

Estimação da densidade do solo em uma região da Amazônia para o cálculo de estoques de carbono do solo

Rodrigo Rossetto Pescim ¹, Mariana Ragassi Urbano ², Clarice Garcia Borges Demétrio ³

1 INTRODUÇÃO

O carbono orgânico (C) contido nos solos dos ecossistemas naturais é altamente susceptível às mudanças de estoque devido ao manejo da terra, e os estoques de C no solo são quase sempre reduzidos quando ocorre a conversão de ecossistemas nativos para agroecossistemas, principalmente pelos mecanismos de redução da entrada de matéria orgânica no sistema, aumento da oxidação em função do cultivo mecanizado e da erosão do solo.

Na região Amazônica, a exploração pecuária é atividade pioneira e o procedimento habitual de derrubada e queima de biomassa vegetal da floresta para a formação de pastagem é responsável pela diminuição no estoque de C do solo. O resultado de ambos os processos é um aumento do fluxo de carbono, na forma de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), para a atmosfera e redução das reservas florestais.

Inversamente, a aplicação de práticas inovadoras de manejo agrícola, pode promover o restabelecimento do estoque de C do solo, reduzir as emissões de CO₂ e CH₄ e conseqüentemente, diminuir as taxas de desmatamento. Uma forma de se calcular os estoques de C no solo, é utilizar a metodologia proposta por Moraes et al. (1996), em que multiplica-se a concentração de C pela densidade do solo da camada, e pela espessura da camada amostrada.

As técnicas convencionais para a estimação da densidade do solo não levam em consideração a dependência espacial existente nos diferentes tipos de solos, o que pode

¹ESALQ-USP, rrpescim@esalq.usp.br.

²ESALQ-USP, mrurbano@esalq.usp.br.

³ESALQ-USP, clarice@esalq.usp.br.

Para verificar se há indícios de que os dados apresentem dependência espacial, pode ser utilizada como ferramenta gráfica o envelope de variogramas, que é um intervalo para a aparente dependência espacial do variograma empírico obtido. Nesse gráfico, há indícios de que haja dependência espacial se houverem pontos situados fora do envelope de variogramas.

Para se escolher o modelo, inicialmente foi feito um ajuste a olho nu (*eyefit*) para os modelos exponencial e esférico. Esses dois ajustes forneceram estimativas iniciais para os parâmetros τ^2 (efeito pepita) e os pares de covariáveis σ^2 e ϕ (alcance). Depois de ajustados, os dois modelos foram comparados pelo Método de Akaike (AIC) e Critério de Informação de Bayes (BIC), em que se fez a escolha do melhor modelo a ser utilizado no mapa de krigagem, sendo que o melhor modelo apresenta menores valores para AIC e BIC.

Desta forma, a partir do conhecimento da dependência espacial, pode-se estimar pontos desconhecidos dentro da área em estudo, pois estes serão muito semelhantes a seus vizinhos, usando a krigagem segundo Vieira et al. (2002), que estima valores com desvios mínimos em relação aos valores conhecidos, ou seja, com variância mínima. O uso da krigagem permite a construção de uma média ponderada dando os devidos pesos aos elementos vizinhos conhecidos, dando-se geralmente peso maior a vizinhos de primeiro e segundo grau, ou seja, uma interpolação de valores de acordo com a equação (2).

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

O mapas contruídos com os valores obtidos por meio da krigagem são importantes para a verificação e interpretação da variabilidade espacial. A análise geoestatística dos dados é completada com as informações mostradas nos mapas visualmente comparadas para o entendimento da variabilidade da densidade do solo.

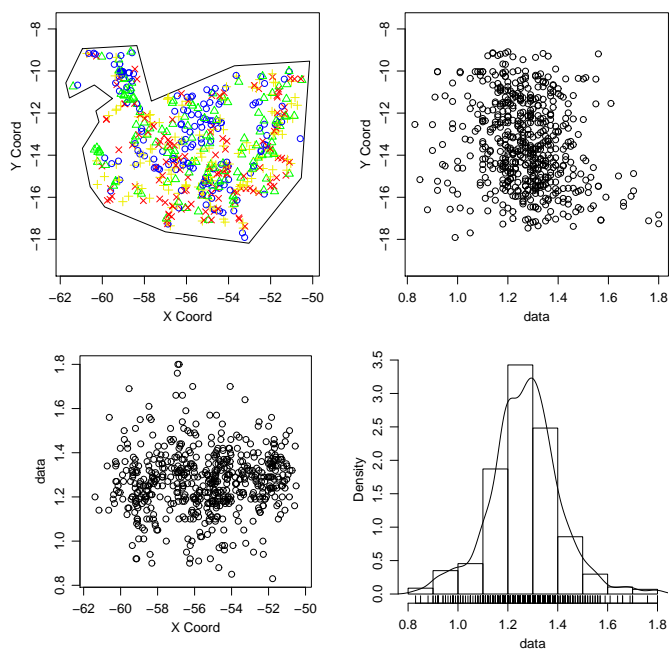


Figura 1: Gráfico com as localizações e com as observações versus coordenadas

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 estão representados os gráficos das observações em relação às coordenadas X e Y. O primeiro gráfico (Figura 1) observa-se que os pontos de mesma cor pertencem ao mesmo tipo (ou classe) de solo. O segundo e terceiro gráficos, há uma maior concentração das observações ao redor da média dos valores da densidade do solo. O último gráfico apresenta o histograma da variável resposta (densidade do solo), verificando-se que os dados aparentam seguir uma distribuição normal. Primeiramente, realizou-se ajustes a olho nu (*eyefit*) para os modelos exponencial e esférico, na qual forneceu valores para os parâmetros necessários (σ^2 , τ^2 e ϕ), como mostra a Tabela 1.

Os valores da Tabela 1, foram utilizados no software estatístico R para realizar a estimação dos modelos (exponencial e esférico) pelo método da máxima verossimilhança,

Tabela 1: Valores iniciais para os parâmetros obtidos pelo eyefit

Model/Parâmetro	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\tau}^2$	$\hat{\phi}$
Esférico	0,01	2,39	0,01
Exponencial	0,01	1,20	0,01

o que tornou-se essencialmente útil na escolha de um modelo adequado que serviria futuramente para a confecção do mapa de krigagem. Na Tabela 2 estão os valores obtidos para as estimativas dos parâmetros dos modelos (exponencial e esférico), que juntamente com os valores dos critérios AIC e BIC, indicam um melhor ajuste para o modelo esférico.

Tabela 2: Estimativas dos parâmetros e valores de AIC e BIC

Modelo/Parâmetro	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\tau}^2$	$\hat{\phi}$	$\hat{\beta}$	AIC	BIC
Esférico	0,0034	0,0165	2,4803	1,2778	-652,3000	-635,0000
Exponencial	0,0039	0,0164	1,4258	1,2814	-650,6000	-633,2000

A Figura 2 representa o mapa de Krigagem da variável densidade do solo realizada sobre o modelo esférico cujos parâmetros encontram-se na tabela 2. Realizou-se a predição sobre todos os pontos da área em estudo, uma vez que a área experimental possui dependência espacial. Observa-se que as regiões mais claras correspondem aos maiores valores da densidade, e as regiões mais escuras correspondem aos menores valores da densidade.

2.1 CONCLUSÕES

A dependência espacial apresentada para os diferentes tipos de solos, possibilitou o estudo da densidade do solo por meio das técnicas de geoestatística. Nesse contexto, utilizou-se os modelos esférico e exponencial (modelos muito utilizados na literatura de ciências do solo), na qual o melhor ajuste foi representado pelo método esférico. Obteve-se a construção do mapa de Krigagem para predizer todos os valores amostrais, indicando as regiões que apresentaram maiores índices de dependência espacial. Com a estimação

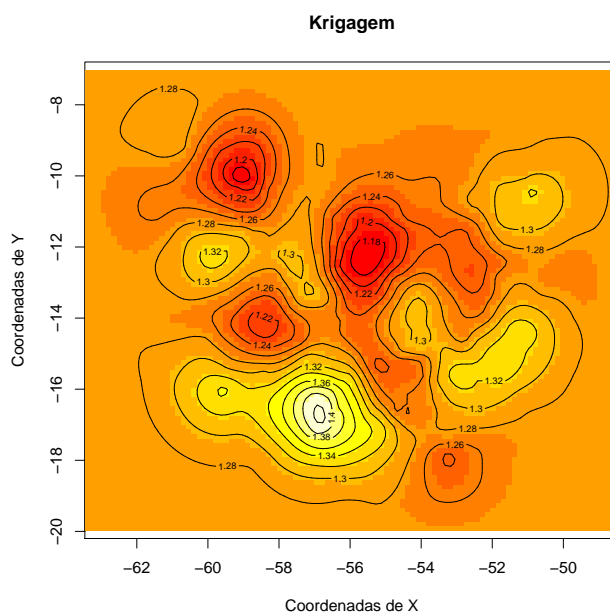


Figura 2: Krigagem

da densidade do solo, espera-se que os cálculos dos estoques de carbono na região possam ser efetuados, para que o reflorestamento da área seja realizada.

REFERÊNCIAS

Moraes, J.F.L.; Volkoff, B.; Cerri, C.C.; Bernoux, M. Soil properties under Amazon forest change due to pasture installation in Rondônia, Brazil. *Geoderma*, v.70,p63-81, 1996.

Vieira, S.R.; Millete, J.; Topp, G.C.; Reynolds, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, p.1-45.