49,3	41,8	22,8	17,0	21,4	35,2
36,4	38,4	36,1	35,2	46,2	48,6	41,9	33,5	26,3	34,9	34,8
36,2	37,1	33,1	35,3	47,9	48,6	47,3	47,2	35,2	34,5	34,5
36,7	36,0	32,9	32,6	49,8	46,8	40,8	55,4	42,0	36,3	35,3
36,4	36,2	33,7	40,5	49,2	40,4	43,4	51,2	41,8	36,2	36,2
36,1	39,8	34,0	35,7	39,8	31,7	38,9	43,5	39,7	36,4	36,2
36,3	37,8	34,8	35,3	32,7	28,3	38,8	38,5	36,3	36,2	36,2
36,5	36,8	38,0	39,4	32,8	28,8	36,5	37,2	38,6	38,0	37,4
36,9	37,9	36,7	36,0	44,7	32,4	36,8	37,6	36,9	38,1	37,8
36,3	36,0	33,6	36,8	36,8	35,8	36,0	36,0	36,0	36,0	37,6
37,7	38,2	36,9	37,4	36,3	36,0	36,3	36,4	36,1	37,9	37,8

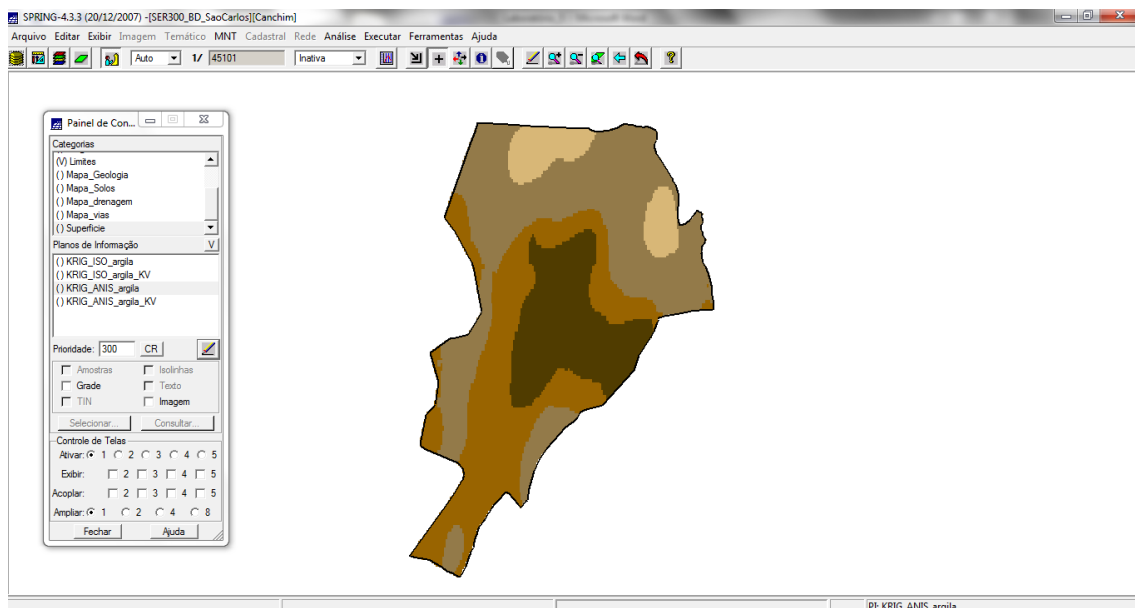
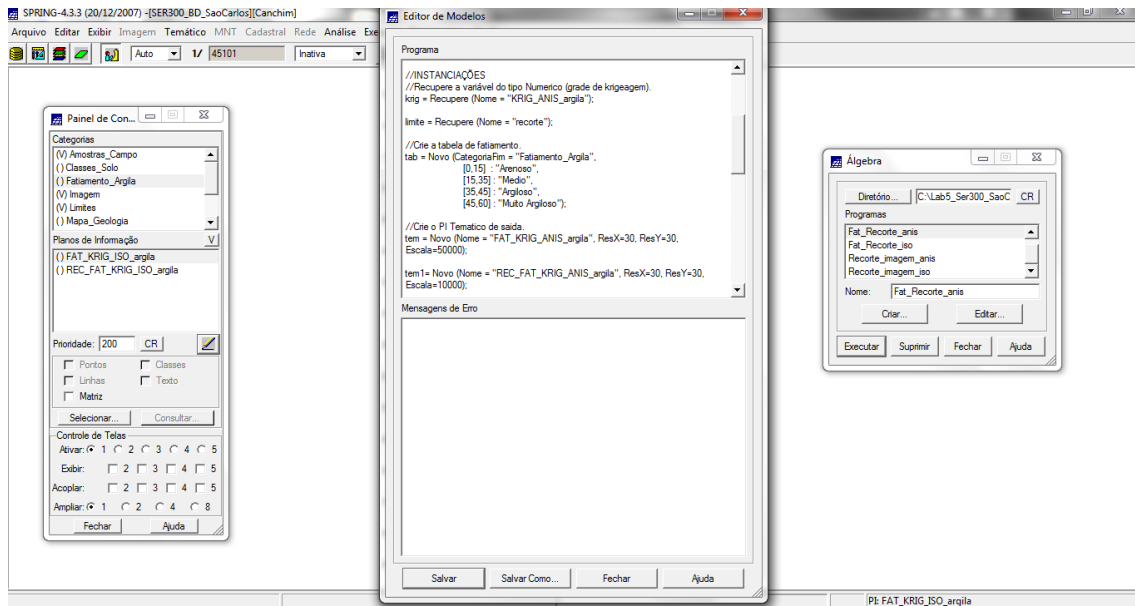
Fatiamento e recorte da grade do teor de argila

MUITO ARGILOSO: solos que apresentam 59% ou mais de argila;

ARGILOSO: solos que apresentam de 35% a 59% de argila;

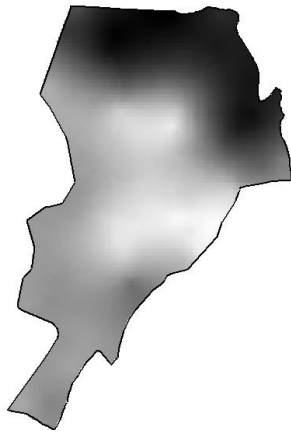
MÉDIO: solos que apresentam de 15% a 35% de argila;

ARENOSO: solos que apresentam menos de 15% de argila.

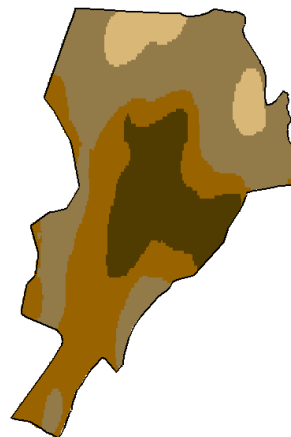
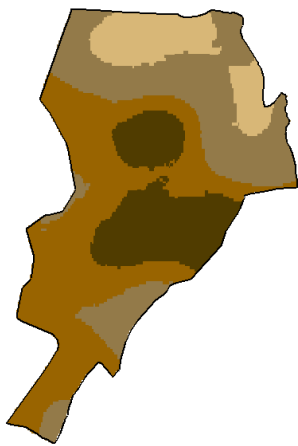
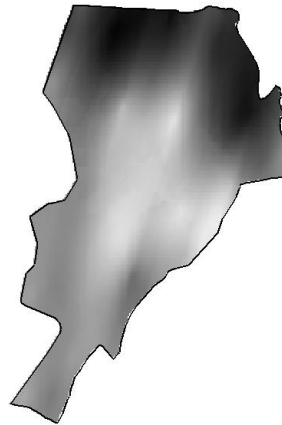


5. Análise dos Resultados

Isotrópico



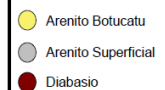
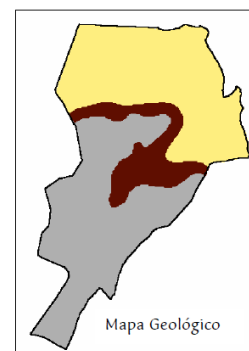
Anisotrópico



-Arenito Superficial (areias consolidadas);

-Diabásio (Formação Serra Geral) ;

-Arenito Botucatu (rocha constituída por grãos de quartzo arredondados)



A isotropia em fenômenos naturais é um caso pouco frequente de ser observada, ou seja, dizer que a distribuição de um recurso mineral, por exemplo, é isotrópica significa que a variabilidade espacial desse recurso é a mesma em todas as direções, o que na prática não ocorre com frequência. Já o caso anisotrópico onde a distribuição espacial não é a mesma em todas as direções e tendem a ser mais reais em termos de ocorrência. Em análise aos resultados desse laboratório, pode se observar que os teores de argila apresentados pelo modelo anisotrópico representam melhor a ocorrência desse mineral na fazenda, conforme pode ser comparado e visualizado no mapa geológico disponibilizado para análise.

6. Teor médio de argila para cada classe de solo, a partir das superfícies isotrópicas e anisotrópicas, e atualização da tabela de atributos.

The screenshot shows the ArcGIS Model Builder interface. The script in the Model Builder window is as follows:

```

//DECLARAÇÕES
Cadastral map ("Mapa_Solos");
Objeto obj ("Tipo_Solos");
Numeroo gr1, gr2 ("Superfície");

//INSTANCIÇÕES
//Recupere a variável do tipo Cadastral
map = Recupere (Nome = "Mapa_Solos");

//Recupere as grades de krigeagem
gr1 = Recupere (Nome = "KRIG_ISO_argila");
gr2 = Recupere (Nome = "KRIG_ANIS_argila");

//OPERAÇÃO
//Execute a operação de atualização
//ATENÇÃO: Criar o novo atributo antes!

obj."TEOR_ARGILA_ISO" = Aualize (gr1, obj OnMap map, MedZ);
obj."TEOR_ARGILA_ANIS" = Aualize (gr2, obj OnMap map, MedZ);

Mensagem de Eiro
    
```

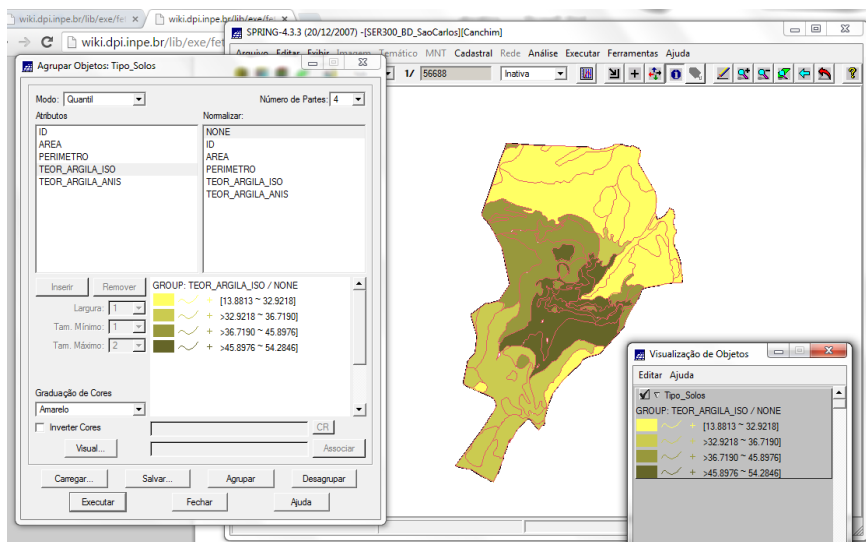
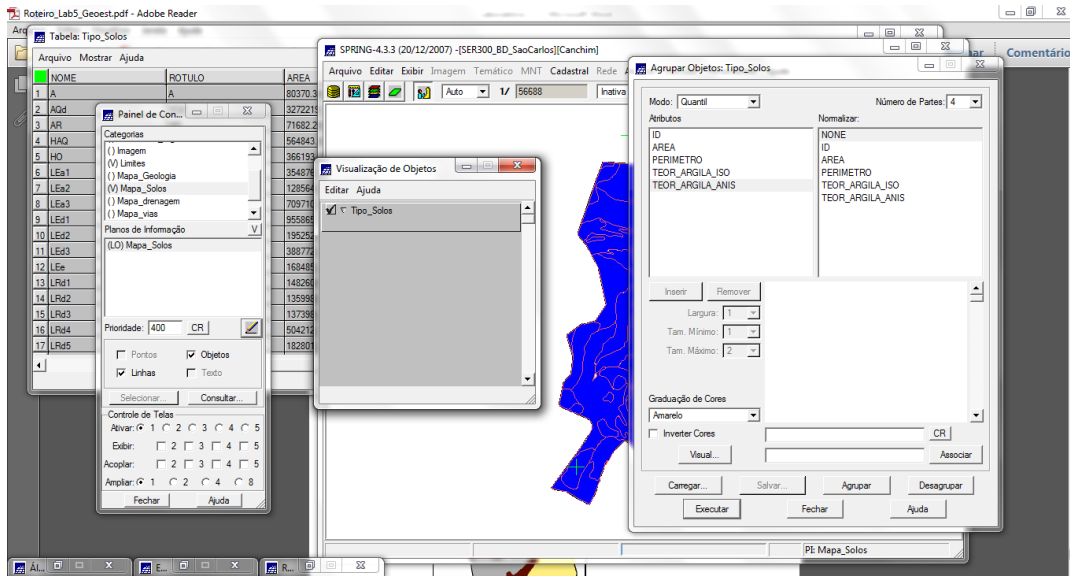
The Algebra window shows the following configuration:

- Directory: C:\Lab5_Ser300_SaoCarlos CR
- Programas: atualiza_Targila
- Nome: atualiza_Targila
- Buttons: Executar, Suprimir, Fechar, Ajuda

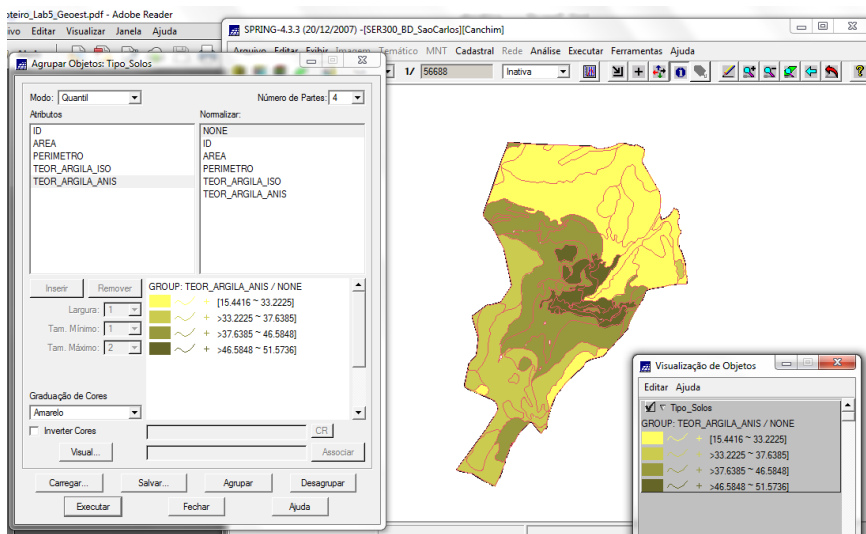
Tabela: Tipo_Solos

NOME	ROTULO	AREA	PERIMETRO	TEOR_ARGILA_ISO	TEOR_ARGILA_ANIS
2	AQd	3272219,750000	17477,394531	13,881256	15,441605
3	AR	71682,265625	1448,520508	45,591159	49,287729
4	HAQ	564843,062500	10592,865234	22,652069	23,435278
5	HO	366193,781250	5723,883789	21,414099	24,760664
6	LEa1	354876,125000	4247,094238	34,675764	32,694832
7	LEa2	1285648,750000	7550,580078	26,363903	27,327484
8	LEa3	709710,062500	7029,316895	22,418607	23,108018
9	LEd1	955885,500000	8742,685547	35,468722	36,572853
10	LEd2	1952525,000000	17373,082031	43,572011	42,443677
11	LEd3	3887722,750000	20300,214844	24,813229	26,311858
12	LEe	168485,656250	2847,727539	51,027203	48,533009
13	LRd1	1482600,250000	15086,880859	44,590670	39,866948
14	LRd2	1359989,375000	8674,695313	46,024826	45,052959
15	LRd3	137398,968750	2185,700928	54,284633	51,573586
16	LRd4	504212,343750	7796,621582	40,513112	37,952873
17	LRd5	182801,281250	1736,538208	50,958517	48,258636
18	LRe	123338,171875	2534,555664	43,845608	40,609958
19	Lu	197399,500000	2171,041748	45,079712	48,581910
20	LVa1	166728,875000	1712,438232	36,718976	36,776029
21	LVa2	976134,437500	5550,308105	38,290375	35,344744
22	LWd1	284002,000000	4702,278809	35,296850	37,638506
23	LWd2	1203044,500000	10894,328125	36,375339	35,569077
24	LWd3	497323,968750	6063,661133	32,821782	33,222518
25	LWd4	2579356,250000	20743,483125	36,213663	36,661329
26	P	423258,125000	3407,995117	36,561946	37,696311
27	TRe1	810927,375000	15372,866211	47,651062	47,282820
28	TRe2	123432,421875	2469,295137	45,897647	46,254038
29	TRe3	1449299,250000	15215,728516	46,893770	46,584790
30	TRe4	409549,312500	8676,233398	47,699537	47,803369

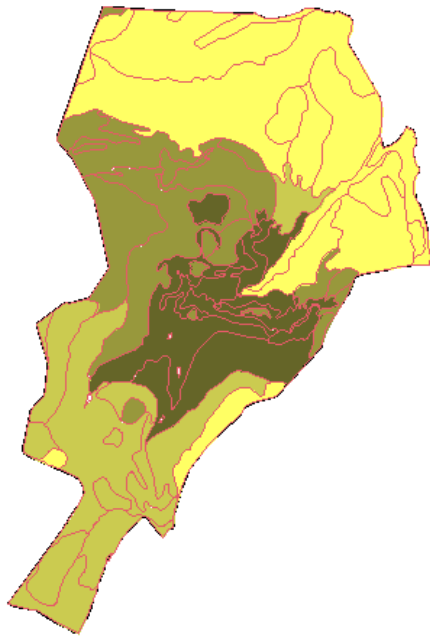
7. Realizar um Agrupamento por Quartil para os atributos



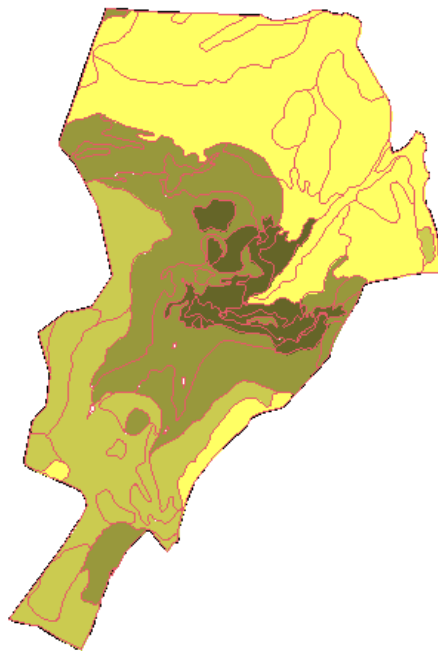
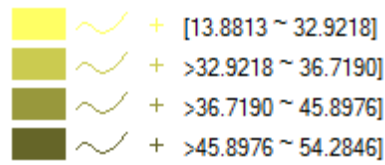
TEOR_ARGILA_ISO



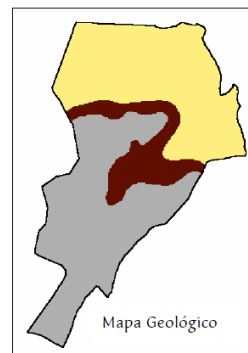
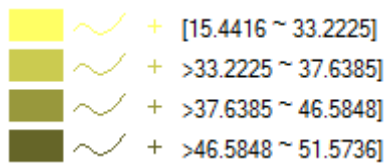
TEOR_ARGILA_ANIS



TEOR_ARGILA_ISO



TEOR_ARGILA_ANIS



- Arenito Botucatu
- Arenito Superficial
- Diabasio

Mesmo apresentando porcentagens de argila similares nas faixas, a distribuição dos agrupamentos diferem, com o caso anisotrópico apresentados regiões mais concentradas, enquanto que o caso isotrópico a classe é mais generalizada.

Conclusões: O laboratório 5 apresentou conceitos e orientação para aplicação de técnicas de geoestatística que consistem basicamente de uma análise exploratória dos dados disponíveis, análise da variabilidade espacial com a utilização de semivariograma, modelagem do semivariograma, validação do modelo e krigeagem ordinária. Nesse exercício foi utilizado dois casos: isotrópico e anisotrópico, fornecendo a oportunidade de comparar os resultados e analisar o impacto da utilização de diferentes formas de distribuição espacial de determinados dados. Além disso, nesse exercício foi possível o fatiamento e determinação de faixas de teor de argila, evidenciando os locais com maior potencial de ocorrência do mineral. Adicionalmente ao contato com a ferramenta, o exercício prático no ambiente Spring ajudou no entendimento dos conceitos apresentados em aula facilitando a “visualização” e sedimentação da parte teórica.