
NOTA TÉCNICA:

MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO BRUX EM CANA-DE-AÇÚCAR

Carlos Alberto Alves Varella¹, Vinicius Rios Barros², Murilo Mesquita Baesso³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo propor uma metodologia para mapear a variabilidade espacial do brix na cultura da cana-de-açúcar. Os dados foram coletados na Usina Paineiras S.A., localizada em Itapemirim, ES. As leituras de brix foram obtidas em uma área de 1 ha. As análises geoestatísticas foram feitas no programa computacional Arcgis 9.2®. Foram testados modelos circular, esférico, exponencial e gaussiano com o método de interpolação por krigagem. O modelo gaussiano foi selecionado conforme metodologia proposta neste trabalho. Obteve-se um mapa temático da variabilidade espacial do brix que poderá auxiliar no manejo da cultura da cana-de-açúcar, detectando falhas e fatores limitantes da produtividade.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, manejo da cana-de-açúcar, mapas.

ABSTRACT

MAPPING SPATIAL BRUX VARIABILITY OF SUGARCANE

This study proposes a method to map brix variability in sugarcane plantations. The data were collected in cane field of Usina Paineiras S.A., at Itapemirim, ES. The brix readings were collected from an area of 1.0 ha. The geostatistical analysis was carried out using software Arcgis 9.2®. The Gaussian Krig model was selected according to the method proposed in this work. A thematic map of spatial brix variability was obtained that can help sugarcane management, detecting faults and yield limitation factors.

Keywords: precision agriculture, sugarcane management, map accuracy.

Recebido para publicação em 08/11/2010. Aprovado em 28/11/2011.

1- Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia/Instituto de Tecnologia/UFRRJ, BR 465, km 7, Seropédica - RJ, varella.caa@gmail.com

2- Graduando em Engenharia Agrícola - UFRRJ, BR 465, km 7, Seropédica - RJ.

3- Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Zootecnia – USP/FZEA, Av. Duque de Caxias Norte, 225, Pirassununga – SP.

INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão pode ser definida como uma nova tecnologia de manejo com base em informações georreferenciadas para controle de sistemas agrícolas. Baseia-se no detalhamento da informação por meio da aplicação de processos de monitoramento georreferenciado e integração de características de solo, planta e clima (STEWART ; McBRATNEY, 2000). A forma mais simples de adoção da agricultura de precisão em cana-de-açúcar é a aplicação de insumos à taxa variável, tendo como base características do solo. Contudo, a amostragem de solo deve ser feita com pelo menos três meses de antecedência tornando-a demorada e custosa, exigindo ainda posteriores análises em laboratório (VITTI *et. al.*, 2012). O brix tem sido um indicador de maturação da cana-de-açúcar bastante utilizado. Este indicador está estreitamente correlacionado com o teor de sacarose da cana, sendo dependente da adubação, controle de pragas e doenças, umidade e grau de compactação do solo, entre outros. O brix possui a vantagem de poder ser medido com refratômetro diretamente no campo. Desse modo, o brix assume um importante papel na tomada de decisão não só na escolha do momento ideal de se colher a cultura, mas também, como um importante indicador qualitativo de manejo. Objetivou-se com esse trabalho propor uma metodologia para monitoramento da variabilidade espacial do brix na cultura da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ. Os dados são provenientes da Usina Paineiras S.A., Itapemirim, ES. Foram coletadas 36 amostras, aleatoriamente, de suco em um talhão de cana-de-açúcar de, aproximadamente, 1 ha. Os valores de brix foram obtidos diretamente no campo utilizando-se um refratômetro da marca Instrumentos Científicos, modelo RT-30ATC. As coordenadas dos pontos foram obtidas com um aparelho GPS da marca Ashtech, modelo Promark 2, precisão 1 ppm, no modo pós-processado. Os elementos de uma imagem digital são denominados de “pixels” e guardam informações das coordenadas e níveis de cinza. A cada pixel é associado um valor único de atributo. Então, a cada

observação no campo associou-se um valor de brix. A resolução (o grau de detalhes discerníveis) de uma imagem depende fortemente do número de amostras e níveis de cinza, sendo definida como a razão entre a quantidade de observações (pixels) por unidade de área. (GOLZALEZ; WOODS, 2000). A resolução espacial amostral foi de 16,67 m, calculada conforme Equação 1, considerando-se 36 amostras em uma área de 1 ha. Os valores amostrais foram interpolados por krigagem, no programa computacional ARCGIS 9.2® (ESRI, 2008), para grade regular com resolução espacial de 1,0 m.. A metodologia proposta para a seleção do modelo de semivariograma foi constituída de duas etapas: ajuste e seleção do modelo de semivariograma.

$$RA = \left(\frac{A}{n}\right)^{1/2} \quad (1)$$

em que

RA = resolução espacial amostral;

A = área amostral; e

n = número de observações.

Os semivariogramas foram modelados a partir de 36 observações georreferenciadas de valores do grau brix, utilizando-se o aplicativo Geostatistical Analyst com configuração padrão do programa computacional ARCGIS versão 9.2 (ESRI, 2008). Os modelos testados foram: circular, esférico, exponencial e gaussiano.

Os modelos de semivariogramas ajustados na etapa anterior foram utilizados para fazer previsões de 36 valores de brix nas mesmas posições dos pontos amostrados. Em seguida, procedeu-se o ajuste de um modelo linear de 1º grau de valores preditos em função de valores observados. Os parâmetros dessa regressão foram avaliados conforme metodologia descrita por Graybill (1976). Essa metodologia consiste em se testar o intercepto e o coeficiente angular da equação de 1º grau obtida na regressão entre valores preditos e observados. A hipótese nula desse teste F é: intercepto zero e coeficiente angular 1 um. Quando aceitamos a hipótese nula os valores preditos são estatisticamente iguais aos valores observados. Isto ocorre quando o teste F é não significativo e o modelo pode ser utilizado

para fazer previsões. Caso contrário, se o resultado do teste F for significativo, indica tendência na modelagem e deve-se tentar outro modelo de semivariograma. Neste trabalho selecionou-se o modelo de semivariograma que apresentou menor valor F não significativo no teste. Na Figura 1 ilustram-se as etapas da metodologia proposta para seleção do modelo de semivariograma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 são apresentados os parâmetros ajustados para os modelos de semivariogramas obtidos, utilizando-se o programa computacional

ARCGIS 9.2[®] com a extensão Geoostatistical Analyst.

O resultado da regressão linear entre valores preditos e observados de grau brix são apresentados na Quadro 2. Os parâmetros apresentados são: intercepto, coeficiente angular, erro de predição e Teste F. O modelo gaussiano apresentou resultado não significativo no Teste F, indicando que valores de grau brix preditos por este modelo foram estatisticamente iguais aos valores observados. Desta forma o modelo gaussiano foi selecionado para estimar a variabilidade espacial do grau brix. A Figura 2 ilustra o modelo de semivariograma gaussiano ajustado no programa computacional ARCGIS 9.2[®], selecionado para fazer previsões de brix na interpolação por krigagem.

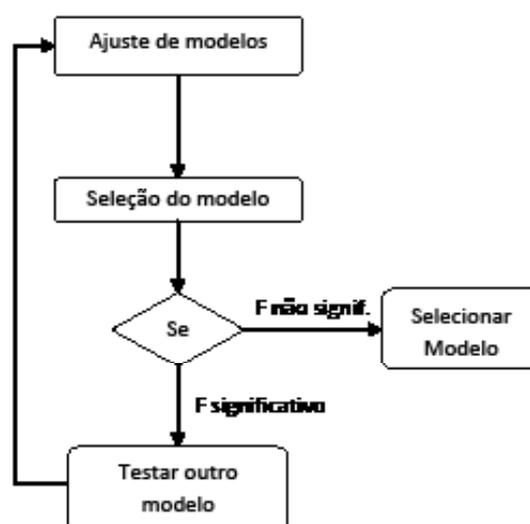


Figura 1. Etapas da metodologia proposta para seleção do modelo de semivariograma.

Quadro 1. Parâmetros ajustados para os modelos de semivariogramas, obtidos no programa computacional ARCGIS 9.2[®]

Modelo de semivariograma	Efeito pepita	Alcance	Patamar
Circular	0,00000	81,4000	0,23200
Esférico	0,00000	81,4000	0,21100
Exponencial	0,00000	81,4000	0,19400
Gaussiano	0,00029	81,4047	0,29347

Quadro 2. Resultado da regressão linear entre valores preditos e observados de grau brix

Modelo de semivariograma	Intercepto	Coeficiente angular	Erro de predição	F calculado	F tabelado (5%, 2, 34)
Circular	1,756	0,861	0,2058	3,860*	
Esférico	1,772	0,859	0,2132	3,862*	
Exponencial	2,215	0,824	0,2728	6,328*	3,276
Gaussiano	0,701	0,944	0,0445	0,071 ^{ns}	

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo em nível de 5% de probabilidade.

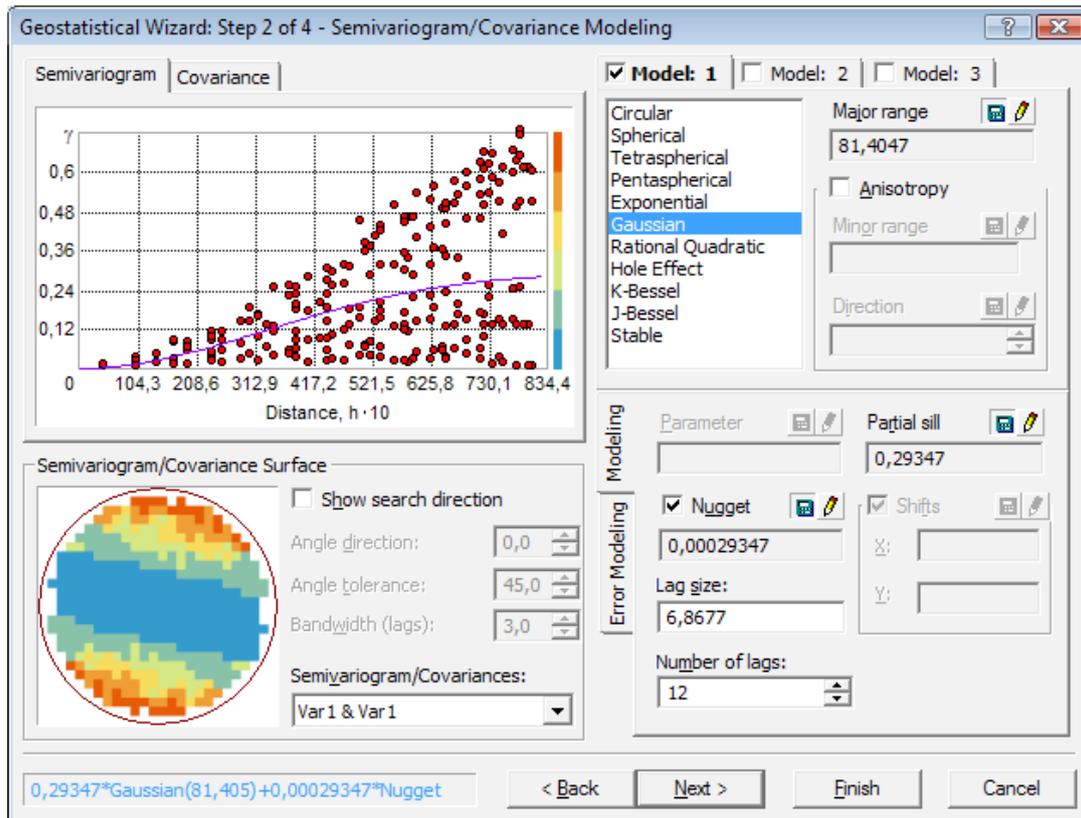


Figura 2. Modelo de semivariograma gaussiano ajustado no programa computacional ARCGIS 9.2®.

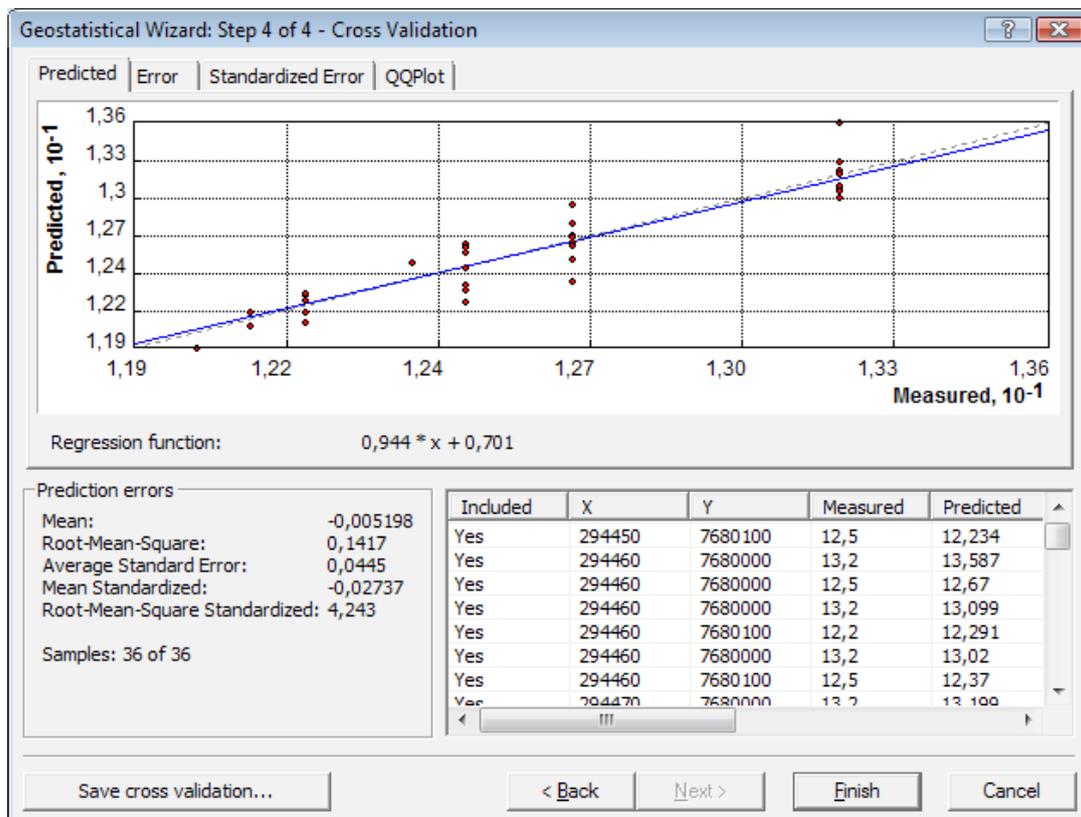


Figura 3. Janela ‘Geostatistical Wizard’ do programa computacional ARCGIS 9.2®.

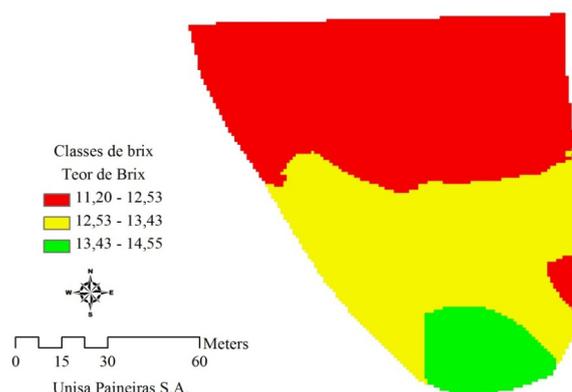


Figura 4. Mapa da variabilidade espacial do teor de brix no talhão de cana-de-açúcar.

A Figura 3 ilustra a janela ‘Geostatistical Wizard’ do programa computacional ARCGIS 9.2®. Nesta janela podemos observar o gráfico e equação da regressão linear entre valores preditos e observados, erro médio padrão da validação cruzada (average standard error) e valores preditos pela krigagem com o modelo gaussiano ajustado.

A Figura 4 ilustra o mapa da variabilidade espacial do teor de brix no talhão de cana-de-açúcar. O mapa mostra que maiores valores de brix, verde no mapa, estão localizados em uma pequena área na parte sul do talhão. A maior parte da área do talhão apresentou valores de brix inferiores ao recomendado para o corte. Segundo CRUZ *et al.* (2009) e OLIVEIRA, *et al.*, (1999), para a maturação adequada, a cana-de-açúcar deve apresentar valor mínimo de teor de brix de 18%.

CONCLUSÕES

- Foi possível ajustar um modelo gaussiano e validar a interpolação de valores de brix preditos pela krigagem.
- Uma grade irregular de amostragens de 36 observações por ha demonstrou ser suficiente para mapear a variabilidade espacial do teor de brix em cana-de-açúcar; e
- A metodologia proposta agrega confiabilidade nos mapas gerados a partir da interpolação por krigagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, S.J.S.; OLIVEIRA, S.S.C.; CRUZ, S.C.S.; MACHADO, C.G.; PEREIRA, R.G. Efeito da adubação fosfata sobre o acúmulo de biomassa e teor de brix de duas variedades de cana-de-açúcar. *Revista Caatinga*, Mossoro, n.2, v.22, p.110-116, abr. 2009.

ESRI. **Training and Education**. Disponível em: <http://training.esri.com/gateway/index.cfm>, Acesso em: nov. 2008.

GRAYBILL, F. **Theory and application of the linear model**. Primeira edição. Massachusetts: Ouxburg Press. 1976, 704p.

OLIVEIRA, M., TOS, H., SAMPAIO, A., VIEIRA, P.; SANTIAGO, G.. Avaliação de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tempos de armazenamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, n.8, v.34, p.1435-1442, ago. de 1999.

PLANT, R. Site-specific management: the application of information technology to crop production. *Computers and Electronics in Agriculture*, California, USA, n.30, v.1, p.9-29, fev. 2001

STEWART, C.; MCBRATNEY, A. Development

of a methodology for the variable rate application of fertilizer in irrigated cotton fields. International Conference on Precision Agriculture. In: ROBERT, P.C.; RUST, R.H.; LARSON, W.E. eds Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture. Madison, USA: ASA, CSSA, SSSA, CD Rom. 2000.

GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E.

Processamento de imagens digitais. 1 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2000, 509p.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C.; ALTRAN, W.S. Nutrição e adubação. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (eds.). Cana-de-Açúcar bioenergia, açúcar e etanol – tecnologias e perspectivas. Viçosa: UFV, 2012, p.73-118.