



## PRÁTICA LABORATORIAL 5 - GEOESTATÍSTICA

Igor José Malfetoni Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil

[igor\\_malfetoni@hotmail.com](mailto:igor_malfetoni@hotmail.com)

### 1. OBJETIVO

Criar um mapa de concentração de uma grandeza física a partir da análise do semivariograma de distribuição espacial. A implementação do semivariograma será feita através do método de Krigagem.

### 2. BANCO DE DADOS

O banco de dados disponibilizado consiste em amostras de argila coletadas no município de São Carlos, São Paulo. Cada ponto de amostra está georreferenciado e a ele está associado a concentração de argila para o horizonte amostrado.

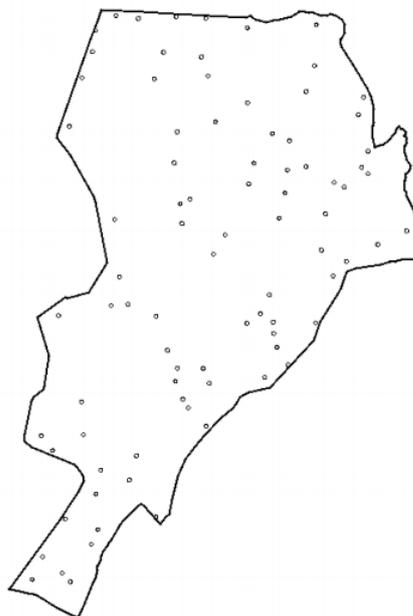
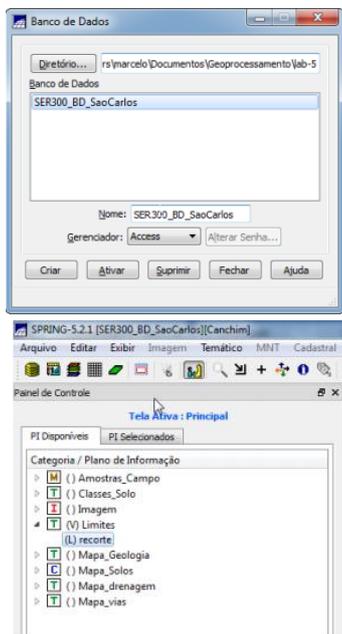


Figura 1 - Banco de dados e dados disponibilizados.

Os dados cadastrais das amostras de argila podem ser consultados para a geração de um quadro de distribuição estatística das amostras (Figura 2).

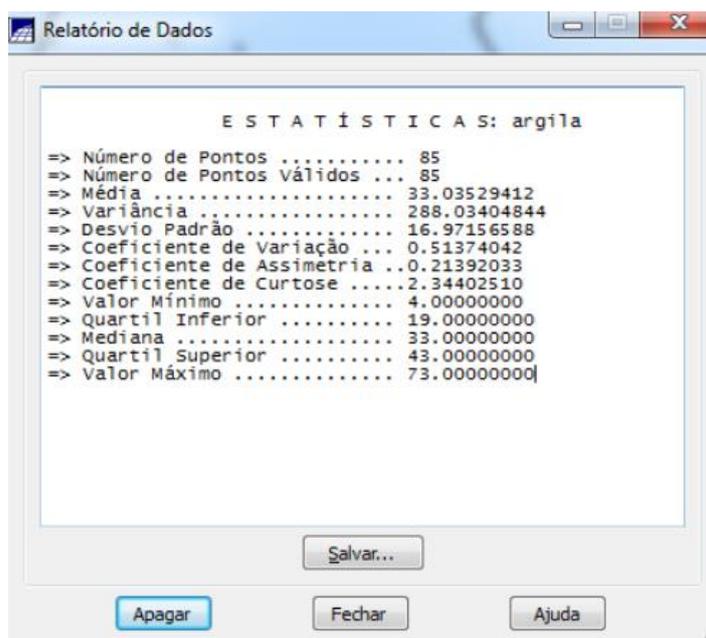


Figura 2 - Análise exploratória dos dados amostrais de argila.

O software *SPRING* também oferece a ferramenta para consulta do histograma dos dados, isto é, a frequência de dados associados a um mesmo intervalo de valores (Figura 3).

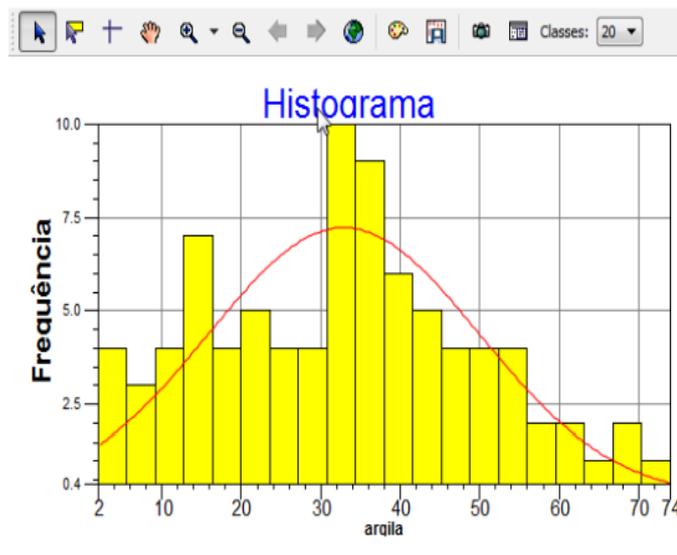


Figura 3 - Histograma das amostras de argila.

A análise do histograma permite identificar se os dados têm característica aleatória. A curva em vermelho simula uma distribuição gaussiana esperada para um conjunto de amostras com a distribuição estatística dos dados coletados. A distribuição normal também pode ser descrita pela normalização dos dados e a verificação da aderência da reta normal (Figura 4).

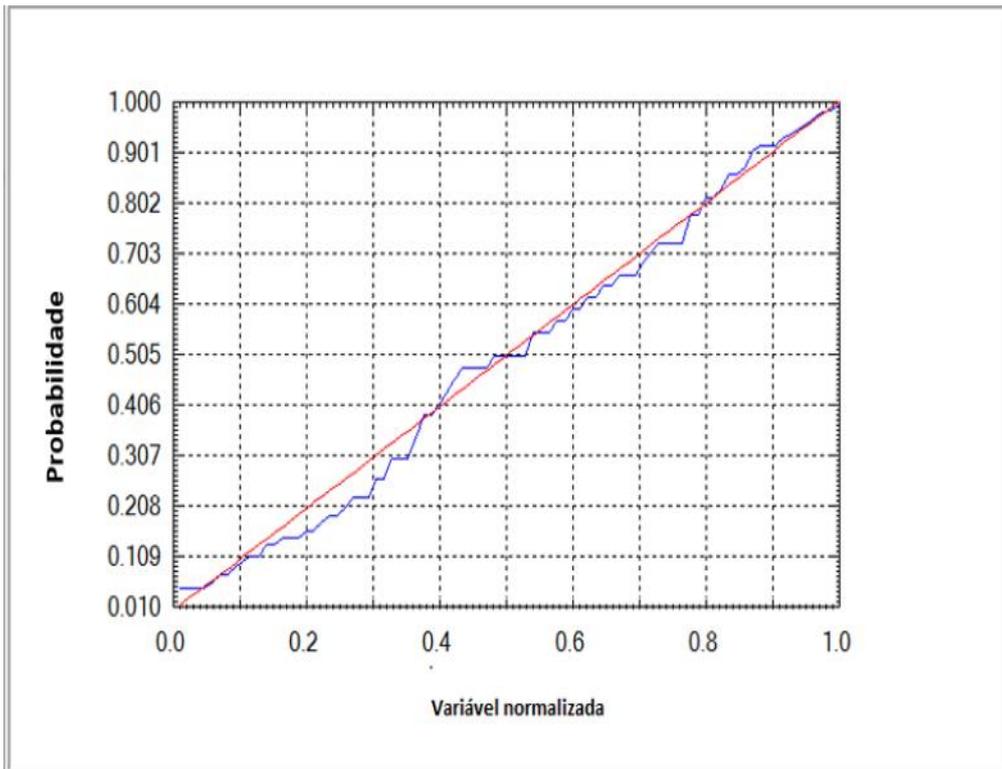


Figura 4 - Plot da distribuição normalizada da curva teórica gaussiana e dos dados coletados.

### 3. SEMIVARIOGRAMA

O semivariograma é uma medida de dissimilaridade entre uma amostra e outra, em função da distância entre elas. A intenção é analisar quanto uma variável quântica variou no espaço, considerando o valor de outras variáveis. O primeiro método apresentado considera que o teor de argila é isotrópico, isto é, varia na mesma proporção para todas as direções. Foram testados semivariogramas com níveis de *lag* distintos, até que a curva teórica estivesse melhor adaptada a variância dos dados (Figura 5).

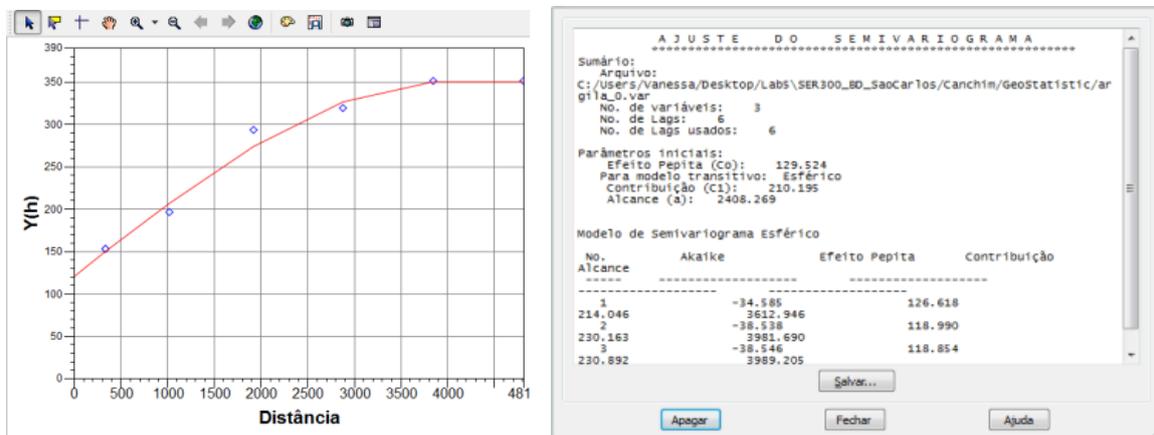


Figura 5 - Ajuste adotado para o semivariograma.

Para verificar a aderência dos dados ao semivariograma, é necessário explorar os valores residuais. Os valores residuais não devem ter correlação espacial aparente, além de não estarem correlacionados com os valores da curva do semivariograma estimado.

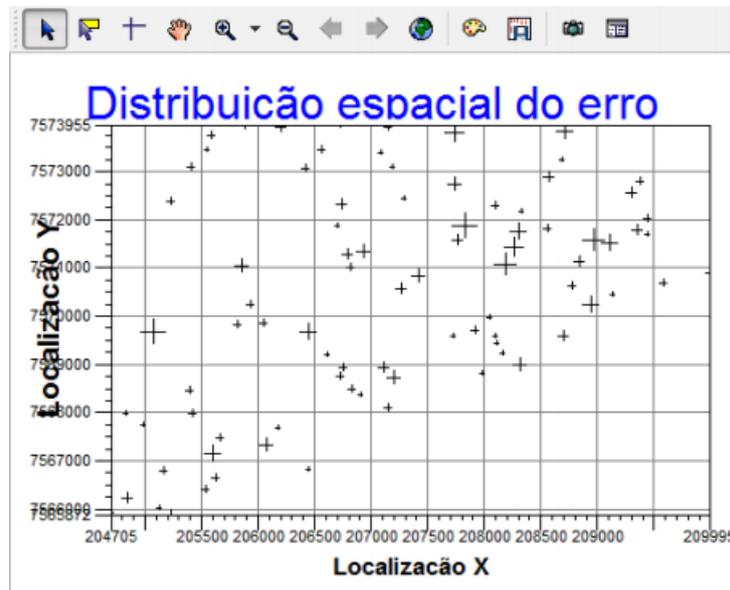


Figura 6 - Distribuição espacial dos resíduos gerados.

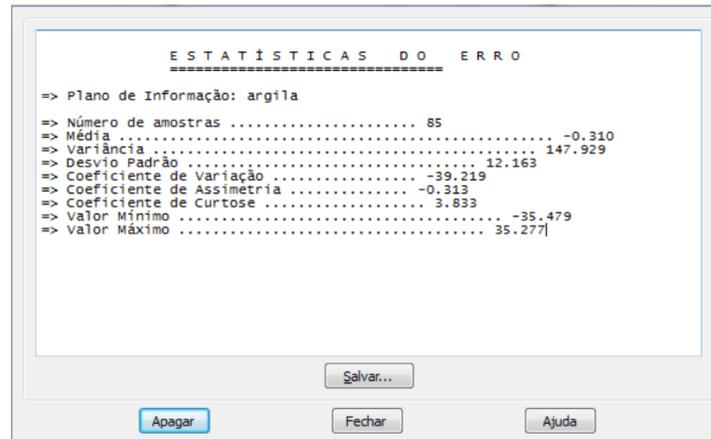


Figura 7 - Estatística residual.

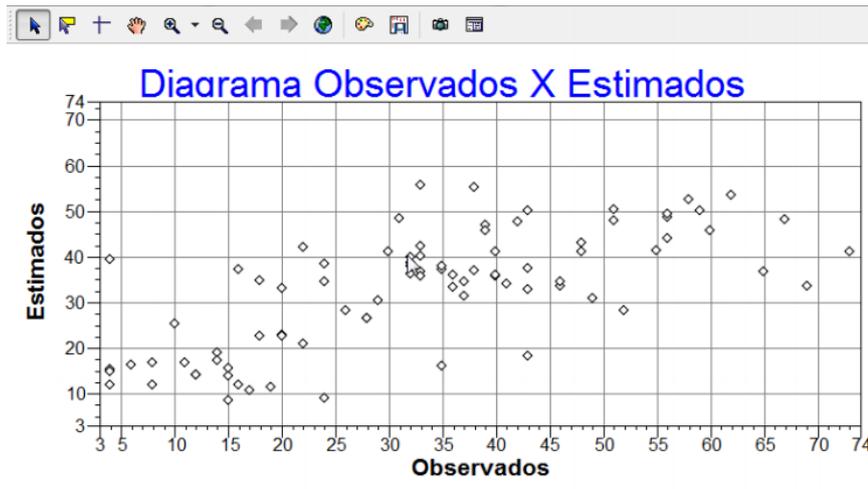


Figura 8 - Relação dos dados estimados e observados.

A exploração dos erros demonstra que não há uma correlação aparente entre os resíduos e os valores estimados, além de não haver tendências de distribuição espacial do erro. Assim, a grosso modo, pode-se considerar que o modelo obteve um bom ajuste.

#### 4. KRIGEAGEM

A implementação da Krigagem consiste na aplicação do semivariograma para cada amostra, de forma a interpolar os valores inter-amostrais a partir do conhecimento do comportamento espacial considerado. A figura 9 apresenta o resultado da Krigagem já recortado a partir da implementação do semivariograma isotrópico ajustado.

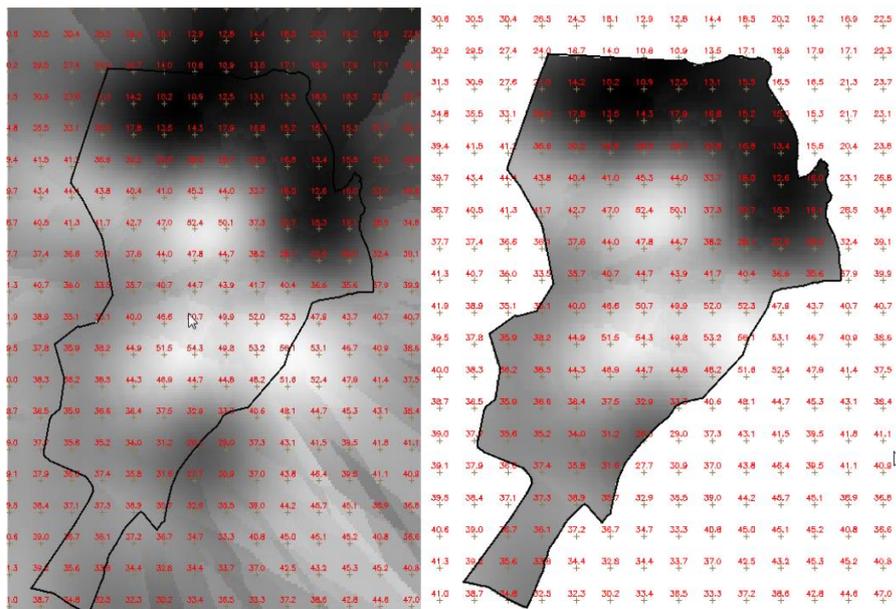


Figura 9 - Resultado da Krigagem a partir do semivariograma ajustado.

Foi gerado então o fatiamento a partir do resultado da Krigagem, como forma de estabelecer classes de teor de argila (Figura 10).

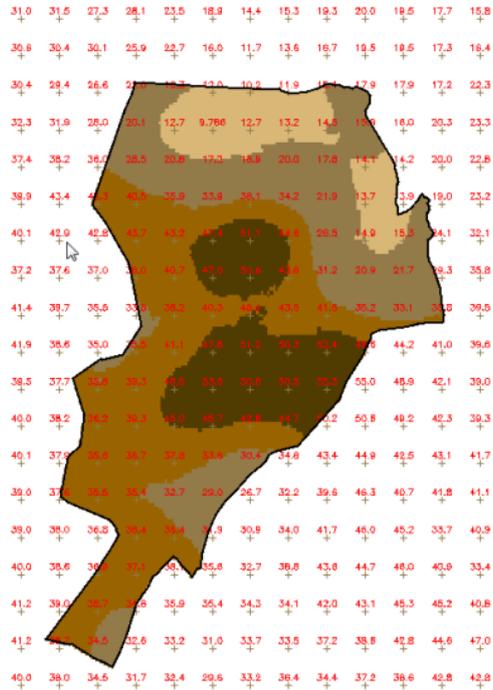


Figura 10 - Fatiamento do resultado obtido na Krigagem.

## 5. SEMIVARIOGRAMA ANISOTRÓPICO

A análise da anisotropia consiste em admitir que a variação espacial do fenômeno em questão não é idêntica para qualquer direção. O princípio da análise do semivariograma é idêntico, no entanto, deve-se considerar um semivariograma diferente para cada direção (ou um conjunto de direções representativo). A figura 11 apresenta a elipse melhor adaptada a distribuição dos dados, de forma que sejam analisadas pelo menos a direção de maior e menor variação espacial, ou seja, os eixos maior e menor da elipse.

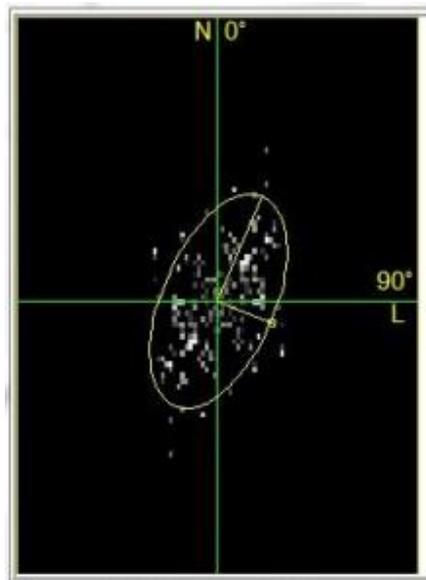


Figura 11 - Elipse de distribuição dos dados amostrais.

Foram gerados dois semivariogramas para as direções de maior e menor variância. A figura 12 apresenta os semivariogramas escolhidos e seus respectivos parâmetros.

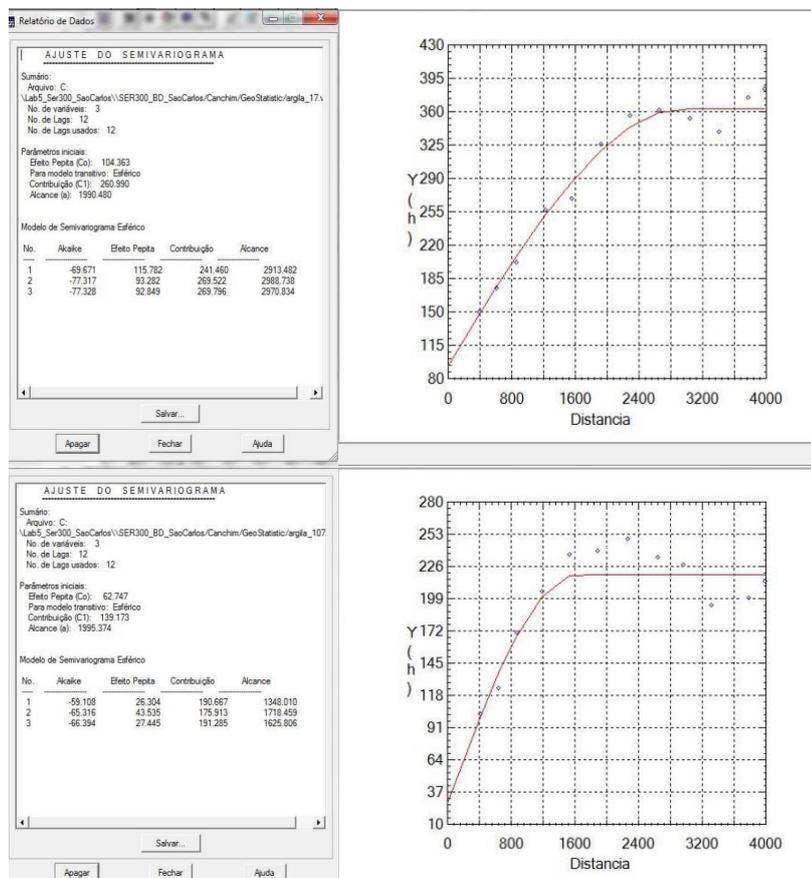


Figura 12 - Semivariogramas direcionais adotados.

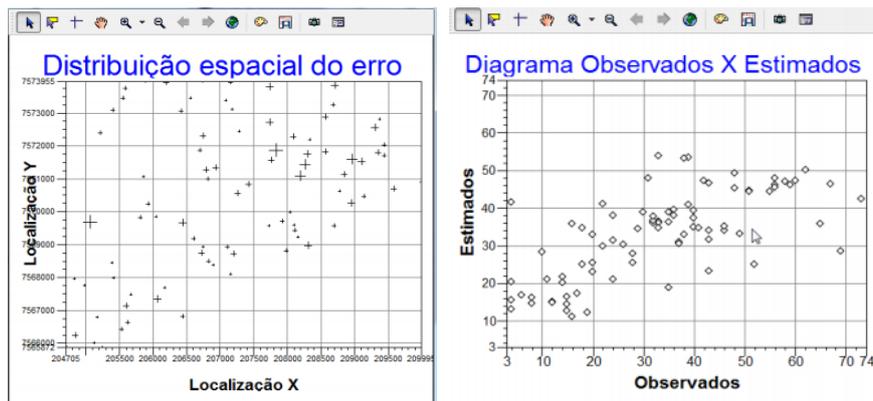


Figura 13 - Resíduos do semivariograma ajustados.

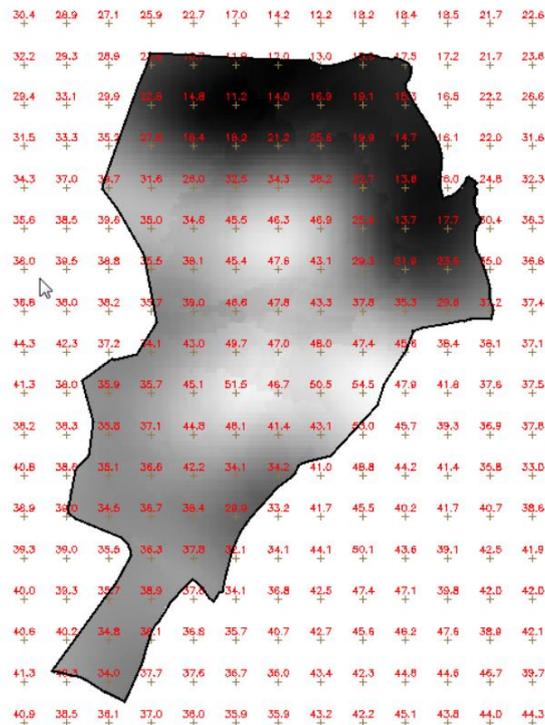


Figura 14 - Resultado da Krigagem a partir da análise dos semivariogramas direcionais.

A figura 15 apresenta o resultado do fatiamento da Krigagem a partir dos semivariogramas anisotrópicos e isotrópicos. É possível observar que as manchas de classe que ocorriam no mapa isotrópico são "esticadas", devido a implementação da variação longitudinal na direção de maior variância.

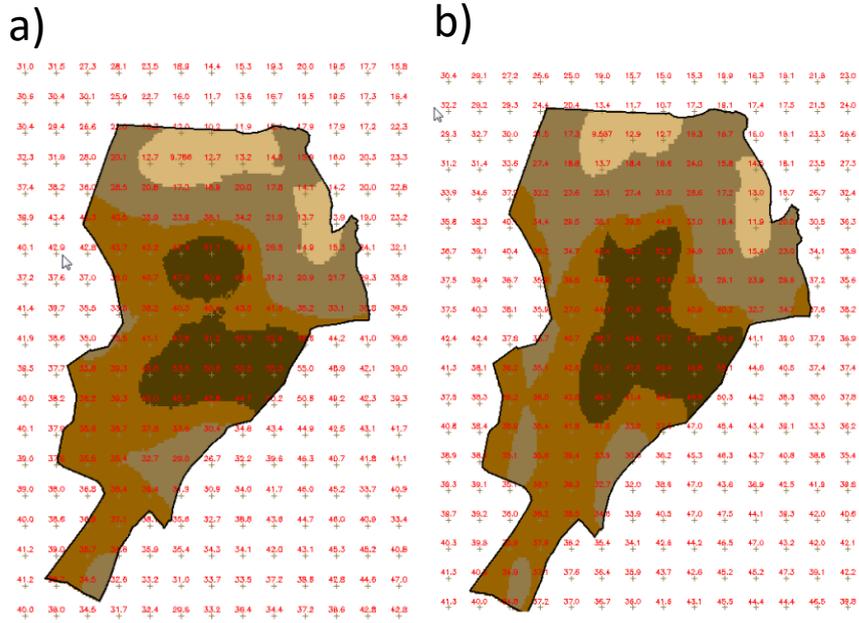


Figura 15 - Krigagem a partir de semivariograma isotrópico a) e anisotrópico b).