



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



Comparação de um algoritmo determinístico com um modelo geoestatístico na espacialização de concentração de clorofila na Baía de Tampa, Flórida

Diogo de Jesus Amore

São José dos Campos, 2014

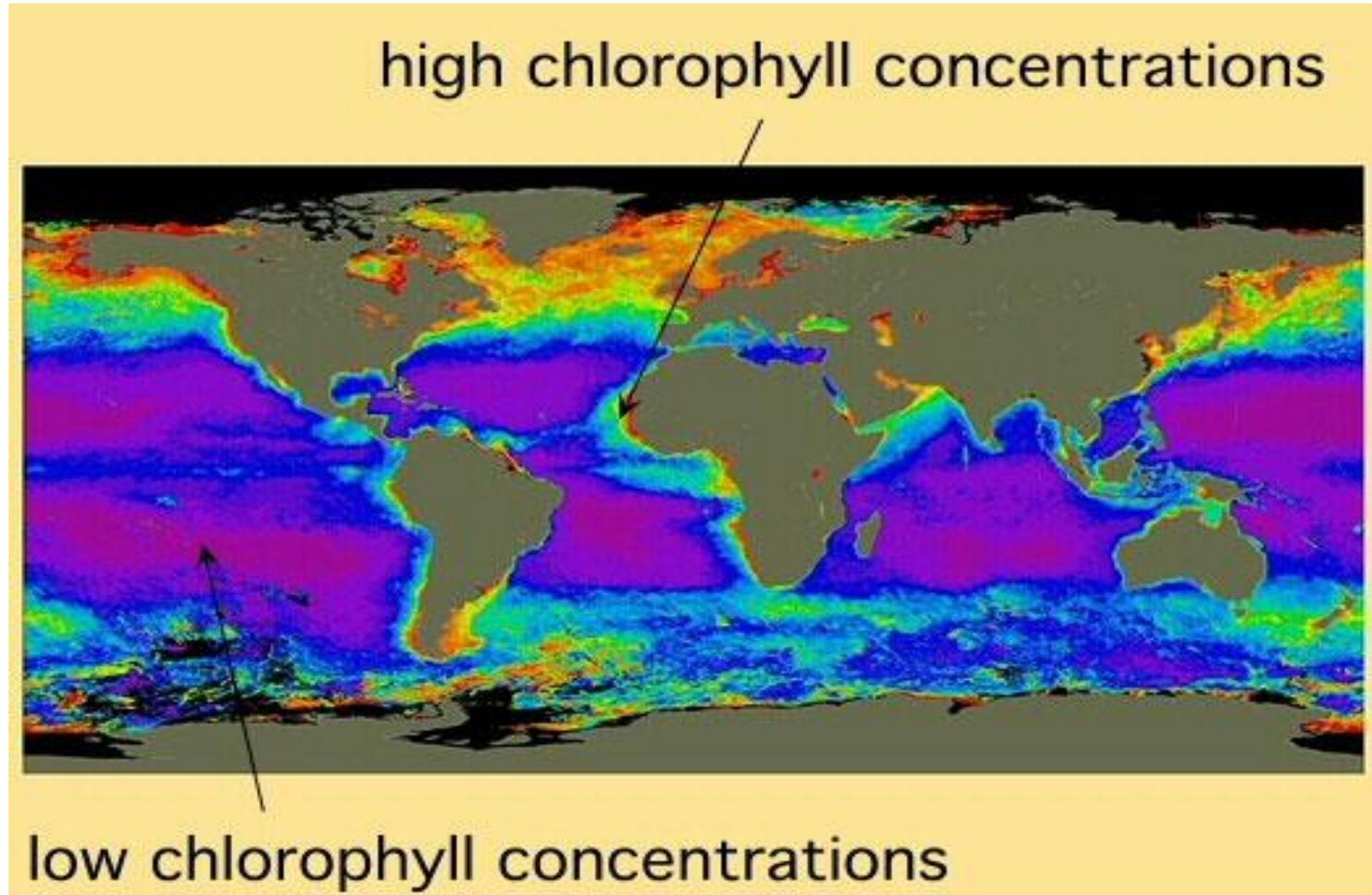
Roteiro

- Contextualização;
- Metodologia;
- Resultados e Discussão;
- Conclusões;

Contextualização

- Concentração de clorofila é um parâmetro de crítica importância no estudo dos processos biofísicos e bioquímicos em águas de Caso 1 e 2;
- Um dos principais processos é a produtividade primária (LIRA et al., 1992);
- Imagens de satélite têm uma função importante nesses estudos (JOINT e GROOM, 2000).

Contextualização



Fonte: Pima Community College – Marine Biology

Contextualização

- Em estudos de fenômenos naturais, além da utilização de imagens de satélites, métodos de estimação espacial determinísticos e geoestatísticos já foram muito utilizados:
 - Classes e salinidade de solos (ELDEIRY E GARCÍA, 2011);
 - Presença de minerais (JIMÉNEZ-ESPINOSA E CHICA-OLMO, 1999);
 - Batimetria (JHA et al., 2013);

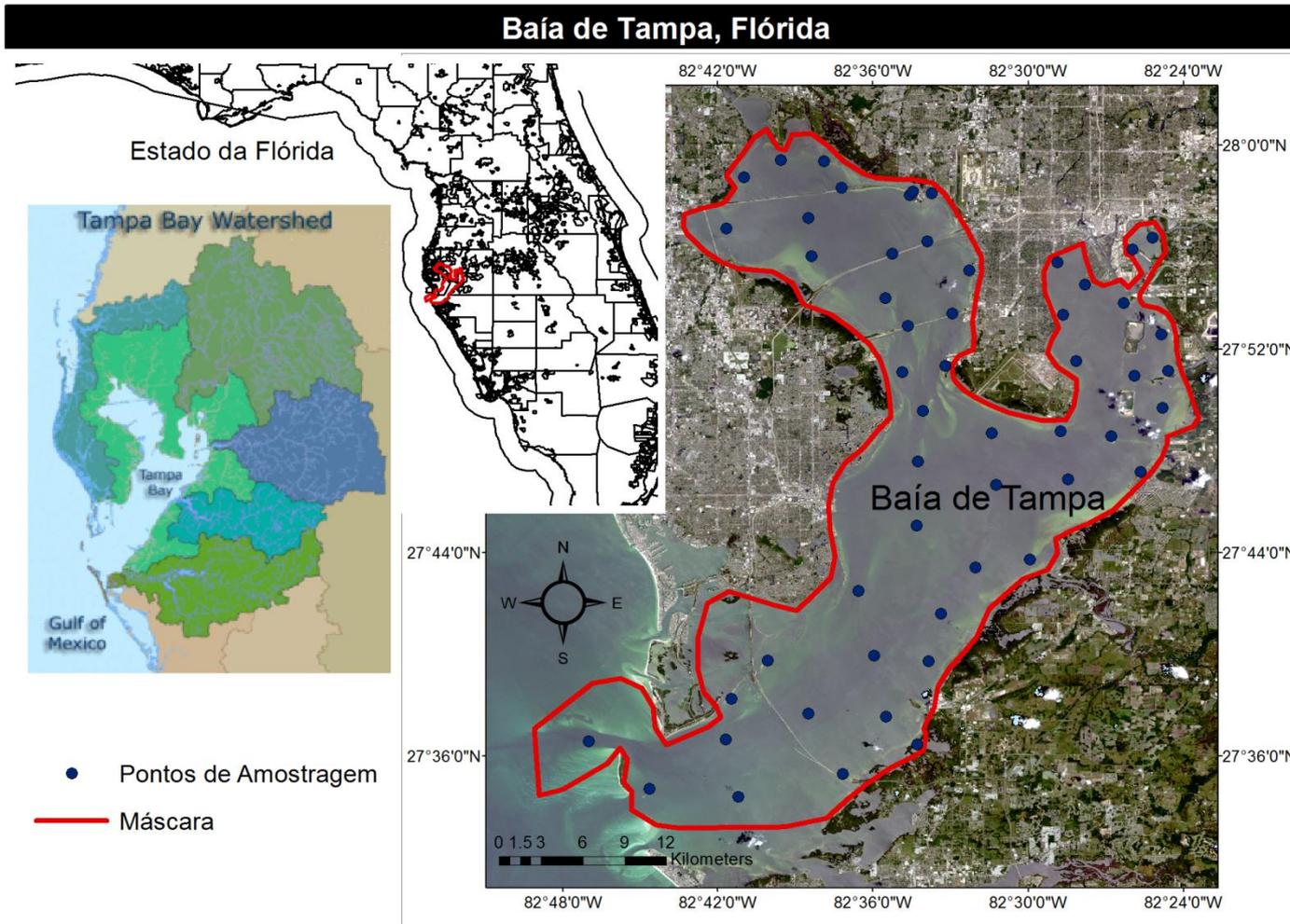
Contextualização

- Porém, poucos estudos utilizando métodos geoestatísticos e determinísticos foram aplicados a estudos de qualidade da água;
- Um dos principais motivos é a pouca quantidade de amostras disponíveis para tais estudos.

Contextualização

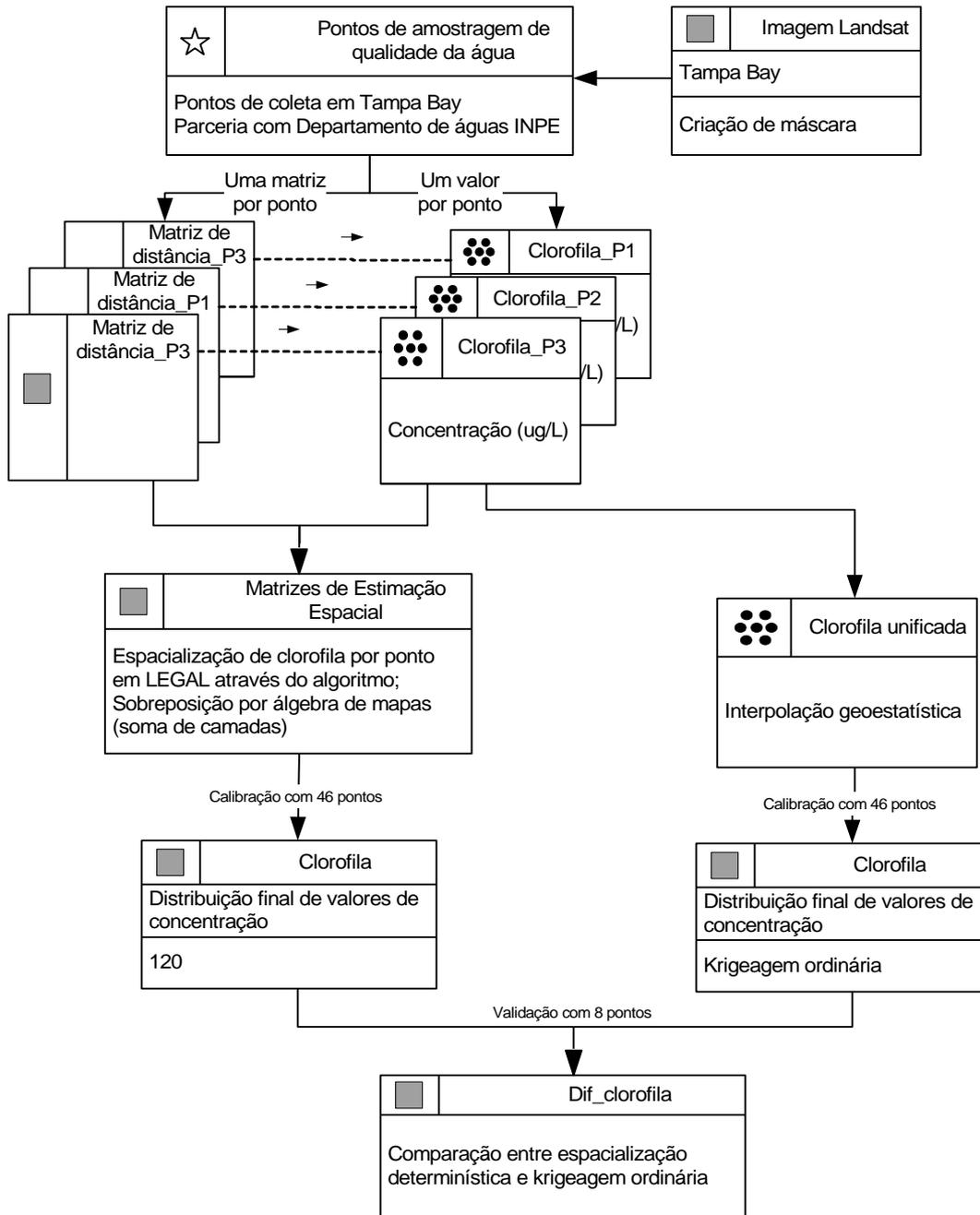
- Objetivo deste estudo:
 - Criação de um algoritmo determinístico para espacialização dos valores de concentração de clorofila;
 - Testar sua eficiência em evitar a inclusão de pontos de não interesse durante a espacialização;
 - Comparar o modelo determinístico com um modelo geoestatístico (krigeagem ordinária).

Contextualização



Metodologia

Modelo OMT-G



Metodologia

- Algoritmo determinístico:

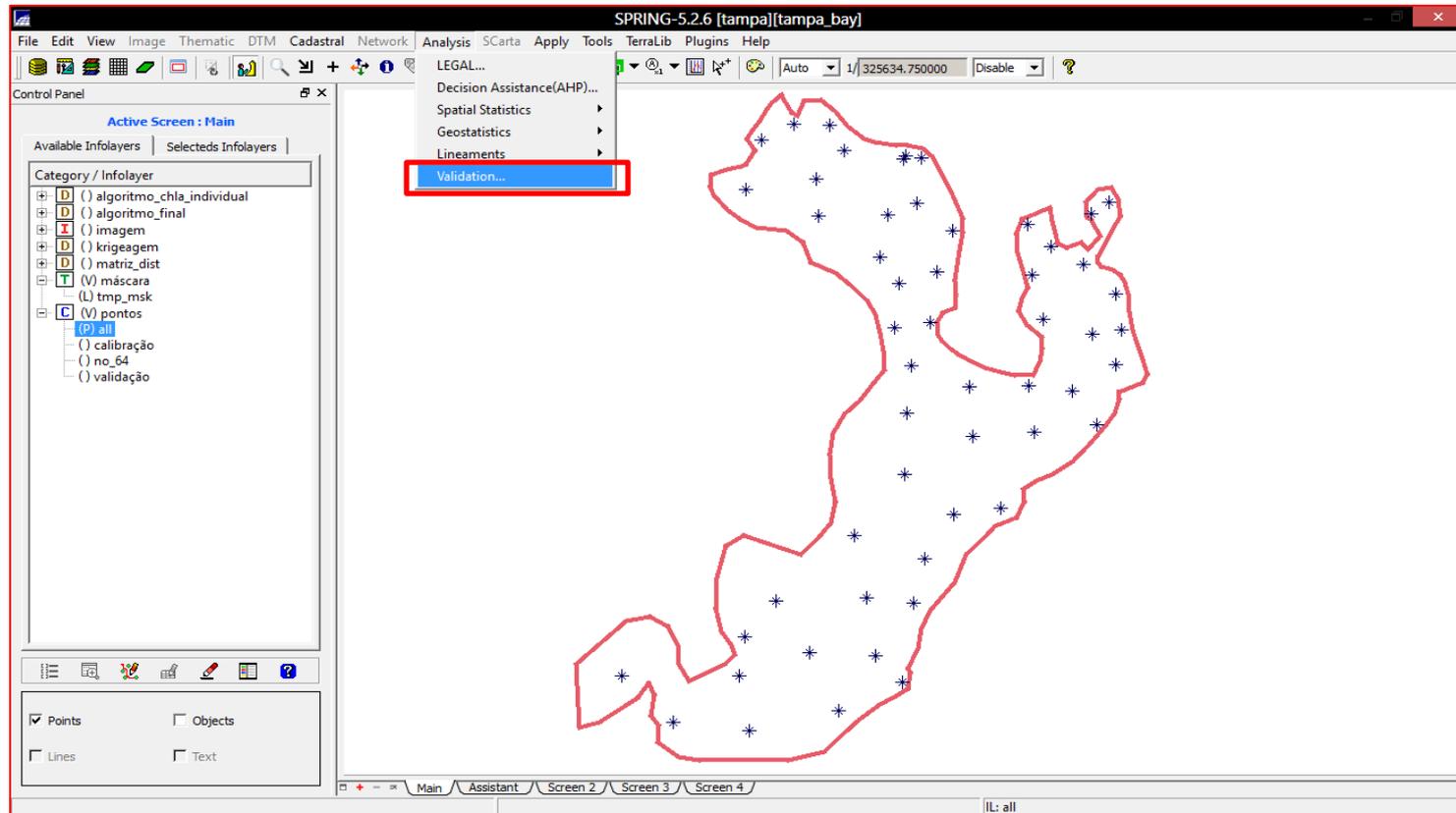
$$chl_{final_i} = chl_{inicial_i} * \left(\frac{1}{\frac{d_i}{180} + 1.1} \right)$$

Metodologia

- Método Geoestatístico
 - Os passos para o emprego da geoestatística são:
 - Análise exploratória dos dados de amostragem;
 - Análise estrutural (cálculo e modelagem do variograma);
 - $\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} * \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$ (DAVID, 1977)
 - Realização de inferências (krigeagem)
 - $Z_{x_0}^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$, com $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ (JOURNEL, 1988)

Metodologia

- Validação dos métodos através da rotina de validação do SPRING



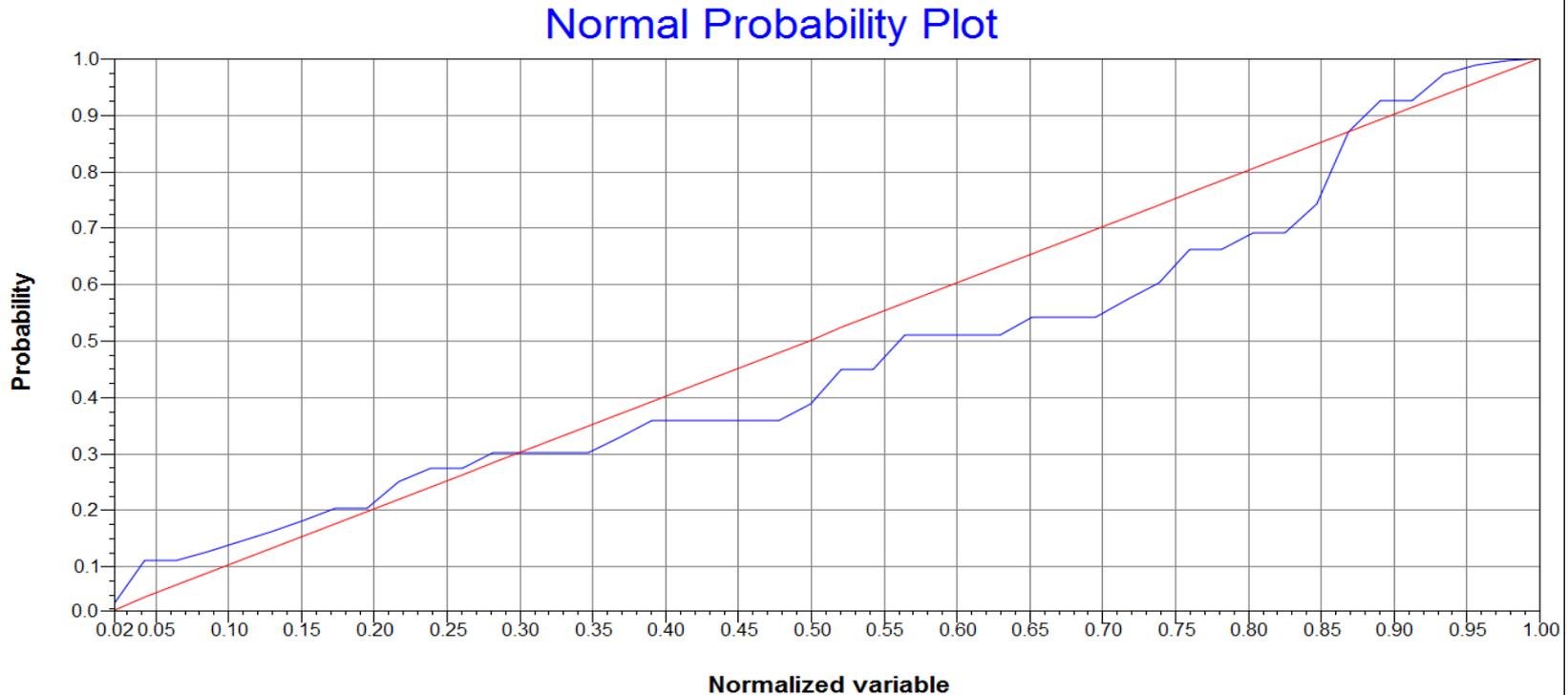
Metodologia

- Análise do Erro

Estimador	Fórmulas
Bias	$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)$
MSE	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2$
RMSE	$RMSE = \sqrt{MSE}$

y_i e x_i são as concentrações de clorofila observadas e estimadas para i th amostras (Ogashawara, 2013)

Resultados e Discussão

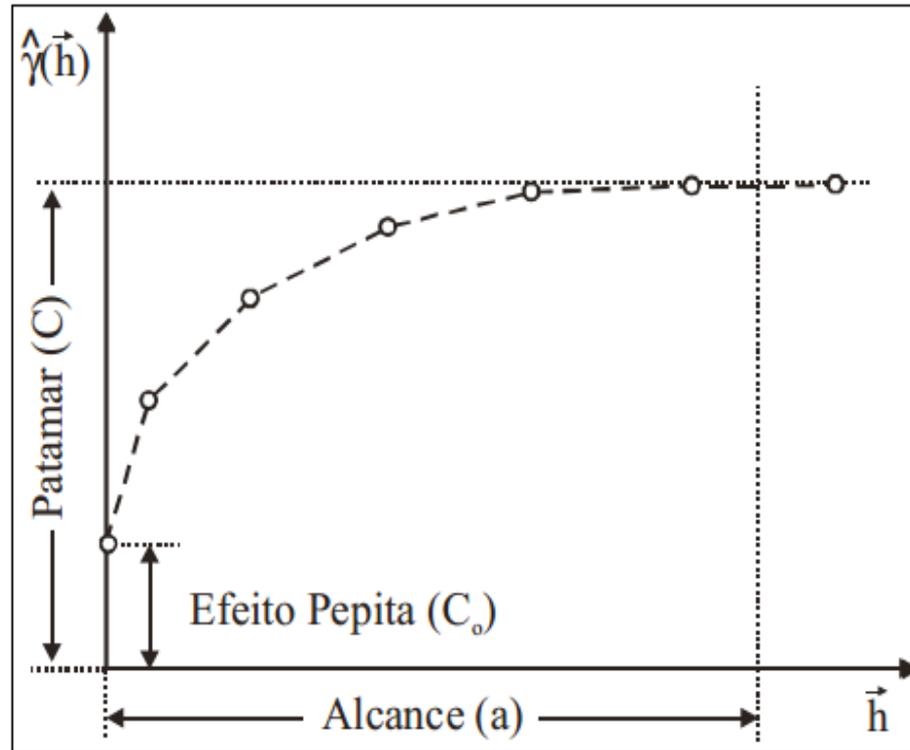


Distribuição ligeiramente assimétrica para direita com coeficiente de assimetria de 1.104. Valores de média e mediana próximos, podendo ser considerada aproximadamente simétrica. Distribuição de probabilidade das amostras aproximadamente uma distribuição normal, fornecendo segurança nas inferências realizadas.

Resultados e Discussão

Parâmetros do semivariograma experimental

Efeito Pepita: a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras.



Alcance: distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente. Dentro dos limites da área de estudo.

Patamar: Deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras.

(Camargo, 2001)

Resultados e Discussão

Tabela com os parâmetros do modelo de semivariograma esférico ajustado gerado pelo SPRING

FITTING OF SEMIVARIOGRAM

Data file summary:

Data file name: C:\Users\Diogo Amore\Desktop\Study_files_for_MSc\MSc_Modules\1st\Intro_to_Geoproc
No. of variables: 3
No. of points: 8
No. of points used: 8

Initial Parameters:

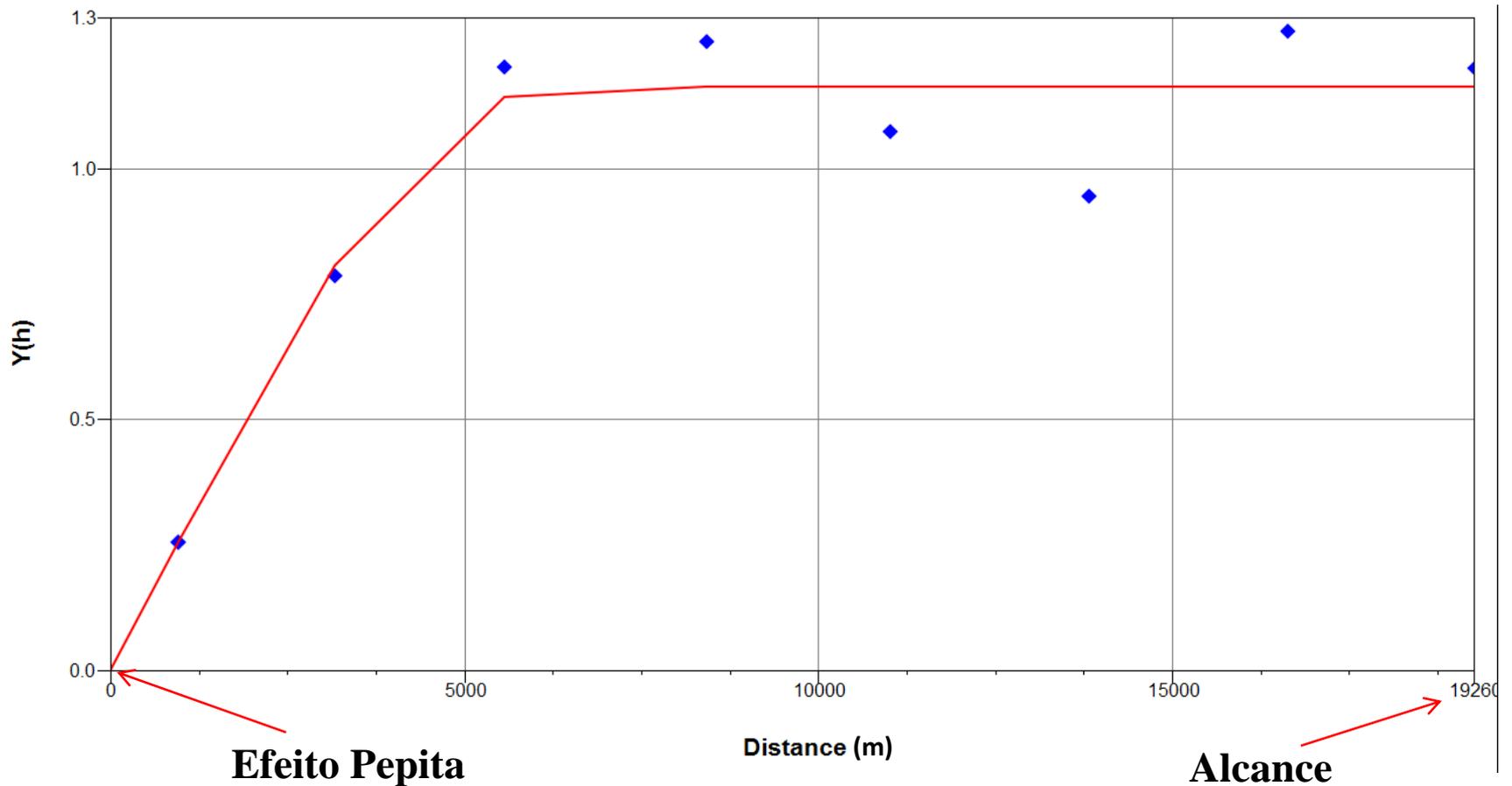
Nugget effect (Co): 0.022
For transtive model: Spherical
Sill-nugget (C1): 1.115
Range (a): 9644.114

Spherical semivariogram model

No.	Akaike	Nugget Effect	Contribution	Range	
1	-24.855	0.005	1.132	5030.098	
2	-39.205	0.009	1.152	6357.984	
3	-41.290	-0.019	1.179	6205.885	
4	-41.292	-0.018	1.178	6246.064	

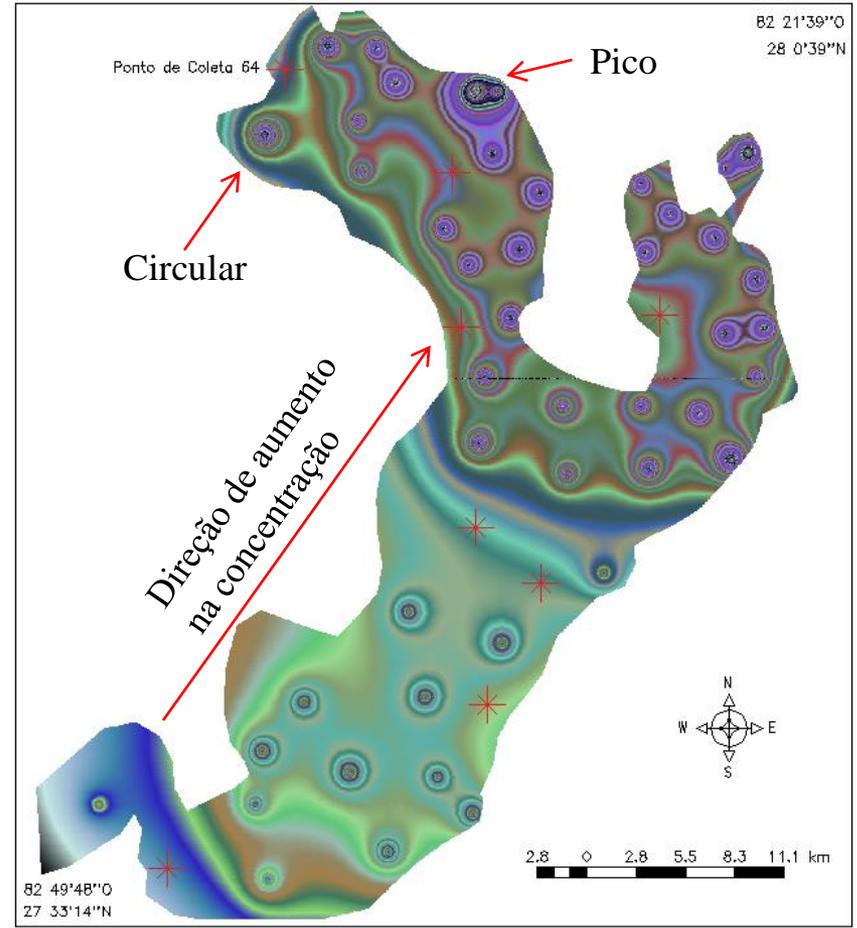
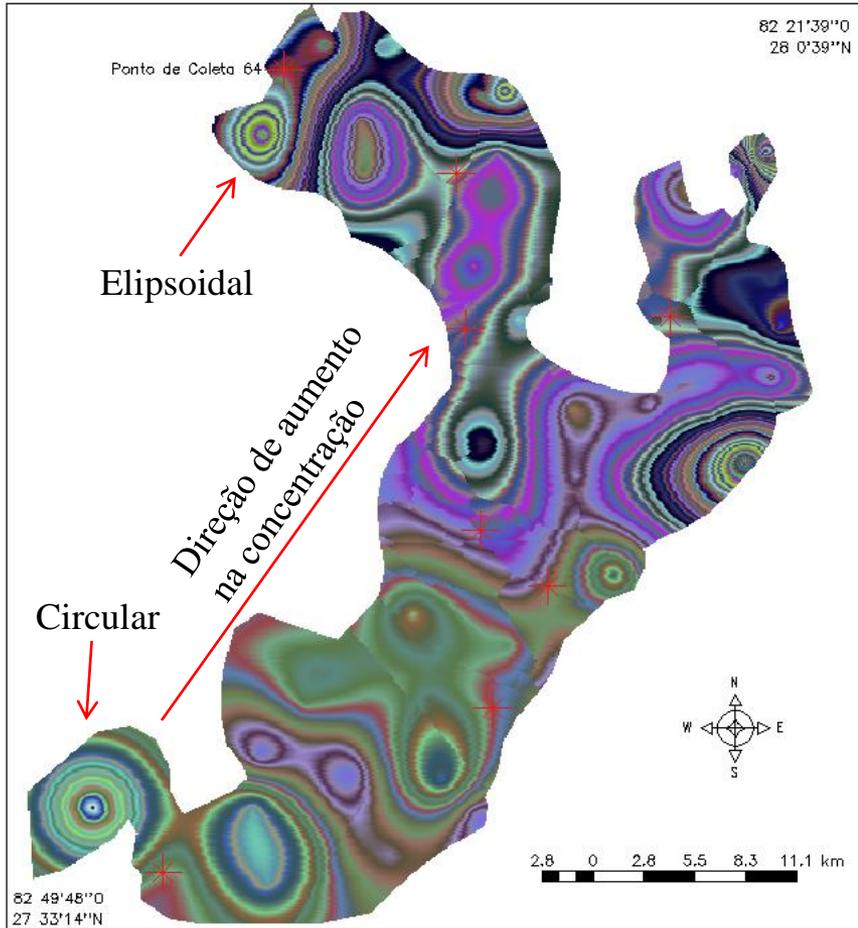
Resultados e Discussão

Modelo de ajuste esférico do semivariograma neste estudo



Resultados e Discussão

Mapa de Krigeagem vs Mapa do Algoritmo

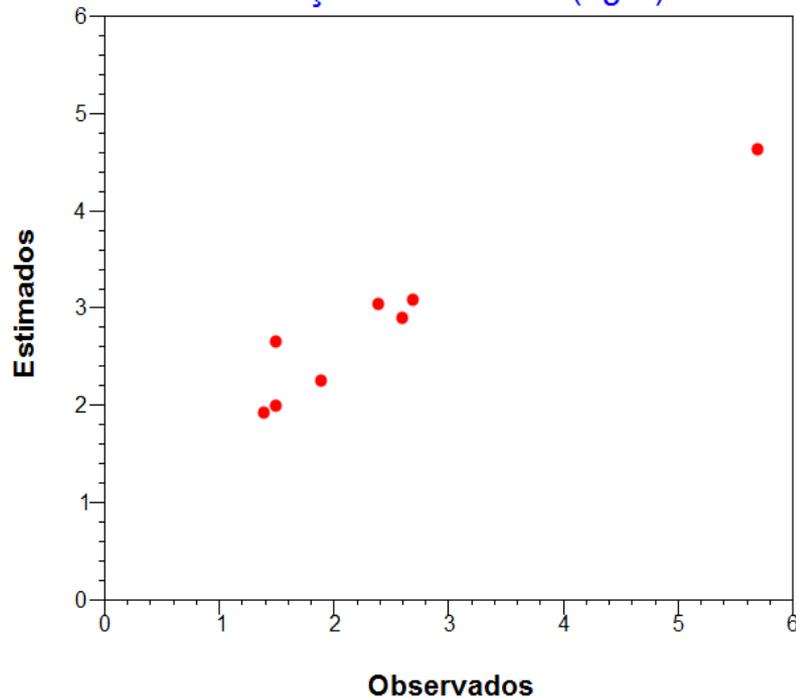


Raio de interpolação máximo utilizado

Resultados e Discussão

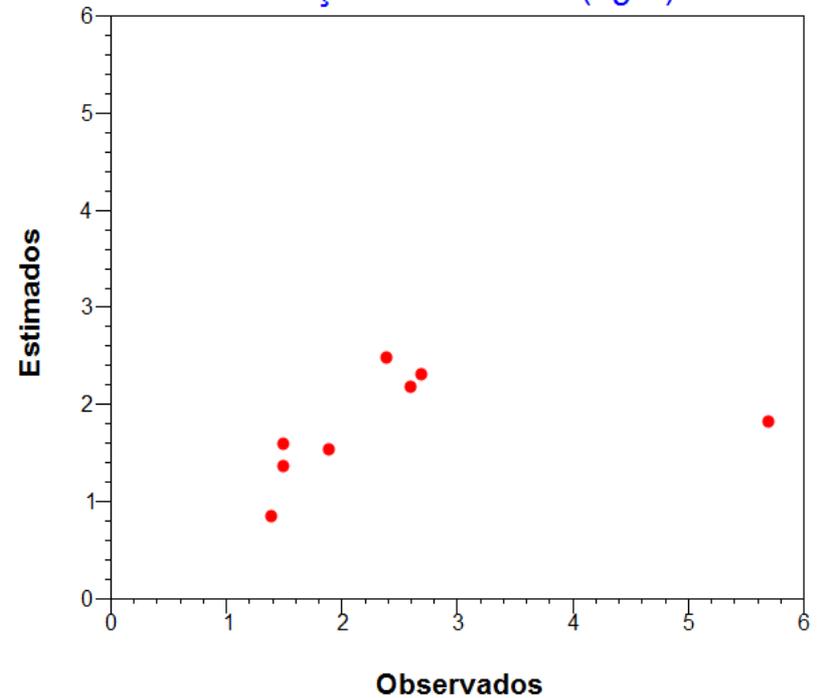
Validação Krigeagem

Concentração de Clorofila (ug/L)



Validação Algoritmo

Concentração de Clorofila (ug/L)



Resultados e Discussão

- Análise do Erro

Tabela dos resultados de RMSE e *Bias*

Krigeagem			Algoritmo		
Com outlier*	RMSE	Bias	Com outlier	RMSE	Bias
	0.679	-0.331		1.414	0.711
Sem outlier	RMSE	Bias	Sem outlier	RMSE	Bias
	0.598	-0.534		0.350	0.257

*Outlier: Estação de coleta número 64

Conclusões

- Inclusão de parâmetros de controle pode aumentar a eficiência da estimação espacial do algoritmo determinístico;
- Esse modelo pode substituir modelos geoestatísticos que, apesar de eficientes, dependem do número de amostras;
- O algoritmo determinístico pode, eventualmente, superar essa limitação.

Referências

- CAMARGO, E.C.G.; FUCKS, S.D.; CÂMARA, G. Análise Espacial de Superfícies. In: CÂMARA, G.; DAVIS.C.; MONTEIRO, A.M.; D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001. Capítulo 3. p.3.1-3.37.
- DAVID, M. Geostatistical Ore Reserve Estimation. **Developments in Geomathematics 2**. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands, 364p. 1977.
- ELDEIRY, A.A.; GARCÍA, L.A. Using Deterministic and Geostatistical Techniques to Estimate Soil Salinity at the Sub-Basin Scale and the Field Scale. **Hydrology Days**, 2011.
- JHAA, S.K.; MARIETHOZA, G.; Kelly, B.F.J. Bathymetry fusion using multiple-point geostatistics: Novelty and challenges in representing non-stationary bedforms. **Environmental Modelling and Software**. v.50, p.66-76, 2013.
- JIMÉNEZ-ESPINOSA, R.; CHICA-OLMO, M. Application of geostatistics to identify gold-rich areas in the Finisterre-Fervenza region, NW Spain. **Applied Geochemistry**, v.14, p.133-145, 1999.
- JOINT, I.; GROOM, S.B. Estimation of phytoplankton production from space: current status and future potential of satellite remote sensing. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v.250, n.1-2, p.233-255, 2000.
- JOURNEL, A.G. New distance measures: the route towards truly non-Gaussian geostatistics. **Mathematical Geology**, v.20, p.459-475, 1988.
- LIRA, J.; MARZOLF, G.R.; MAROCCHI, A.; NAUGLE, B. A probabilistic model to study spatial variations of primary productivity in river impoundments. **Ecological Applications**, v.2, n.1, p.86-94, 1992.
- OGASHAWARA, I.; MISHRA, D.R.; MISHRA, S; CURTARELLI, M.P.; STECH, J.L. A Performance Review of Reflectance Based Algorithms for Predicting Phycocyanin Concentrations in Inland Waters. **Remote Sensing**, v.5, p.4774-4798, 2013.