

Variabilidade espacial da distribuição da cobertura vegetal após colheita mecanizada da cana-de-açúcar

Ellen Cássia Ferreira¹, Zulema Neto Figueiredo², Célia Regina Grego³, Raquel Long⁴ & Jaqueline Troui Gomes⁵

¹ Agrônoma, UNEMAT - Campus Universitário de Cáceres, Av: São João, s/n, Bairro Cavahada, Cáceres-MT; CEP 78200-000, ellen_agronomia@hotmail.com

² Professora Doutora, UNEMAT - Campus Universitário de Cáceres, zulemane@hotmail.com

³ Pesquisadora Doutora da Embrapa Monitoramento por Satélite, celia.grego@embrapa.br

⁴ Graduanda em Geografia, PUCCAMP/CEATEC, raquel.long@ymail.com

⁵ Graduanda em Agronomia, UNEMAT - Campus Universitário de Cáceres, trouiamoavida@hotmail.com

Resumo - O presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial na distribuição da cobertura vegetal, no sistema de colheita mecanizada da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Clara, localizada em Lambari D'Oeste, MT, em uma área experimental de 9,75 ha, sob cultivo de cana-de-açúcar, demarcada em 70 pontos. Foram quantificadas a cobertura vegetal ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e as brotações, as quais foram analisadas pela estatística descritiva e geoestatística. Os resultados mostraram que existe variabilidade espacial na distribuição da cobertura vegetal sobre o solo após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: agricultura de precisão; geoestatística; cobertura do solo.

Spatial variability in the vegetation cover distribution after sugarcane mechanical harvesting systems

Abstract - This study aimed to evaluate the spatial distribution of vegetation in the system of mechanized harvesting of sugarcane. The experiment was conducted at The Santa Clara farm, located in Lambari D'Oeste, MT, the sampling grid was installed in 9.75 ha area of sugarcane crops with 70 sampling points. Mulching data ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) was collected and dried, and it was submitted to descriptive statistical and geostatistical analysis. The results showed that there is spatial variability of mulching after mechanical harvesting the sugarcane.

Key words: precision agriculture; geostatistics; mulching.

Introdução

Desde 1988, com o Decreto N° 28895, se proibiu a queima de cana-de-açúcar em um raio inferior a um quilometro de proximidade de áreas de preservação ambiental e próximas às redes elétricas, rodovias e ferrovias. Devido a esse fato, a colheita mecanizada da cana-de-açúcar está cada vez mais presente nos sistemas de produção no Brasil. Neste sistema de colheita mecanizada sem queima, são deixadas folhas secas, folhas verdes, bainhas, ponteiros, além de quantidades variáveis de pedaços de colmos que são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo (SOUZA et.al., 2005).

A quantidade de cobertura deixada sobre o solo na cana colhida crua varia de acordo com cada especificidade, estando entre 13 a 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (VELINI; NEGRISOLI, 2000). Dentre as vantagens da cobertura tem-se: aumento da umidade e das taxas de infiltração de água no solo (BARCELOS et al., 1999), melhoria nas propriedades químicas e biológicas do solo e atuação como camada protetora da superfície do solo contra a erosão.

No entanto, pouco se conhece a respeito da distribuição espacial desta cobertura na superfície após a colheita da cana-de-açúcar mecanizada. A análise geoestatística tem grande potencial na identificação desta variabilidade espacial por considerar a semelhança entre vizinhos. Ao identificar a dependência espacial é possível interpolar valores no espaço sem tendência e com variância mínima, Vieira (2000) e conseqüentemente construir mapas mais precisos. Na cana-de-açúcar, segundo Vieira et al (2008), mapas de indicadores de concentração de sacarose para planejamento de colheita podem ser facilmente obtidos desde que os valores medidos sejam suficientemente próximos para conseguir caracterizar as possíveis manchas de variabilidade.

Sartori e Florentino (2002) destacam a importância de se conhecer a variabilidade espacial dos dados de cobertura vegetal sobre o solo após a colheita, sendo mais uma opção na escolha dos cultivares de cana.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a variabilidade espacial na distribuição da cobertura vegetal, no sistema de colheita mecanizada da cana-de-açúcar.

Material e Métodos

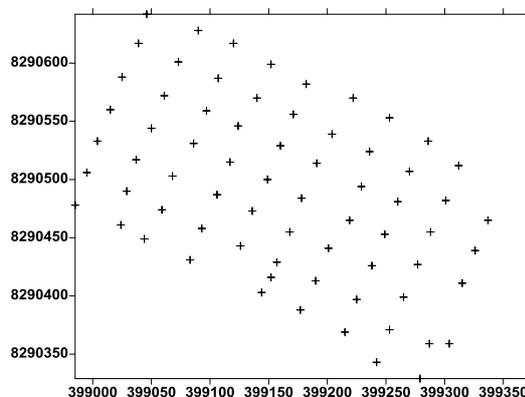
O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Clara, propriedade da Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar de Rio Branco, (COOPERB), localizada em Lambari D'Oeste, Estado de Mato Grosso, em latitude 15° 28' 17.71" Sul e longitude 57° 56' 48.60" Oeste, com altitude média de 186m. O clima da região é do tipo Tropical quente e sub-úmido com 4 meses de seca, de junho a setembro. Precipitação média anual de 1500 mm, com intensidade máxima nos meses de janeiro, fevereiro e março. Temperatura média anual de 24 e máxima de 40°C, o solo está classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico. (FERREIRA, 2001).

A área experimental ocupa 9,75 ha (Figura 1 a) com 390m de comprimento e 250m de largura, sob cultivo da cana-de-açúcar da variedade RB855113, desde 2004, com espaçamento entre linhas de 1,50m. Realizaram-se todos os tratamentos culturais necessários e a colheita mecanizada foi feita com a colhedora John Deere modelo 3520, nos dias 04 e 05 de outubro de 2012.

Esta variedade possui colmos eretos, e é considerada, segundo EMBRAPA (2007), boa em relação com a colheita mecanizada e ótima em relação a brotação da cana soca com presença de palha. Aos 20 dias após a colheita, a área foi demarcada em uma malha experimental de 70 pontos. A distribuição dos pontos foi feita na forma de grade de dez colunas e sete linhas, com pontos distanciados de seu ponto vizinho de 30 m no eixo Y e 35 m no eixo X (Figura 1 b).



a)



b)

Figura 1. a) Imagem de satélite da área experimental em destaque, na Fazenda Santa Clara, em Lambari D'Oeste, MT. (GOOGLE, 2012) b) Grade de amostragem dos pontos, para a área delimitada, com os 70 pontos (30 x 35m).

Em seguida os pontos foram georreferenciados com GPS de posição no sistema de projeção em UTM (Sistema Universal Transverso de Mercator). Após o georreferenciamento dos pontos, foi desenvolvida metodologia desenvolvida por Chaila (1986) que consiste na colocação de uma armação de madeira sobre o solo, com 0,50m x 0,50 m totalizando 0,25m², para coleta de toda a cobertura vegetal encontrada nestes pontos, colocando-a em sacos plásticos que foram levadas ao laboratório. Também foram contadas as brotações encontradas nos pontos demarcados.

No laboratório, seguindo a metodologia do autor citado, as amostras foram colocadas em sacos de papel, e determinada a massa da cobertura vegetal fresca (MF) em balança de precisão. Posteriormente as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 70° C por 48 horas, obtendo-se assim a quantidade de cobertura vegetal seca (MS).

Para obtenção da umidade da cobertura vegetal, foi utilizada a fórmula:

$$U\% = (MF - MS) / MS \times 100 \quad (1)$$

em que: U %= Porcentagem de umidade da cobertura vegetal. MF= Massa fresca (g ha⁻¹) MS= Massa seca (g ha⁻¹). Os valores de massa fresca e seca foram convertidos em toneladas por hectare (t ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose) utilizando o programa STAT. Com esta análise verificou-se principalmente os valores mínimos e máximos, média, coeficiente de variação e a distribuição de frequência se normal (valores de assimetria e curtose próximos de 0) ou não.

Para verificar a dependência espacial das variáveis foi empregada a análise geoestatística segundo Vieira (2000). Foram construídos semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca e do cálculo da semivariância $\gamma(h)$ (Equação 1):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

em que $N(h)$ é o número de pares dos valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h . É esperado, segundo VIEIRA (2000), que medições localizadas próximas sejam mais parecidas entre si do que aquelas separadas por grandes distâncias. Medições localizadas a distâncias maiores que o alcance terão distribuição aleatória. Os semivariogramas que apresentaram dependência espacial foram ajustados com o modelo matemático de melhor correspondência. Os programas computacionais e procedimentos para construção e ajuste do modelo do semivariograma foram baseados em Vieira et al. (2002).

Após a identificação da dependência espacial é possível estimar dados em locais não amostrados pelo método da krigagem e a partir dos dados interpolados construir mapas de isolinhas. Os mapas elaborados no trabalho foram construídos no program Surfer 9.5 (GOLDEN SOFTWARE, 2009)

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 observa-se que a brotação foi a variável que apresentou maior coeficiente de variação de 167,60%, com uma média de 2,27 brotações por ponto. Esta média pode estar relacionada com as características da variedade RB855113 que em geral apresenta classificação ótima em relação a brotação e boa para colheita mecanizada (EMBRAPA, 2007), entretanto o alto coeficiente de variação indica irregularidade de brotação nos pontos medidos.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados de brotação, cobertura vegetal úmida e seca e umidade da palha para a cana-de-açúcar.

Variável	Quant. pontos	Média	Variância	Desvio Padrão	Coef. De Variação	Valor Mínimo	Valor Máximo	Coef. de Assimetria	Coef. de Curtose
Brotação	70	2,27	14,49	3,81	167,60	0,00	18,00	2,422	6,135
Cob. Veg. Úmida (tha ⁻¹)	70	10,64	20,17	4,49	42,20	1,66	23,41	0,331	-0,039
Cob. Veg. Seca (tha ⁻¹)	70	9,81	16,81	4,10	41,80	1,52	21,72	0,305	-0,002
Umidade da palha (%)	70	20,83	161,40	12,70	60,98	2,93	58,23	1,050	0,493

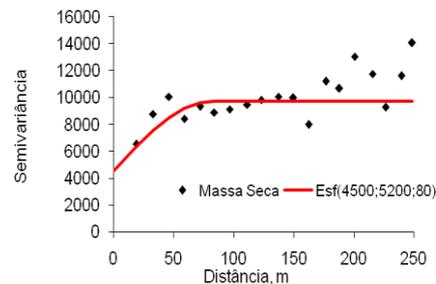
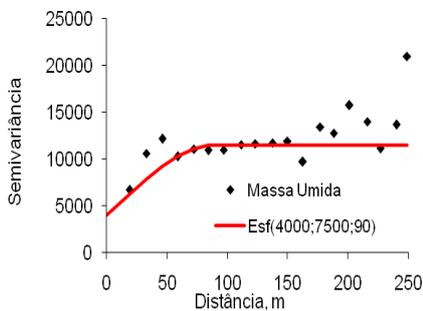
A média de produção de cobertura vegetal seca foi de 9,81 t ha⁻¹, sendo semelhante ao valor encontrado por Silva Neto et al. (2003), que obtiveram uma quantidade de 8,66 t ha⁻¹, utilizando a variedade SP91-1049. Campos (2003), estudando a produção de cobertura vegetal por quatro cultivares de cana-de-açúcar, também obteve valores semelhantes, oscilando entre 6,5 e 7,4 t ha⁻¹. Velini e Negisoli (2000), Ripoli et al., (1997) e Furlani Neto et al., (1997), encontraram valores variando entre 13 a 26,52 t ha⁻¹ de cobertura vegetal com o uso de diferentes variedades.

Com exceção da brotação, os coeficientes de assimetria e curtose expressam a normalidade de distribuição dos dados, pois se apresentaram próximos de zero. Na Tabela 2 de correlação dos dados observa-se que a correlação entre brotação e massa (úmida e seca) foi baixa, porém entre massa (úmida e seca) e umidade a correlação foi alta e positiva. Reforçando este resultado, Vasconcelos (2002) estudaram dois sistemas de colheita, cana crua e queimada e verificaram que no sistema de colheita da cana crua mecanizada houve redução da amplitude térmica do solo, aumento do teor de água e de matéria orgânica no solo.

Tabela 2. Coeficiente de correlação entre os dados de brotação, cobertura vegetal úmida e seca e umidade da palha para a cana-de-açúcar.

Correlação	Brotação	Massa Úmida	Massa Seca	Umidade da palha
Brotação	1,00	-	-	-
Cobertura vegetal Úmida (tha^{-1})	0,15	1,00	-	-
Cobertura vegetal Seca (tha^{-1})	0,17	1,00	1,00	-
Umidade da palha (%)	-0,03	0,80	0,75	1,00

Para a identificação da dependência espacial foram construídos e ajustados semivariogramas com distância máxima de 250 metros (Figura 2). Para a cobertura vegetal úmida e seca houve dependência espacial com ajuste de modelo esférico, ou seja, houve semelhança entre os valores, quando comparados com amostras vizinhas. A identificação da variabilidade espacial da distribuição da cobertura sobre o solo, de acordo com Velini e Negrisoli (2000), leva a irregularidade da germinação de sementes de plantas daninhas em determinados pontos da lavoura. Desse modo, para que o controle de espécies sensíveis à cobertura com palha seja maximizado, é necessário que o resíduo esteja presente na quantidade necessária e regularmente distribuído sobre o solo.



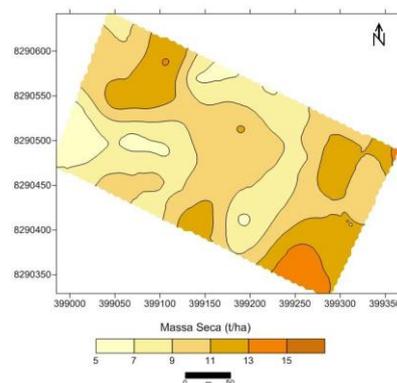
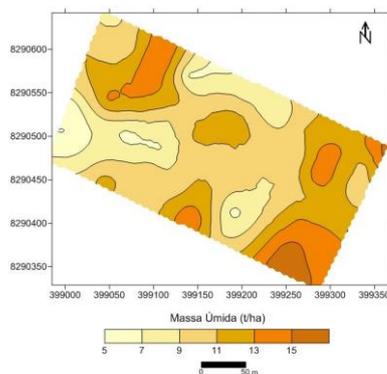
a)

b)

Figura 2. Semivariogramas dos dados ajustados ao modelo esférico, juntamente com os parâmetros (efeito pepita - C0; variância estrutural - C1; alcance - a): a) cobertura vegetal úmida ($t ha^{-1}$) e b) cobertura vegetal seca ($t ha^{-1}$)

Os parâmetros umidade da palha e brotação, não apresentaram dependência espacial, ou seja, para a distância amostrada estes dados mostraram-se aleatórios, portanto não foram ajustados.

Os valores da cobertura seca e úmida foram interpolados por krigagem considerando a dependência espacial encontrada e construídos mapas de isolinhas (Figura 3).



a)

b)

Figura 3. Mapas obtidos pela interpolação por krigagem dos dados que apresentaram dependência espacial: a) Cobertura vegetal úmida ($t ha^{-1}$) e b) Cobertura vegetal seca ($t ha^{-1}$).

A Figura 3 apresenta mapas onde é possível observar a semelhança entre a cobertura vegetal seca e úmida e principalmente observar onde ocorreram maiores e menores quantidades de palha na superfície do solo após a colheita. Isso possivelmente pode estar relacionado às variações existentes das condições de umidade do solo, relevo e vegetação da cana-de-açúcar, além de irregularidades decorrentes do próprio sistema mecanizado de colheita (SUGARCANE, 2007).

Conclusão

Dentro das condições de estudo é possível concluir que a variedade RB85-5113 produz em média 9,81t ha⁻¹ de cobertura vegetal seca.

Os 70 pontos espaçados de 30m x 35m não foram suficientes para detectar dependência espacial na brotação e umidade da palha, contudo foi possível identificar variabilidade espacial para a cobertura vegetal seca e úmida sobre o solo após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar.

Referências

- BARCELOS, A. A.; CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E. Infiltração de água em um latossolo vermelho-escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.35-43, 1999.
- CAMPOS, D. C. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o seqüestro de carbono**. 2003. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- CHAILA, S. Métodos de evolución de malezas para estudios de poblacion y control. **Malezas Revista de la Asociación Argentina para el control de malezas**, v.14, n.2, p. 1-78, 1986.
- EMBRAPA; Agencia de Informação Embrapa, **Cana-de-açúcar**, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadeacucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html> Acesso em: 20 de set.2012.
- FERREIRA J. C. V., **Mato Grosso e seus municípios, Cuiabá**: secretaria de Estado de Educação, 2001 p501-502.
- FURLANI NETO, V. L.; RIPOLI, T. C. C.; VILLANOVA, N. A.; Biomassa de cana-de-açúcar: energia contida no palhiço remanescente de colheita mecânica. **STAB. Açúcar Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.15, p.24-27, 1997.
- GOOGLE EARTH. **Imagens da Fazenda Santa Clara, Lambari D'Oeste, MT, 2012**. Disponível em: <<http://www.googleearth.com.br/>>. Acesso em: 20 Dez. 2012.
- GOLDEN SOFTWARE. **Surfer 9: Contouring & 3D Surface Mapping for Scientists & Engineers**. Disponível em: <<http://www.goldensoftware.com>>. Acesso em 19 de Dez. 2012.
- RIPOLI, M. L. C.; MENEGATTI, L. A.; RIPOLLI, T. C. C. **Biomassa e seu equivalente energético em algumas variedades de cana-de-açúcar**. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 5., 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: EDUSP, [1997]. CD-ROOM. p.511.
- SARTORI, M. M. P.; FLORENTINO, H. O. Modelos de minimização de biomassa residual. **Bragantia**, n. 3, v. 61, p. 297-303, 2002.
- SILVA NETO, H.F.; TASSO JÚNIOR, L.C.; SILVA, J.D.R; LEBRE, A.C.P; MARQUES, M.O. Avaliação de cultivares de cana-de-açúcar em relação a produção de palha e potencial controle de plantas daninhas. XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS- Centro de Convenções. **Anais...** Ribeirão Preto – SP. 2003.
- SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CERARIN, L. G. Sistemas de Colheita e Manejo da Palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.40, n.3, p.271-278, março, 2005.
- SUGARCANE. 2007. **Cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.sugarcane.com>. Acesso em 12 de Nov. 2012.
- VASCONCELOS, A.C.M. **Desenvolvimento do sistema radicular da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: crua mecanizada e queimada manual**. 2002. 140p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- VELINI, E.D. ; NEGRISOLI, E. **Controle** de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2000. p. 148-164.
- VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1. p. 1-54.
- VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C.; REYNOLDS, W.D. **Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data**. In: ALVAREZ, V.V.H.,SCHAEFER, C.E.G.R., BARROS, N.F., MELLO,



J.W.V., COSTA,L.M. (eds) Tópicos em Ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2002. p. 1-45.

VIEIRA, S. R.; XAVIER, M.A.; GREGO, C.R.. **Aplicações de geoestatística em pesquisas com cana-de-açúcar**. In: DINARDO-MIRANDA, L.L., VASCONCELOS, A.C.M. & LANDELL, M.G.A. (Eds). Cana de açúcar . 1 ed. Ribeirão Preto: Instituto Agronômico, 2008, p. 839-852.