



CORRELAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA *BRACHIARIA DECUMBENS* COM O ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO

Anderson Takashi Hara¹, Heraldo Takao Hashiguti², Antônio Carlos Andrade Gonçalves³, Fernando André Silva Santos⁴, Fernando Tadeu Bernardino⁵, Marcos Vinícius Folegatti⁶

RESUMO: No cenário agrícola, a maximização da produção vegetal é necessária o atendimento quantitativo e qualitativo de diversos fatores limitantes à produção vegetal, como manejo nutricional, controle de pragas e doenças, manejo das plantas daninhas e disponibilidade hídrica adequada. Dentre esses fatores, a disponibilidade hídrica representa o maior peso em termos restritivos para o desenvolvimento vegetal. Existem diversos trabalhos que apontam uma relação direta da produção agrícola em relação à oferta de água no solo, no entanto, a oferta de água em excesso pode promover efeitos deletérios para a cultura devido a restrições de ordem física no quesito ao suprimento adequado da aeração ao sistema radicular das culturas. Diante do exposto, o trabalho tem como hipótese: o índice de área foliar (IAF) e armazenamento de água no solo (c96) apresentam continuidade espacial. A IAF e c96 são diretamente correlacionadas espacialmente.

PALAVRAS-CHAVE: área foliar, armazenamento de água no solo, geoestatística

1 INTRODUÇÃO

No cenário agrícola, a maximização da produção vegetal é necessária o atendimento quantitativo e qualitativo de diversos fatores limitantes à produção vegetal, como manejo nutricional, controle de pragas e doenças, manejo das plantas daninhas e disponibilidade hídrica adequada. Dentre esses fatores, a disponibilidade hídrica representa o maior peso em termos restritivos para o desenvolvimento vegetal. Existem diversos trabalhos que apontam uma relação direta da produção agrícola em relação à oferta de água no solo (Beutler&Centurion, 2003; Bergamaschi et al., 2004), no entanto, a oferta de água em excesso pode promover efeitos deletérios para a cultura devido a restrições de ordem física no quesito ao suprimento adequado da aeração ao sistema radicular das culturas (Blaisnk et al., 2009). Em sistemas agrícolas, o armazenamento de água no solo não é homogêneo, e a variabilidade no armazenamento de água no solo apresenta continuidade espacial (Gonçalves et al., 2010; Guimarães et al., 2010). Dessa maneira, o estudo e a compreensão da variabilidade desse sistema podem fornecer bases para a tomada de decisão para a intervenção do meio para o aumento da produtividade desse sistema. Diante do exposto, o trabalho tem como hipótese: o índice de área foliar (IAF) e armazenamento de água no solo (c96) apresentam continuidade espacial. A IAF e c96 são diretamente correlacionadas espacialmente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental do Centro técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) em Maringá, cuja a coordenada geográfica do município é 23°25' de latitude sul e 51°57' de longitude oeste, a altitude é de 540 metros acima do nível do mar. O solo da área é caracterizado como Nitossolo Vermelho distroférrico, A moderado, textura argilosa. O relevo é suave ondulado, com declividade média de 8%.

A área onde foi instalado o experimento se encontrava em pousio desde dezembro de 2012, sendo que houve um processo de povoamento natural de *Brachiaria decumbens* por meio da dispersão de sementes provenientes de plantas que se encontravam próximas à área experimental. No dia 1 de setembro de 2014 foi delimitada uma área de 3m por 24 m, e foram instalados 136 sondas de TDR para o monitoramento da umidade do solo da camada de solo de 0,2 m. Destas, 88 sondas foram instaladas de acordo com um sistema de amostragem com malha regular. As demais sondas foram instaladas de acordo com o sistema de amostragem do tipo aninhada. Ao lado de cada sonda de TDR que pertencem ao sistema de amostragem regular, foi cravada uma haste metálica para a instalação de pluviômetro, sendo que o bocal deste pluviômetro apresentava uma área de 0,0049 m² e este bocal estava a uma distância de 0,4 m da superfície do solo. O volume coletado no pluviômetro foi convertido em lâmina

¹ Doutorando Programa de Pós Graduação em Agronomia-UEM, Maringá-PR. haratakashi@hotmail.com

² Doutorando Programa de Pós Graduação em Agronomia-UEM, Maringá-PR. htakaoh@hotmail.com

³ Professor, UEM, Maringá-PR. acagoncalves@uem.br

⁴ Doutorando Programa de Pós Graduação em Agronomia-UEM, Maringá-PR. fernandoandre_agro2007@hotmail.com

⁵ Acadêmico de Engenharia Agrônoma-UEM, Maringá-PR. fernandobernardino94@gmail.com

⁶ Professor, USP, Piracicaba-SP. mvfolega@usp.br



precipitada (Lam) considerando para o cálculo, a área da seção de coleta do pluviômetro. No dia 1 de outubro de 2004 ocorreu chuva, registrando uma precipitação de 17,54mm com CUC de 96% (coeficiente de Christiansen). No mesmo dia, cerca de 4 horas após a interrupção da chuva, foi realizada a leitura de todas as sondas de TDR, e nos dias sucessivos até o dia 7 de outubro de 2014 foi procedido uma leitura das sondas de TDR em cada dia mencionado. Os valores de constante dielétrica obtidas por meio das leituras das sondas de TDR foram convertidas em valores de umidade em base volumétrica de acordo com a equação ajustada (Gonçalves et al., 2011) para o mesmo solo da área experimental. De posse dos valores de umidade em base volumétrica estimados, foram convertidos os valores em lâmina armazenada (c96) considerando uma profundidade de 0,20m, obtendo as medidas c96L1, c96L2, c96L3, c96L4, c96L5, c96L6 e c96L7. Para a avaliação do índice de área foliar (IAF), foi realizada a coleta das folhas no dia 29 de outubro de 2014 amostrando as folhas interceptadas pela inserção de um cilindro metálico de área de 0,0100 m². Foi realizada a coleta das folhas ao lado das posições que se encontravam instaladas as sondas de TDR pelo sistema de amostragem regular. Para a determinação a área foliar das folhas coletadas, foi utilizada a metodologia da imagem digital, descrito por Oliveira (2013). A variável IAF foi obtida pela razão da área foliar pela área da sessão transversal do cilindro. As variáveis arm e IAF foram utilizadas nas análises estatísticas descritivas. Foi utilizada a análise de regressão para comprovar a existência da relação da variável IAF em função da variável c96. Na análise de regressão foi adotado um nível de significância de 5 % para a validação dos coeficientes do modelo polinomial de segundo grau testado. O modelo adotado foi:

$$IAF = b_0 + b_1 * c96Li + b_2 * c96Li^2 \quad (1)$$

Em que:

IAF; índice de área foliar (m²/m²),

b0, b1, b2; coeficientes do modelo

c96Li; lâmina de água armazenada do momento i.

Foram construídos semivariogramas para detectar a continuidade espacial das variáveis. Foi ajustado o modelo esférico para todos os semivariogramas. Para a construção e ajustes de modelos ao semivariograma, foram utilizados os softwares VARIWIN. O semivariograma experimental foi estimado por:

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

Em que:

$\gamma(h)^*$; a semivariância estimada;

$N(h)$; o número de pares de valores da variável Z, medidos em pontos separados pelo vetor h.

Com o objetivo de comparar os semivariogramas, estes foram escalonados (Isaaks e Srivastava, 1989) de acordo com a metodologia descrita por Gonçalves et al (1999), utilizando variâncias amostrais. As correlações espaciais entre as variáveis foram comprovadas por meio do semivariograma cruzado, sendo este estimado por:

$$\gamma(h)_{12}^* = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_1(xi) - Z_1(xi + h)][Z_2(xi) - Z_2(xi + h)] \quad (3)$$

Em que:

$\gamma(h)_{12}^*$; a semivariância cruzada estimada das variáveis Z₁ e Z₂;

$N(h)$; o número de pares de valores da variável Z, medidos em pontos separados pelo vetor h.

Z₁ e Z₂; variáveis 1 e 2 respectivamente trabalhadas.

Com o mesmo objetivo descrito anteriormente, foi realizado o escalonamento do semivariograma cruzado utilizando a seguinte expressão:

$$\gamma(h)_{12}^{**} = \gamma(h)_{12}^* |\text{cov}(Z_1; Z_2)|^{-1} \quad (4)$$

Em que:

$\gamma(h)_{12}^{**}$; a semivariância cruzada escalonada estimada das variáveis Z₁ e Z₂;



$\gamma(h)_{12}^*$; a semivariância cruzada estimada das variáveis Z_1 e Z_2 ;

$|\text{cov}(Z_1; Z_2)|$; módulo da covariância das variáveis Z_1 e Z_2 ;

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise estatística descritiva das variáveis trabalhadas pode ser visualizada na tabela 1. A variável c96L1 apresenta um valor médio de armazenamento de 106,83 mm, que corresponde a uma condição de umidade do solo acima da capacidade de campo (92mm). Somente no quarto dia após a chuva, o valor médio de armazenamento aproxima-se a condição de umidade na capacidade de campo. O coeficiente de variação para a variável IAF foi maior que 60%, indicando que houve uma grande irregularidade no crescimento vegetativo na área experimental. A variável c96 apresentou CV inferior a 20 %, sendo esta magnitude de variação foi semelhante ao encontrado por GONÇALVES et al. (2010). Todas as variáveis com exceção IAF, c96L2 e c96L7 apresentaram pequenos valores de coeficiente de assimetria e curtose, corroborando a normalidade dos dados identificada pelo teste de Shapiro Wilk (SW). Apesar do anseio da normalidade dos dados na análise geostatística, o mais importante é da inexistência do efeito proporcional, em que, a média e a variância dos dados sejam constantes na área de estudo (Dalchiavon et al., 2012). Na figura 1 é apresentado o semivariograma escalonado das variáveis IAF e c96L2. As estruturas espaciais das duas variáveis apresentam um padrão estrutural semelhante. O alcance médio dessas variáveis é de 1,3 metros. De acordo com Cambardella et al. (1994) as variáveis apresentaram forte dependência espacial. Para verificar a existência de uma relação linear do IAF em função com a variável c96, foi realizado a análise de regressão, e os coeficientes do modelo é mostrado na tabela 2. Nenhuma das variáveis de armazenamento apresentou uma relação funcional com o IAF confirmado pela não significância dos coeficientes do modelo adotado. No entanto, apesar de que o coeficiente b2 não apresentou significância, existe um indício que o IAF foi afetado negativamente nas posições que apresentaram um maior armazenamento de água no solo, corroborado pelo valor negativo do coeficiente b2 das variáveis c96L1, c96L2, c96L3, c96L4 e c96L5. Na figura 2 é apresentado o semivariograma cruzado escalonado do IAF com c96L4, c96L5 e c96L6. Considerando as variáveis avaliadas, o IAF foi correlacionado negativamente com o armazenamento de água no solo. Fica evidente que a área apresenta condições restritivas em termos à aeração ao desenvolvimento da cultura. Esse resultado é corroborado pelo trabalho de Guimarães (2007), que estudou a cultura do feijoeiro.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis IAF e c96.

Variável	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV	Assimetria	Curtose	SW (p valor)
IAF	1,60	1,52	0,06	4,05	60,22	0,69	-0,08	0,00
c96L1	106,83	107,65	69,84	135,32	12,14	-0,24	-0,23	0,49
c96L2	103,95	106,01	50,38	135,05	13,64	-0,67	1,12	0,01
c96L3	97,38	96,83	59,15	130,12	13,99	-0,22	-0,24	0,23
c96L4	92,92	92,58	43,53	125,19	15,18	-0,40	0,21	0,70
c96L5	88,63	88,20	42,71	123,27	16,41	-0,20	0,03	0,64
c96L6	84,21	84,91	50,93	118,34	16,51	-0,13	0,07	0,55
c96L7	80,45	81,35	41,62	113,40	18,29	-0,36	0,37	0,03

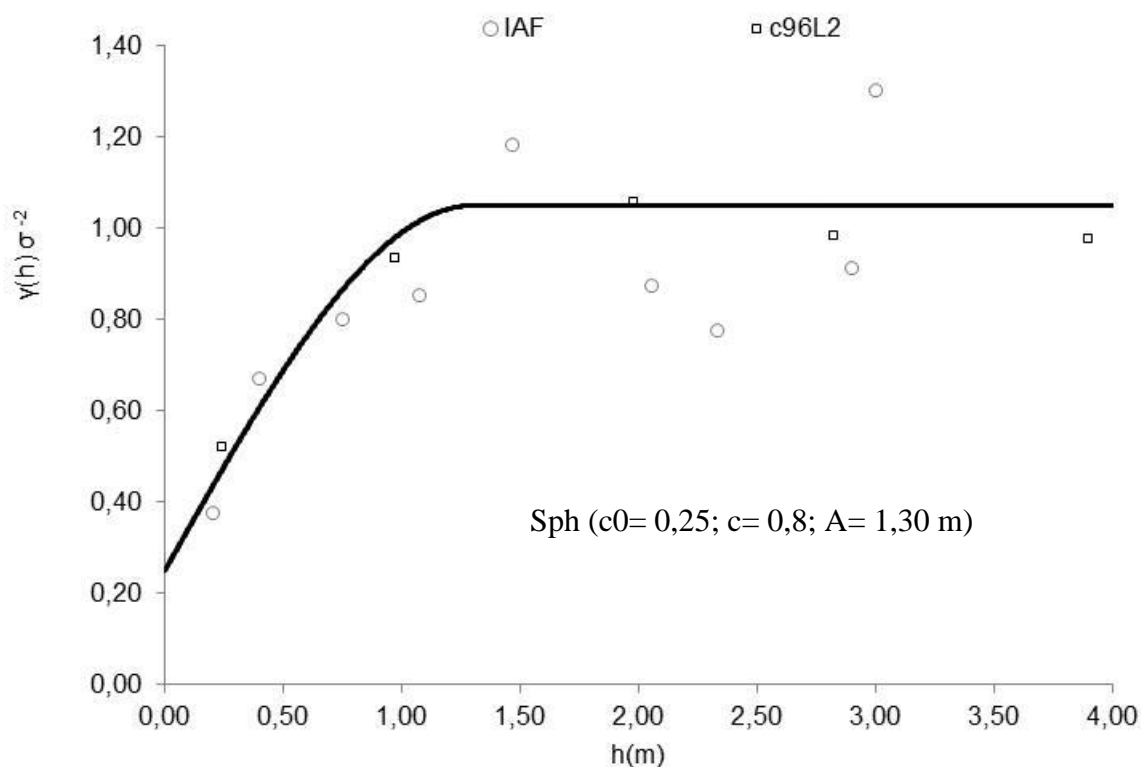


Figura 1. Semivariograma escalonado das variáveis IAF e c96L2.

Tabela 2. Coeficientes do modelo ajustado da variável IAF em função da variável c96.

	c96L1	c96L2	c96L3	c96L4	c96L5	c96L6	c96L7
b0	-6.87353	-5.84415	-0.96862	-0.34086	2.42869	5.69746	4.70318
b1	0.16920	0.15128	0.06555	0.05346	-0.00298	-0.08162	-0.05922
b2	-0.00083	-0.00075	-0.00040	-0.00034	-0.00007	0.00038	0.00025

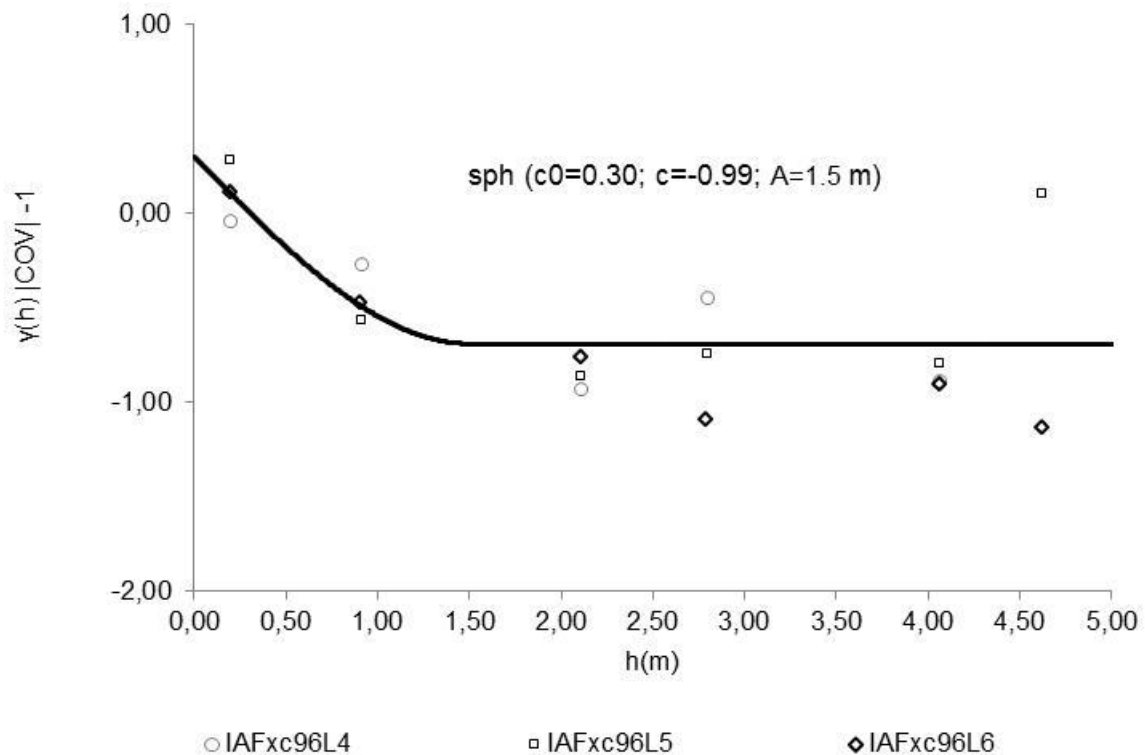


Figura 2. Semivariograma cruzado escalonado do IAF com c96L4, c96L5 e c96L6.

4 CONCLUSÃO

As variáveis IAF e c96 apresentam estrutura espacial e são inversamente correlacionadas espacialmente.

REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MULLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos**. Pesquisa agropecuária brasileira, v.39, n.9, p.831-839, 2004.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. **Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja**. Pesquisa agropecuária brasileira, v.38, n.7, p.849-856, 2003.
- BLAINSK, E.; GONÇALVES, A. C. A.; TORMENA, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; GUIMARÃES, R. M. L. **Intervalo hídrico ótimo num nitossolo vermelho distroférico irrigado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, p.273-281, 2009.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M. MONTANARI, R. **Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um latossolo vermelho distroférico sob sistema plantio direto**. Revista Ciência Agronômica, v.43, n.3, p. 453-461, 2012.
- GONÇALVES, A. C. A. **Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.1, p. 155-164, 1999.
- GOLÇALVES, A. C. A.; TRINTINALHA, M. A.; FOLEGATTI, M. V.; REZENDE, R.; TORMENA, C. A. **Spatial variability and temporal stability of water storage in a cultivated tropical soil**. Bragantia, v.69, p 153-162, 2010.
- GONÇALVES, A. C. A.; TRINTINALHA, M. A.; TORMENA, C. A.; FOLEGATTI, M. V. **Influência Da Densidade Do Solo Na Estimativa Da Umidade Em Um Nitossolo Vermelho**. n. 1, p. 1551–1559, 2011.



GUIMARÃES, R. M. L. **Distribuição espacial de propriedades físico-hídricas em um nitossolo vermelho e correlação com o desenvolvimento do feijoeiro.** Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual de Maringá , Maringá, 2007.

GUIMARÃES, R. M. L.; GONÇALVES, A. C. A.; TORMENA, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; BLAINSKI, E.

Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas de um nitossolo sob a cultura do feijoeiro irrigado. Engenharia Agrícola, v.30, n.4, 2010.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduciton to applied geostatistics.** New York: Oxford University Press, 1989.

OLIVEIRA, J. M. **Fertirrigação na Cultura da Rúcula (*Eruca sativa miller*) Conduzida em Ambiente Protegido.** Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual de Maringá , Maringá, 2013.