

# **INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO: LABORATÓRIO 5**

## **ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS GEOGRÁFICOS**

Bruno Menini Matosak

Tarefa componente das atividades avaliativas da disciplina Introdução ao Geoprocessamento do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ministrada pelo Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro.

INPE

São José dos Campos

2019

## 1. Introdução

A geoestatística se mostra como uma ferramenta poderosa de análise e exploração de dados, ao permitir que mapas de erro possam ser estabelecidos junto aos mapas de interpolação gerados. Neste laboratório, são trabalhados na prática os conceitos de geoestatística trabalhados em sala de aula, visando cimentar os conceitos básicos que regem este ramo da estatística.

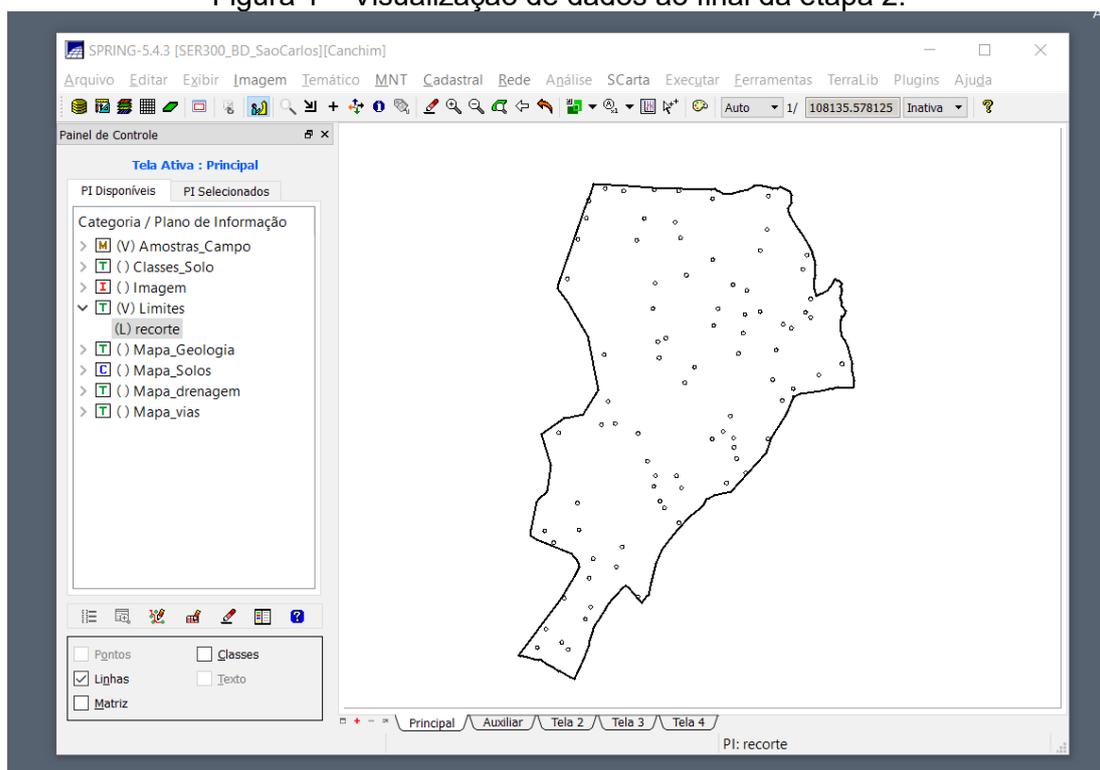
O exemplo aqui apresentado refere-se à análise da variação espacial do teor de argila sobre a área da Fazenda Canchim. Considera-se o teor de argila ao longo do perfil, classificado do seguinte modo:

- 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.

## 2. Carregar os dados no sistema SPRING

Ao final desta etapa, o seguinte conjunto de dados pôde ser visualizado no SPRING (Figura 1).

Figura 1 – Visualização de dados ao final da etapa 2.

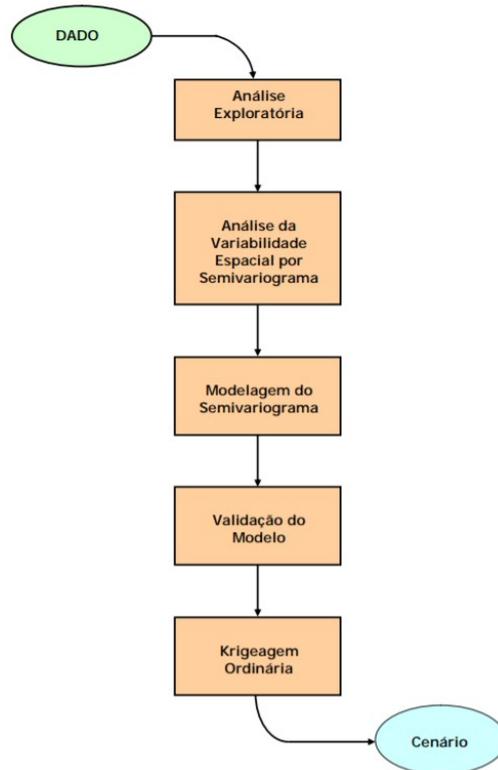


Fonte: Produção do Autor.

## 3. Etapas da análise geoestatística

As etapas a serem desenvolvidas nesta parte do trabalho devem seguir o seguinte fluxograma (Figura 2):

Figura 2 – Fluxograma de operações a serem feitas em dados espaciais para a aplicação de geostatística.

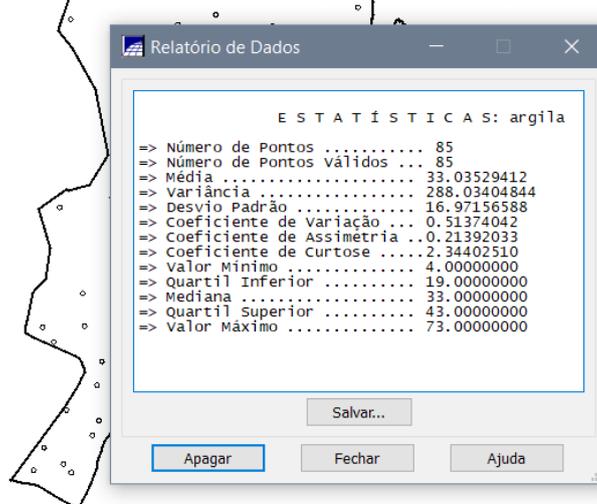


Fonte: Camargo (2000).

#### 4. Análise exploratória

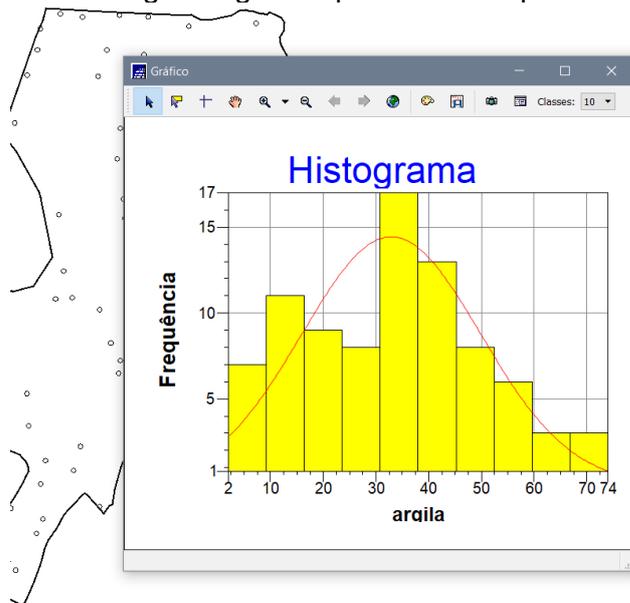
Nesta etapa do laboratório, uma análise exploratória é feita sobre os dados, de forma a conhecer as estatísticas e comportamento dos dados trabalhados. Como resultados, tem-se as estatísticas, o histograma e o gráfico da probabilidade normal para a classe *argila* (Figuras 3, Figura 4 e Figura 5).

Figura 3 – Estatísticas calculadas pelo SPRING para a classe *argila*.



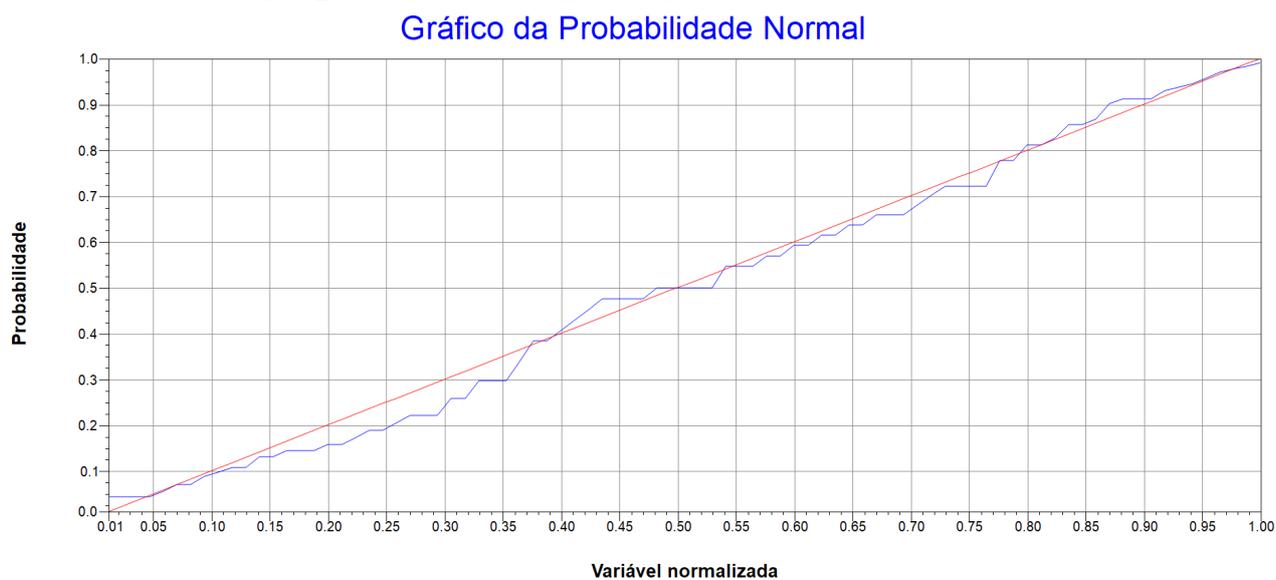
Fonte: Produção do Autor.

Figura 4 – Histograma gerado pelo SPRING para a classe *argila*.



Fonte: Produção do Autor.

Figura 5 – Gráfico da probabilidade normal para a classe *argila*, onde a linha vermelha representa a distribuição gaussiana e a linha azul representa os dados.



Fonte: Produção do Autor.

## 5. Caso isotrópico

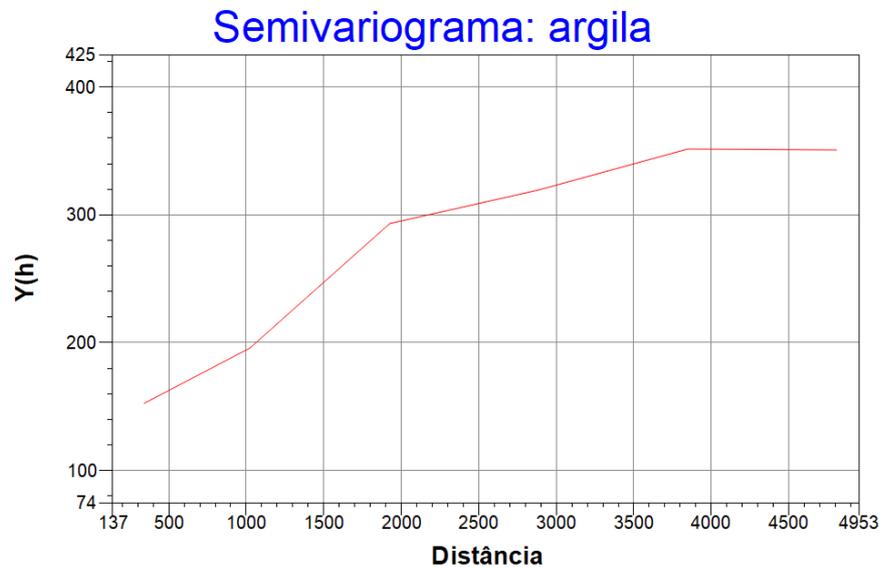
Nesta etapa é construído o semivariograma de forma empírica para o ajuste dos dados. Esta etapa é dividida em cinco passos a seguir.

### 5.1. Análise da variabilidade espacial por semivariograma

Nesta etapa, os dados são analisados de forma a encontrar qual o semivariograma que melhor se adapta aos dados estudados. Na Figura 6 pode ser visto um primeiro estudo do

comportamento dos dados, onde o semivariograma criado a partir dos dados de entrada é mostrado para uma melhor compreensão de como estes dados se comportam.

Figura 6 – Semivariograma criado com os dados amostrados para a classe *argila*.

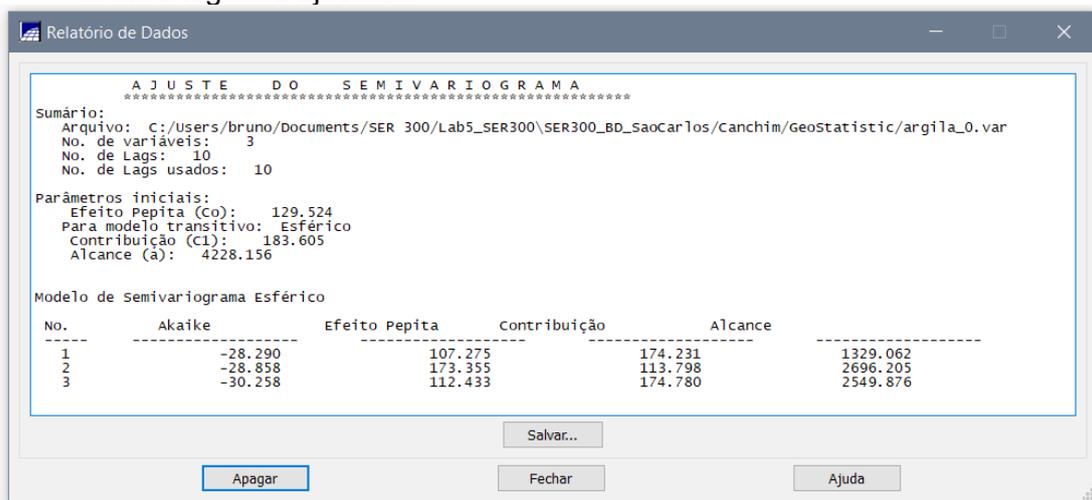


Fonte: Produção do Autor.

## 5.2. Modelagem do semivariograma experimental

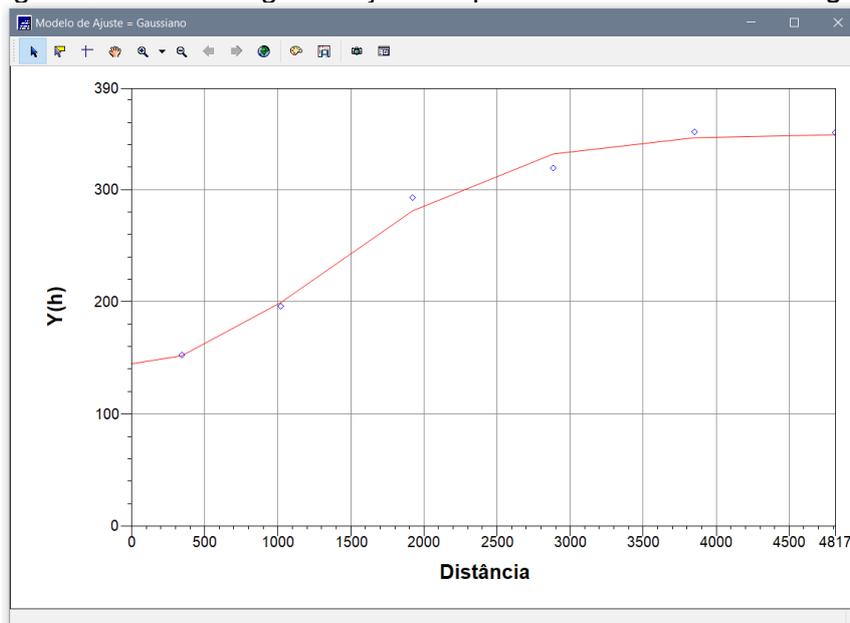
Nesta parte, o semivariograma já teve seus parâmetros definidos de acordo com os dados da Figura 7, e na Figura 8 pode ser visto o semivariograma ajustado construído para o conjunto de dados.

Figura 7 – Relatório de dados gerados pelo SPRING, material auxiliar para a definição do semivariograma ajustado.



Fonte: Produção do autor.

Figura 8 – Semivariograma ajustado para os dados da classe *argila*.

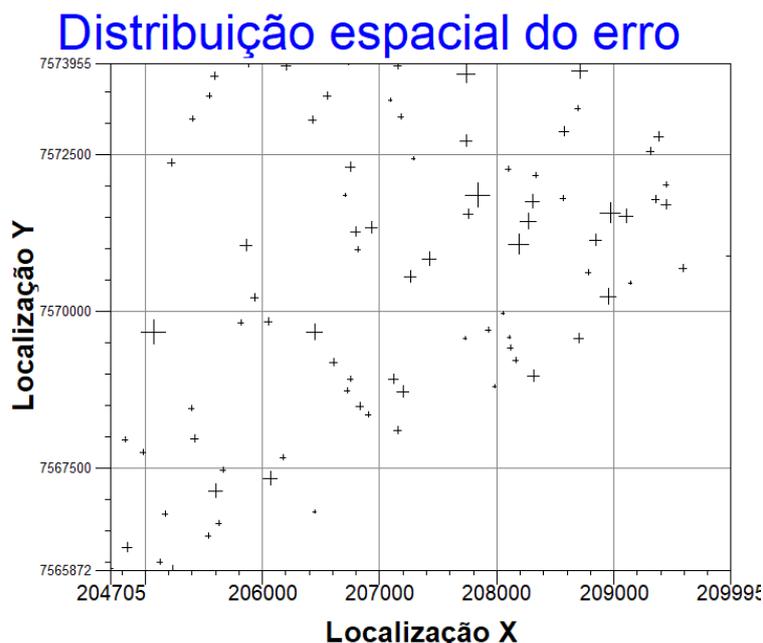


Fonte: Produção do Autor.

### 5.3. Validação do modelo de ajuste

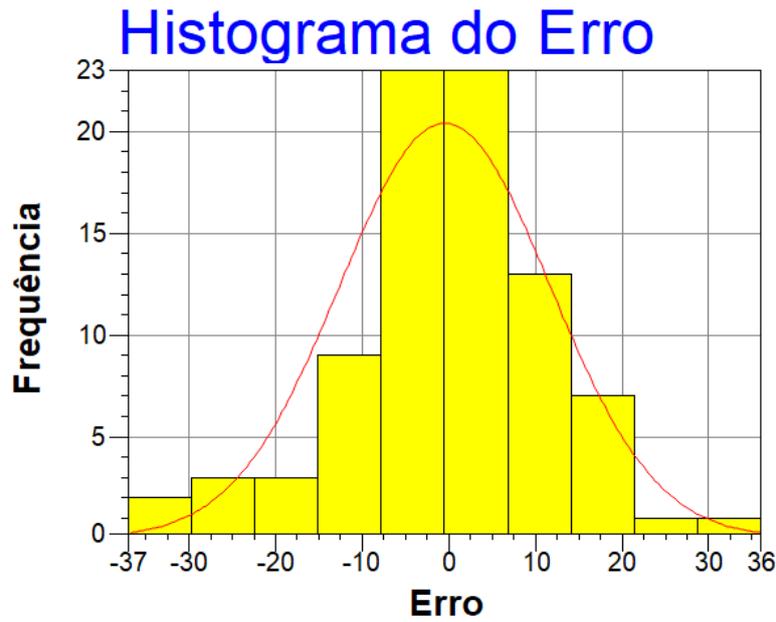
Esta etapa precede as técnicas de Krigagem, e seu principal objetivo é a avaliação do modelo que foi proposto. Dentre as formas de avaliação criadas, destacam-se a distribuição espacial do erro (Figura 9), o histograma do erro (Figura 10), estatísticas do erro (Figura 11) e um diagrama de valores observados vs. os valores estimados (Figura 12).

Figura 9 – Distribuição espacial do erro para a classe *argila* de acordo com o semivariograma estabelecido.



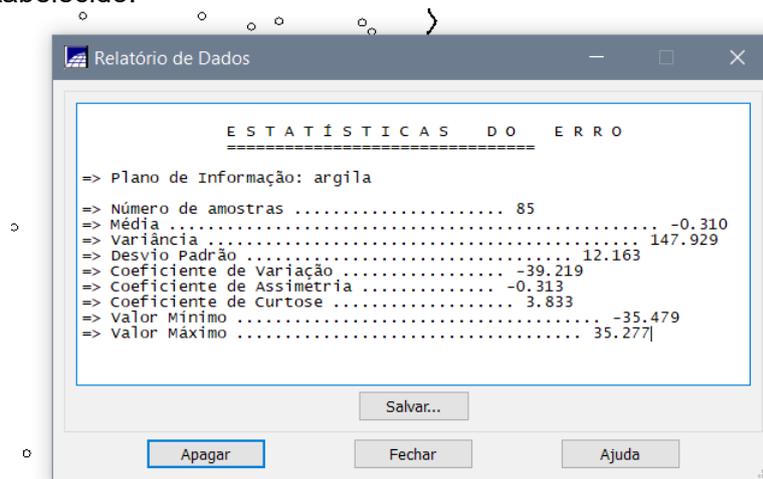
Fonte: Produção do Autor.

Figura 10 – Histograma do erro para a classe *argila* de acordo com o semivariograma estabelecido.



Fonte: Produção do autor.

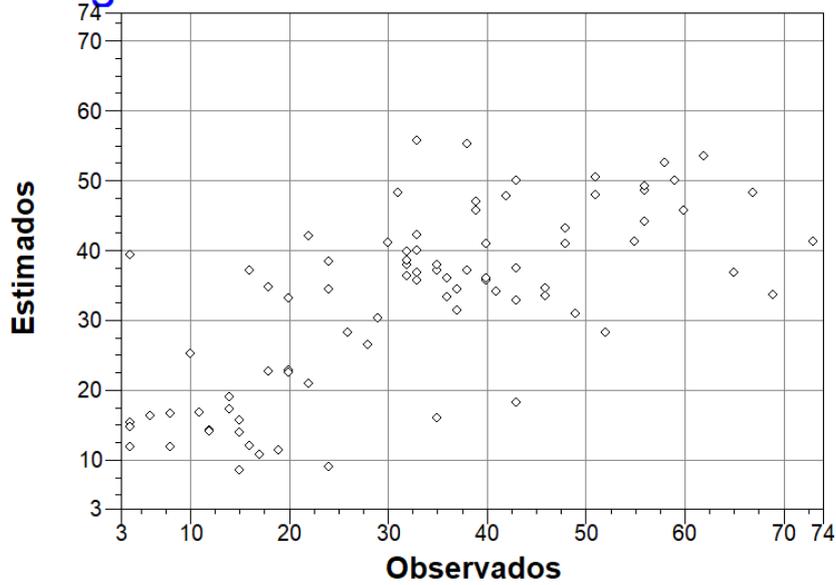
Figura 11 – Estatísticas do erro para a classe *argila* de acordo com o semivariograma estabelecido.



Fonte: Produção do autor.

Figura 12 – Diagrama que relaciona os dados observados para a classe *argila* de acordo com o semivariograma estabelecido.

## Diagrama Observados X Estimados

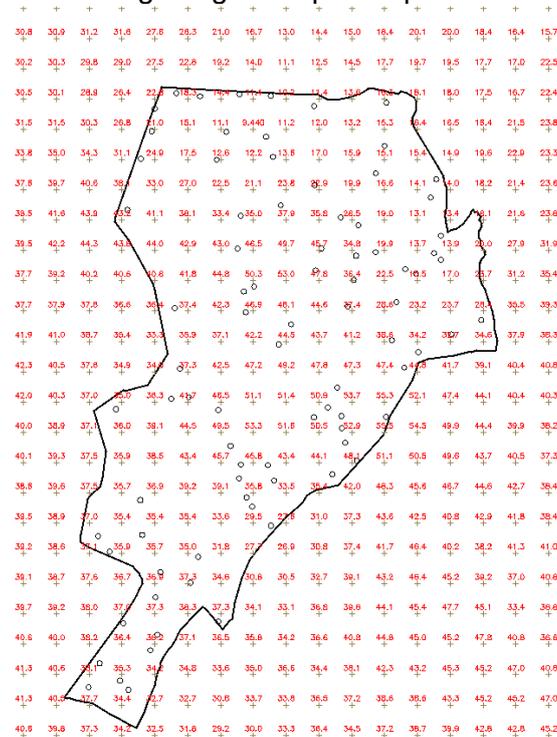


Fonte: Produção do Autor.

### 5.4. Interpolação por krigeagem ordinária

Realizada a verificação do semivariograma, pode então ser executada a krigeagem dos dados. Na primeira parte, uma grade regular foi gerada, como mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Grade regular gerada para o processo de krigeagem.



Fonte: Produção do Autor.

## 5.5. Visualização da superfície de argila

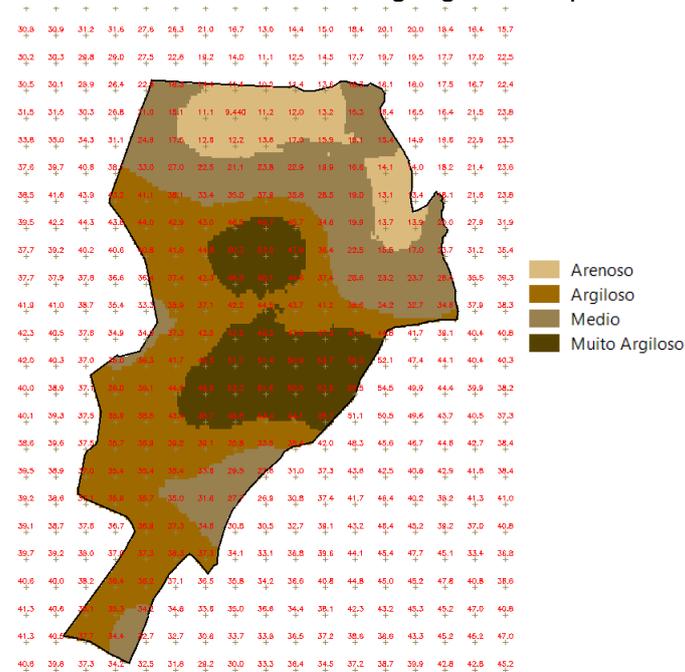
Nesta etapa, uma visualização é feita para os dados interpolados (Figura 14). Os dados são então classificados e recortados (Figura 15).

Figura 14 – Resultado para a krigagem das amostras de acordo com o semivariograma estabelecido.



Fonte: Produção do Autor.

Figura 15 – Fatiamento feito sobre a krigagem feita para a classe *argila*.



Fonte: Produção do Autor.

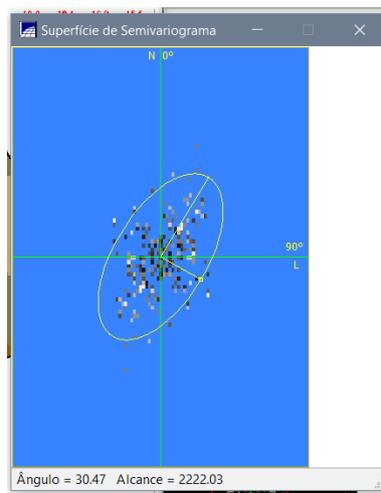
## 6. Caso anisotrópico

Os resultados obtidos até agora foram obtidos considerando que a natureza dos dados é isotrópica. Para um melhor entendimento de todos os conceitos, é necessário conhecer como identificar a ocorrência deste tipo de dado.

### 6.1. Detecção da anisotropia

O SPRING possui, surpreendentemente, uma ferramenta iterativa e robusta para a identificação da direção da anisotropia. Uma ilustração desta ferramenta pode ser vista na Figura 16.

Figura 16 – Ferramenta do SPRING para a identificação das direções do semivariograma direcional.

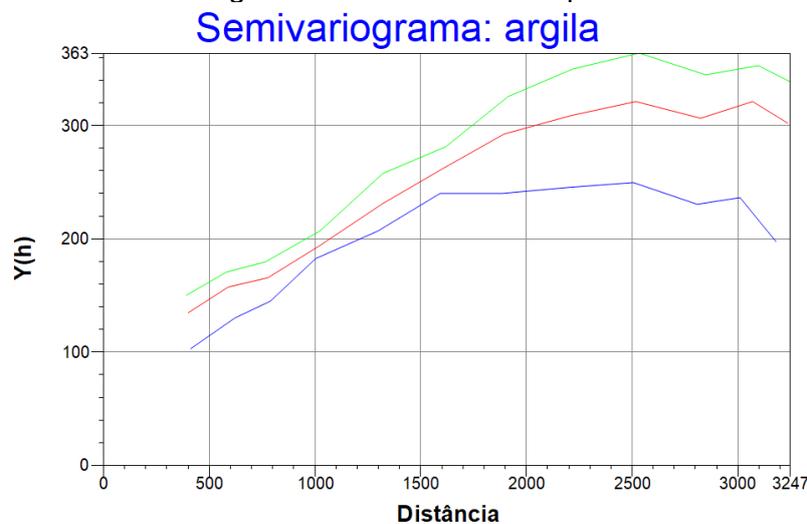


Fonte: Produção do Autor.

### 6.2. Geração dos semivariogramas direcionais

Com os dados do passo anterior, o semivariograma bidirecional pode ser calculado (Figura 17).

Figura 17 – Semivariograma bidirecional criado para os dados de *argila*.



Fonte: Produção do Autor.

### 6.3. Modelagem dos semivariogramas direcionais

Os resultados desta etapa podem ser vistos nas Figuras 18,19, 20 e 21.

Figura 18 – Relatório de dados para o ajuste do variograma 17°.

```

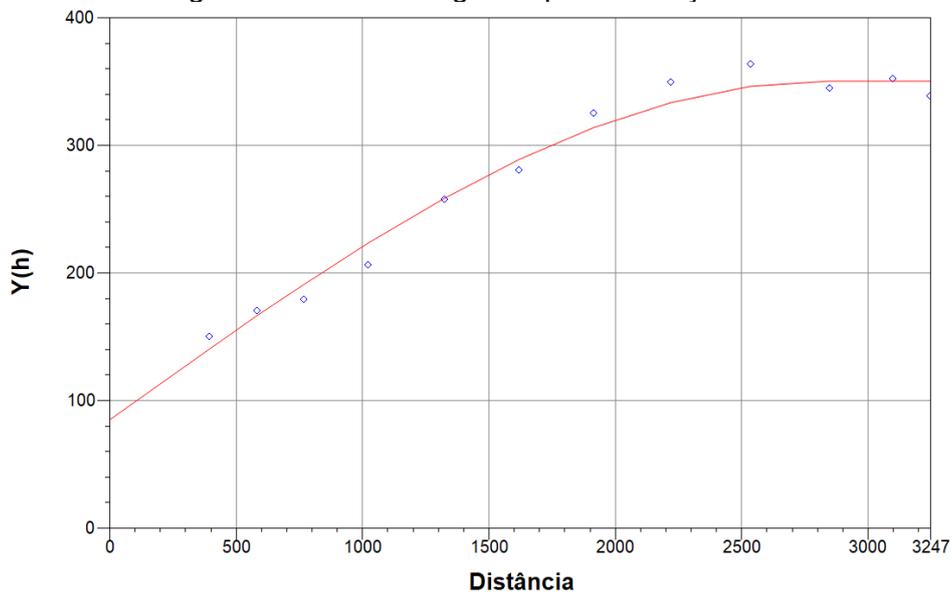
AJUSTE DO SEMIVARIOGRAMA
*****
Sumário:
Arquivo: C:/Users/bruno/Documents/SER 300/Lab5_SER300\SER300_BD_SaoCarlos/Canchim/GeoStatistic/argila_17.var
No. de variáveis: 3
No. de Lags: 12
No. de Lags usados: 12

Parâmetros iniciais:
Efeito Pepita (Co): 107.962
Para modelo transitivo: Esférico
Contribuição (C1): 236.831
Alcance (ã): 1623.602

Modelo de Semivariograma Esférico
-----
No.      Akaike      Efeito Pepita      Contribuição      Alcance
-----
1        -56.386         136.307           199.673           2730.764
2        -77.729         87.041            264.148           2946.702
3        -78.238         84.166            265.311           2819.221
    
```

Fonte: Produção do Autor.

Figura 19 – Semivariograma para a direção 17°.



Fonte: Produção do Autor.

Figura 20 – Relatório de dados para o ajuste do variograma 107°.

```

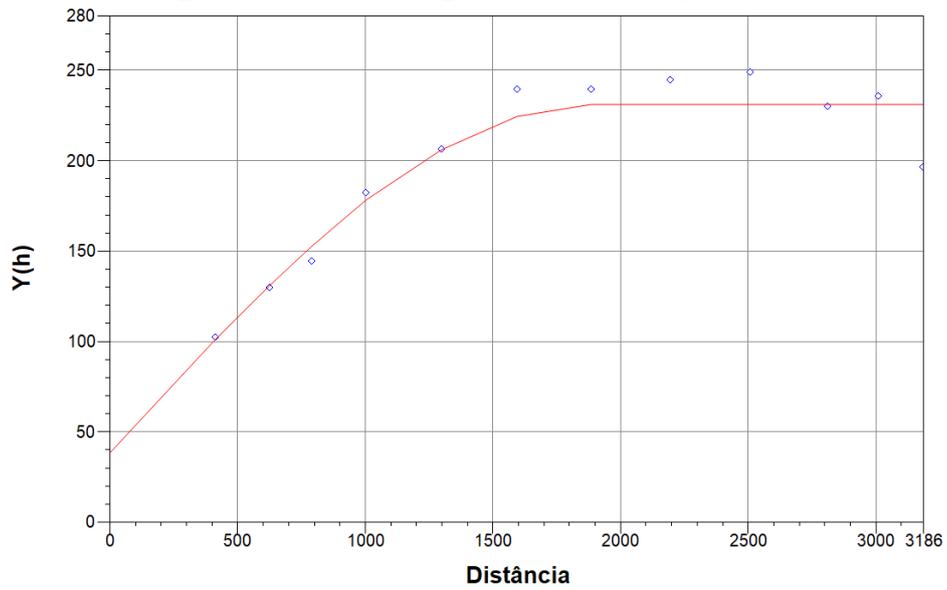
AJUSTE DO SEMIVARIOGRAMA
*****
Sumário:
Arquivo: C:/Users/bruno/Documents/SER 300/Lab5_SER300\SER300_BD_SaoCarlos/Canchim/GeoStatistic/argila_107.var
No. de variáveis: 3
No. de Lags: 12
No. de Lags usados: 12

Parâmetros iniciais:
Efeito Pepita (Co): 47.670
Para modelo transitivo: Esférico
Contribuição (C1): 172.740
Alcance (ã): 1593.086

Modelo de Semivariograma Esférico
-----
No.      Akaike      Efeito Pepita      Contribuição      Alcance
-----
1        -70.937         45.297           185.245           1962.191
2        -71.325         36.026           193.834           1845.464
3        -71.376         37.710           192.780           1885.529
    
```

Fonte: Produção do Autor.

Figura 21 – Semivariograma para a direção 107°.



Fonte: Produção do Autor.

#### 6.4. Modelagem da anisotropia

Nesta etapa, os valores dos semivariogramas foram estabelecidos, como mostrado na Figura 22.

Figura 22 – Parâmetros para o semivariograma bidirecional.

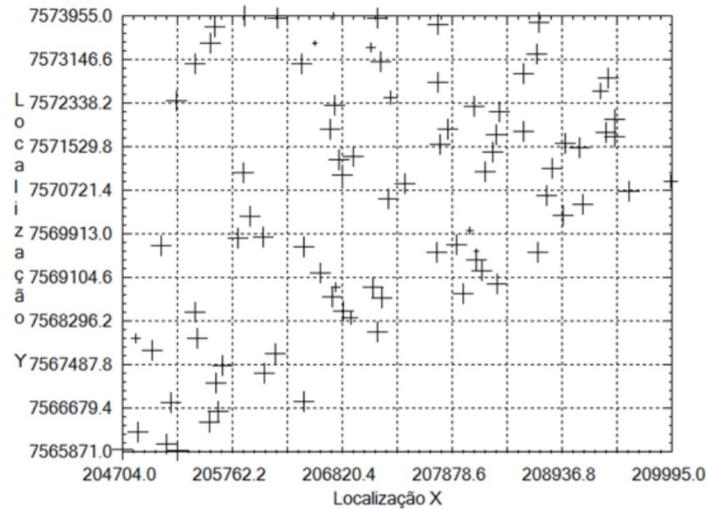
Parâmetros	
Número de Estruturas:	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3
Efeito Pepita:	<input type="text" value="28"/>
Primeira Estrutura	
Tipo:	<input type="text" value="Esférico"/>
Contribuição:	<input type="text" value="63"/>
Ângulo Anis.:	<input type="text" value="17"/>
Alcance Máx.:	<input type="text" value="1677"/>
Alcance Mín.:	<input type="text" value="000001"/>
Segunda Estrutura	
Tipo:	<input type="text" value="Esférico"/>
Contribuição:	<input type="text" value="140"/>
Ângulo Anis.:	<input type="text" value="17"/>
Alcance Máx.:	<input type="text" value="2962"/>
Alcance Mín.:	<input type="text" value="1677"/>
Terceira Estrutura	
Tipo:	<input type="text" value="Esférico"/>
Contribuição:	<input type="text" value="71"/>
Ângulo Anis.:	<input type="text" value="17"/>
Alcance Máx.:	<input type="text" value="100000"/>
Alcance Mín.:	<input type="text" value="2962"/>

Fonte: Produção do Autor.

## 6.5. Validação do modelo de ajuste

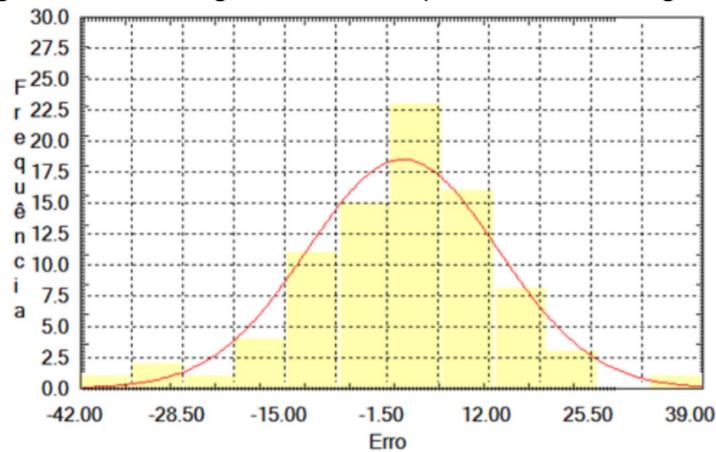
Para a validação do modelo, foram obtidos os seguintes produtos estatísticos (Figuras 23, 24 e 25).

Figura 23 – Distribuição espacial do erro.



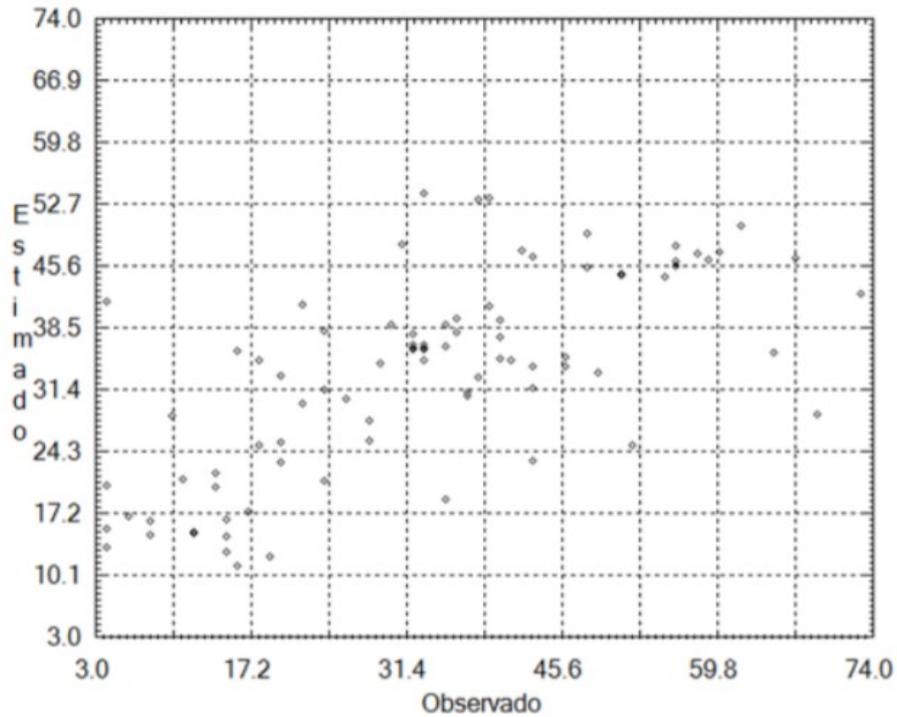
Fonte: Produção do Autor.

Figura 24 – Histograma do erro para o semivariograma.



Fonte: Produção do Autor.

Figura 24 – Histograma do erro para o semivariograma.

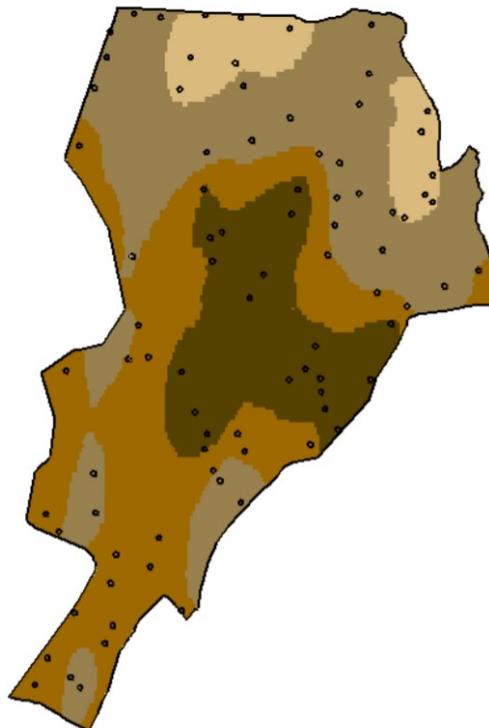


Fonte: Produção do Autor.

### 6.6. Interpolação por krigagem ordinária

Nesta etapa, a krigagem é realizada para o modelo, e então classificada de acordo com as classes definidas (Figura 25).

Figura 25 – Mapa de classificação para a krigagem feita para os dados.



Fonte: Produção do Autor.

## 7. Análise dos resultados

Nesta etapa, foi feita a comparação e análise dos resultados.

### Referências

CAMARGO, E. C. G. Análise Espacial de Dados Geográficos. **Instruções do Laboratório 5 de SER300: Análise Espacial de Dados Geográficos**, São José dos Campos: INPE, 40 p., 2000.