



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.9, nº.3, p. 127 – 135, 2015  
ISSN 1982-7679 (On-line)  
Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>  
DOI: 10.7127/rbai.v9n300298  
Protocolo 298.15 – 31/03/2015 Aprovado em 10/05/2015

## GEOESTATÍSTICA APLICADA À UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO USADO E NOVO.

Élvis da Silva Alves<sup>1</sup>, Leandro Moscoso Araújo<sup>2</sup>, Jesiele Silva da Divincula Alves<sup>3</sup>,  
Jannaylton Éverton de Oliveira Santos<sup>4</sup>, Célia Regina Lopes Zimback<sup>5</sup>

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a dependência da variabilidade espacial da vazão entre dois sistemas de irrigação por gotejamento quanto ao tempo de uso. Os dados foram obtidos em duas localidades diferentes no estado de Alagoas. O primeiro sistema apresenta um tempo de uso de 10 anos. O segundo apresenta apenas 4 meses de uso. Os dois sistemas apresentaram vazão de projeto de  $1,55 \text{ L h}^{-1}$ , com espaçamentos de 0,20 m entre gotejadores, 2,00 m entre linhas e 14,00 m de largura e comprimento. Os dados foram submetidos a testes de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e à análise de dependência espacial, através da krigagem, com o auxílio do programa GS+<sup>®</sup>. Os dois sistemas foram classificados como excelente quanto ao CUC. Os maiores valores de vazão apresentados no sistema de gotejadores novos foram encontrados na distância de 5,5 m do ponto inicial na direção do eixo Y. Os intervalos de 0 a 5,5 m e de 5,5 a 12 m apresentam um ponto, cada um, no qual há um déficit de vazão. Os maiores valores de vazão para o sistema de gotejadores usados foram encontrados na distância de 11 m do ponto inicial direcionada ao eixo Y, com baixa uniformidade nos intervalos de 4 a 6 m, de 11 a 14 m e de 13 a 14 m. As trocas de sistemas usados devem ser realizadas para evitar a desuniformidade de aplicação de água no perfil e, conseqüentemente, o desperdício de água e eventuais perdas na produção.

**Palavras-chave:** gotejadores, produção, krigagem, dependência espacial.

## GEOSTATISTICS APPLIED TO THE WATER APPLICATION UNIFORMITY IN DRIP IRRIGATION SYSTEM USED AND NEW.

### ABSTRACT

This work aimed to evaluate the dependence of the spatial variability of flow rate between two drip irrigation systems on the time of use. Data were collected in two different locations in the state of Alagoas. The first system has a use time of 10 years. The second has only 4

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, UNESP/FCA, Rua Abílio Dorini, 1094, Jardim Paraíso, 18610-060 - Botucatu, SP, [elvistv@gmail.com](mailto:elvistv@gmail.com)

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Doutorando em Irrigação e Drenagem, UNESP/FCA, [leandro\\_moscoso@hotmail.com](mailto:leandro_moscoso@hotmail.com)

<sup>3</sup>Graduanda em Agronomia, UFAL/Campus de Arapiraca, [jeehdivincula@gmail.com](mailto:jeehdivincula@gmail.com)

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo Mestrando em Irrigação e Drenagem, UNESP/FCA, [jannaylton@gmail.com.br](mailto:jannaylton@gmail.com.br)

<sup>5</sup>Eng. Agrônoma, Professor Adjunto, UNESP/FCA/Ciências do Solo, [czimback@gmail.com](mailto:czimback@gmail.com)

months of use. Both models presented design flow rate of  $1.55 \text{ L h}^{-1}$ , with spacing of 0.20 m between emitters, 2.00 m between rows and 14.00 m wide and long. The data were submitted to uniformity coefficient testing Christiansen (CUC) and the spatial dependence analysis by kriging, using the program GS+<sup>®</sup>. Both systems were classified as excellent for the Christiansen Uniformity Coefficient (CUC). The highest values of flow rate of the drip system new was found at a distance of 5.5 m from the start point in the Y-axis direction. Ranges from 0 to 5.5 m and 5.5 to 12 m, both, have a point in which there is a deficit of flow rate. The highest values for flow rate in the system emitters used were found at a distance of 11 m from the start point of the Y axis, where the uniformity was low in the ranges of 4 to 6 m, from 11 to 14 m and the 13 to 14 m. The exchange of the used systems must be performed to prevent a desuniform application profile of water and the waste of water, with a possible loss of production.

**Keywords:** drippers, production, kriging, spatial dependence.

## INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a água vem se tornando um recurso cada vez mais escasso devido ao seu manejo ineficiente, transformando-se em bem de pouca quantidade e qualidade inferior. Seu uso quando feito de forma racional permite aumento de produção na mesma, o que torna a agricultura mais eficiente.

No Brasil, a ampliação de áreas irrigadas é limitada devido à quantidade de água disponível para irrigação, de forma que aplicações insuficientes ou excessivas resultam em perdas ou prejuízos consideráveis para as plantas e o solo, diminuindo a eficiência de uso da água de irrigação (REIS et al., 2005). A sua expansão deve estar associada ao aumento dos níveis de produtividade atuais, porém deve-se dar atenção especial às práticas de manejo apropriadas de irrigação, sem que estas resultem em desperdício de água e danos ao sistema solo-planta (PAZ et al., 2000).

No Nordeste, a eficiência do uso da água na agricultura se torna muito importante, pois o déficit hídrico na região pode atingir cerca de  $800 \text{ mm ano}^{-1}$ , tornando a irrigação peça fundamental para a produção agrícola (CAVALCANTE JUNIOR et al., 2013).

O êxito da agricultura irrigada depende, dentre outros fatores da uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação. Portanto, o uso de práticas de manejo que permitam racionalizar a quantidade de água aplicada na agricultura se torna muito importante, levando

em consideração que o mesmo depende de uma adequada estimativa da evapotranspiração (REIS et al., 2005) e uma boa manutenção de seu sistema. Conforme Ribeiro et al. (2010), o sistema de irrigação por gotejamento é um dos mais apropriados e em evidente expansão que apresenta maior economia de água e energia. Isto se explica por este método apresentar um controle de aplicação localizada próximo ao sistema radicular, diminuindo a área de molhamento, reduzindo as perdas por evaporação, escoamento superficial, percolação profunda e pelo vento, tornando-se mais eficiente (BERNARDO et al., 2006).

De acordo com Keller e Bliesner (2000), a eficiência de um sistema de irrigação está relacionada à uniformidade de aplicação e perdas na operação do sistema, ou seja, quanto maior a uniformidade de aplicação, maior será a produtividade das culturas e menor será o desperdício de água. Esta relação é determinada pelo Coeficiente de Uniformidade proposto por Christiansen (1942).

A uniformidade pode ser avaliada pela variabilidade, tanto espacial como temporal, com o uso da Geoestatística que, através do variograma, analisa e modela quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço (HUIJBREGTS, 1975).

Contudo, este trabalho tem como objetivo avaliar dependência da variabilidade espacial na vazão de gotejadores, comparando a eficiência de aplicação de água entre dois sistemas de irrigação por gotejamento quanto ao tempo de uso.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e caracterização dos sistemas avaliados

Os dados referentes à distribuição das lâminas de água em sistema de irrigação por gotejamento superficial foram obtidos em duas localidades diferentes no estado de Alagoas, onde o tempo de uso dos sistemas foi o fator determinante para o uso dos dados.

O primeiro sistema foi analisado em maio de 2013 numa propriedade localizada na cidade de Junqueiro, onde o sistema apresentava tempo de uso de 10 anos, cultivado ao decorrer de todo tempo com a cultura do inhame (*Colocasia esculenta*). O segundo sistema foi analisado em Agosto de 2013 na cidade de Arapiraca. Este sistema apresentava 4 meses de uso no momento da coleta de vazões, instalado na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

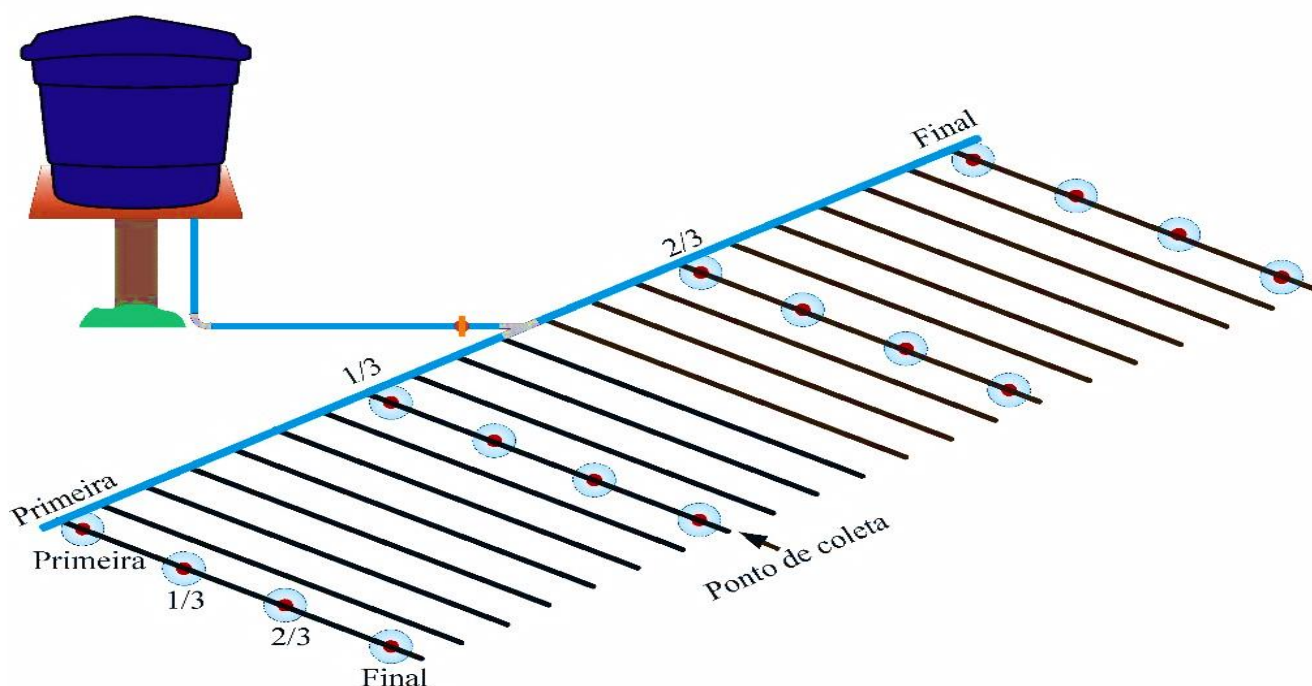
Em ambos os sistemas as dimensões da área escolhida para estudo foram as mesmas, sendo o tamanho do tubo principal e da linha de gotejamento igual a 14 metros, formando um quadrado. Foram analisadas as mesmas quantidades de vazões (emissores) nos mesmos espaçamentos de 2 (dois) metros entre linha e 1 (um) metro entre gotejadores, tendo os

gotejadores o espaçamento de 0,20 m entre si. Os dois sistemas apresentaram vazões de projeto de  $1,55 \text{ L h}^{-1}$ , sendo observado apenas esse comportamento no segundo projeto.

O tempo que um sistema de irrigação poderá ser utilizado, principalmente gotejamento, depende diretamente do manejo empregado. Entretanto, sabe-se que com o passar do tempo o sistema se desgasta com a ação do sol e pelo efeito de alguns tratamentos culturais, além dos entupimentos comuns nesse sistema de irrigação.

### Uniformidade de aplicação de água

A determinação da uniformidade de distribuição de água, para cada projeto, baseou-se na metodologia apresentada por Keller e Karmeli (1974). Consiste na coleta de dados em quatro linhas laterais e quatro emissores, ou seja: na primeira linha lateral, na linha lateral situada a  $1/3$  da origem, na linha lateral a  $2/3$  e na linha lateral final; e no primeiro gotejador, no gotejador localizado a  $1/3$  do início, no gotejador a  $2/3$  do início e no último, como mostra a figura 1. O espaçamento dos gotejadores foi de 0,20 m entre si. Após a coleta dos dados foi estimado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen.



**Figura 1.** Disposição das linhas selecionadas dentro da subunidade avaliada

Para a determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen do sistema utilizou-se a seguinte equação 1:

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_i^n |Q_i - Q|}{n Q} \right) \quad (1)$$

Em que:

$Q_i$  - vazão coletada em cada gotejador ( $L h^{-1}$ );  $Q$  - média das vazões coletadas de todos os gotejadores ( $L h^{-1}$ );  $n$  - número de gotejadores analisados.

A interpretação dos valores do CUC para sistemas de irrigação por gotejamento utilizada nesse trabalho será a proposta por Mantovani (2002), apresentando os critérios destacados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Critérios para classificação do CUC de acordo com Mantovani, 2002.

Parâmetros avaliados	Classificação
90% a 100%	Excelente
80% a 90%	Bom
70% a 80%	Regular
60% a 70%	Ruim
Menor que 60%	Inaceitável

O estudo da variabilidade espacial das vazões dos gotejadores na área analisada iniciou-se com a distribuição dos pontos amostrais no campo. Nos dois experimentos as dimensões foram as mesmas, objetivando uma comparação mais próxima do real quando na realização do comparativo entre o sistema de irrigação novo e o velho.

Inicialmente foi escolhido o ponto de partida para a seleção de dados a serem utilizados na análise de dependência espacial. No eixo X foram escolhidas 14 linhas gotejadoras, espaçadas de 2 metros e no eixo Y foram escolhidos 14 gotejadores espaçados de 1

metro, resultado numa área quadrada de 14 x 14 m, com um total de 120 pontos coletados.

A análise de dependência espacial, determinada pelo variograma, e a interpolação dos valores amostrados, obtidos através de krigagem, foram feitos com o auxílio do software GS+® “Geostatistical for Environmental Sciences”, versão 7.0 (ROBERTSON, 2004), que utiliza os valores da variável de lâmina de irrigação e suas respectivas coordenadas. Os mapas de isolinhas de superfície em 2 dimensões (2D) da taxa de aplicação de água foram contruídos com o auxílio do software Surfer®, versão 8.02 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

O Índice de Distribuição Espacial (IDE) foi calculado e classificado (Tabela 2) através da equação 2 proposta por Cambardella et al. (1994) e modificado por Zimback (2001):

$$IDE = \frac{C}{C + C_0} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

$C$  - semivariância estrutural ou espacial e  $C + C_0$  - patamar.

**Tabela 2.** Classificação do Índice de Dependência Espacial proposta por Cambardella et al., (1994) e modificada por Zimback (2001).

Índice de dependência espacial	Classificação
< 25%	Fraca dependência espacial
de 25 a 75%	Moderada dependência espacial
> 75%	Forte dependência espacial

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados referentes à análise descritiva das vazões dos dois sistemas de irrigação por gotejamento encontram-se na tabela 3. Inicialmente pode-se observar que, para o

**GEOESTATÍSTICA APLICADA À UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO USADO E NOVO**

sistema usado, a diferença entre a maior e a menor vazão é significativa, sendo de 0,44 L h<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Análise estatística descritiva para vazão de gotejadores em sistema de irrigação usado e novo (L h<sup>-1</sup>).

Parâmetros	Vazão (L h <sup>-1</sup> )	
	Usado	Novo
Máxima	1,47	1,55
Mínima	1,03	1,52
Média	1,412	1,543
Variância	0,416	0,006
Desvio padrão	6,4	0,8
CV	4,53%	0,52%

Quando se instala um sistema de irrigação por gotejamento deve-se buscar o máximo de sua uniformidade de aplicação, tornando-o mais eficiente na distribuição da água, o que resulta em maiores produtividades das culturas e menor desperdício hídrico (KELLER; BLIESNER, 2000). Verificou-se, também, que o desvio dos demais dados quando comparados à média foi baixo para os dois sistemas, tendo a menor dispersão dos dados o sistema novo. Os coeficientes de variação mostraram-se baixos para os dois sistemas, mais uma vez sobressaindo-se o sistema novo, remetendo uma aproximação nos dados. Assim, os dados de CV apresentados na tabela 3 comportam-se de forma homogênea, já que de acordo com

Frogbrook et al., (2002), valores elevados de CV podem ser indicadores iniciais da inexistência de homogeneidade dos dados.

Na tabela 4, onde estão presentes os valores dos parâmetros do semivariograma de vazão dos sistemas de irrigação por gotejadores usados e novos, verifica-se que os modelos que melhor se ajustaram para a vazão dos gotejadores foi, respectivamente, o exponencial e o esférico. Pereira et al., (2011) avaliando a distribuição espacial de atributos químicos do solo para implantação de um povoamento de eucalipto, obtiveram modelo esférico para K e Mg, e exponencial para Ca. Souza et al., (2008) estudando a variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem encontraram modelos esféricos para todos os atributos do solo.

Com os valores obtidos do patamar podemos destacar que, em uma eventual transição do sistema de irrigação usado para o novo, haverá uma redução da vazão, podendo constatar que o sistema usado apresenta um pequeno excesso na aplicação de água em alguns pontos, já que o mesmo apresenta um coeficiente de uniformidade menor e um efeito pepita maior quando comparado ao sistema novo. No entanto, os dois sistemas são classificados como excelente quanto ao Coeficiente de Uniformidade de Christiansen.

**Tabela 4.** Coeficientes geoestatísticos e de uniformidade (CUC) para o sistema de irrigação por gotejamento.

Parâmetros	Modelo	R <sup>2</sup>	Efeito pepita	Patamar	Alcance	Aleatoriedade	IDE	CUC
			(Co)	(Co + C)	(A)	E = (Co/C)	(%)	(%)
Sistema Usado	Exponencial	0,602	0,00008	0,00390	2,61000	0,02094	97,95	92,2
Sistema Novo	Esférico	0,864	0,000005	0,000075	17,04	0,071428571	93,33	99,5

IDE – Índice de Distribuição Espacial; CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen.

Os dois sistemas em estudo apresentaram um índice de dependência espacial (IDE) maior que 75%, sendo classificados como forte dependência espacial conforme descrito por Cambardella et al., (1994) e modificado por Zimback (2001). Lima et al., (2011) trabalhando com qualidade fisiológica de sementes de café e Pereira et al., (2011) estudando a distribuição

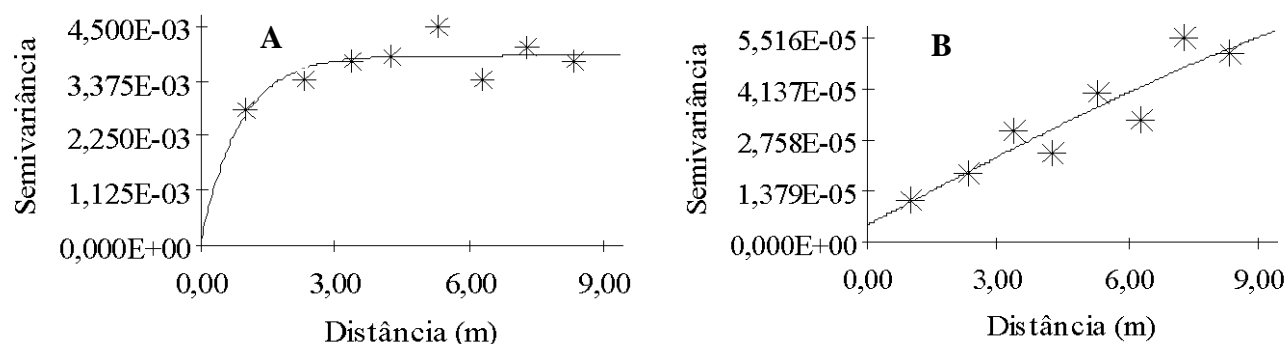
espacial de atributos químicos do solo para implantação de um povoamento de eucalipto, também encontraram índice de dependência espacial maiores que 75%.

Alves et al., (2008), pesquisando a variabilidade espacial de vazão de microaspersores com emissores novos e usados, encontraram IDE iguais a 14,2 e 3,0%

respectivamente, caracterizado como fraca dependência espacial.

Na Figura 2 estão presentes os semivariogramas de vazão para o sistema de gotejadores usados e novos. Para o semivariograma de vazão dos gotejadores

usados (Figura 2A) foi utilizado o modelo exponencial, apresentando um efeito pepita de  $0,00008 \text{ L h}^{-1}$ , com um grau de aleatoriedade de  $0,02094$ , um alcance de  $2,61 \text{ m}$  e uma dependência espacial entre os emissores de  $97,95\%$ .

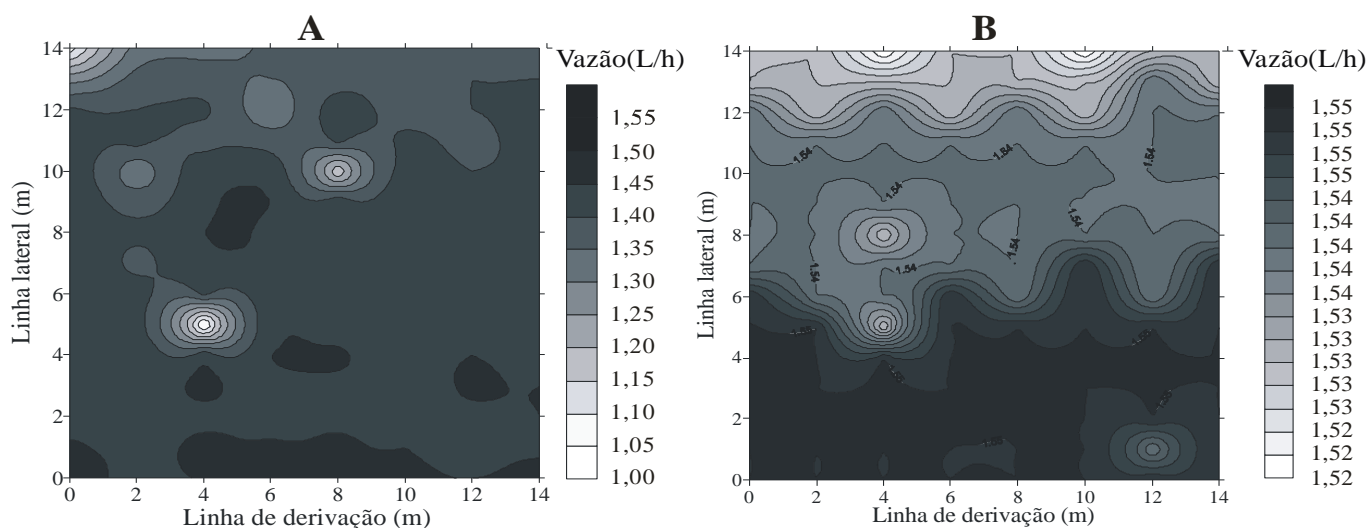


**Figura 2.** Semivariograma de vazão, para gotejadores usados (A) e novos (B), mostrando o modelo ajustado aos dados em função da distância.

Com relação ao semivariograma de vazão dos gotejadores novos (Figura 2B), o modelo utilizado foi o esférico com uma variância de vazão em função da distância dos seus emissores, apresentado um efeito pepita de  $0,000005 \text{ L h}^{-1}$ , valor este menor quando comparado ao sistema usado (Figura 2A), apresentado um grau de aleatoriedade significativo de  $0,0714$ , um alcance de  $17,04 \text{ m}$  e uma dependência espacial entre os emissores de  $93,33\%$ .

Os mapas de distribuição espacial

presentes na Figura 3 foram obtidos através da interpolação dos dados a partir de parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas, com o intuito de estimar valores em locais não amostrados. Para as duas situações presentes, verifica-se uma distribuição espacial em que apresenta variações de vazão ao longo do perfil, de acordo com a distribuição espacial X e Y. Baseando-se nas vazões já apresentadas, não houve possibilidade de construir figuras com legendas iguais, com o mesmo intervalo.



**Figura 3.** Mapa da distribuição de vazão, para gotejadores usados (A) e novos (B).

## GEOESTATÍSTICA APLICADA À UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO USADO E NOVO

Baseando-se na Figura 3A, considera-se que os maiores valores de vazão apresentados no sistema de gotejadores usados foram encontrados na distância de 11 m do ponto inicial direcionada ao eixo Y, apresentando uniformidade elevada. No entanto, esta uniformidade é menor quando comparada à Figura 3B devido ao decréscimo da vazão no intervalo entre 4 e 6 m. Para o intervalo entre 11 a 14 m, a vazão diminui em consequência à redução da pressão no decorrer do trecho, mantendo-se uma alta uniformidade de aplicação de água no perfil, contudo, a mesma é afetada em virtude das limitações apresentadas nas linhas iniciais do intervalo entre 13 e 14 m. Tais informações diferem dos resultados encontrados por Alves et al. (2008), avaliando a variabilidade espacial de vazão e pressão de microaspersão com emissores usados e novos, não encontrando variações significativas na vazão com uma média de  $32,93 \text{ L h}^{-1}$  no início da área, vazões maiores nos pontos de emissão e valores mínimos de  $25 \text{ L h}^{-1}$  no final.

As limitações apresentadas no perfil estão, também, relacionadas à filtragem irregular da água utilizada, porém, deve-se levar em consideração a depreciação do sistema de gotejadores inseridos no perfil, em razão de seu longo período de utilização.

Com relação ao sistema de gotejadores novos (Figura 3B), os maiores valores de vazão foram encontrados na distância de 5,5 m do ponto inicial, na direção do eixo Y, apresentando uma uniformidade de aplicação. Nos intervalos de 5,5 a 12 m e de 12 a 14 m entre os gotejadores, a vazão é reduzida devido à queda de pressão ao longo do trecho, contudo, a uniformidade continua presente. Estes resultados corroboram com os de Alves et al. (2008) em microaspersores, onde a troca por emissores novos proporcionou um aumento da vazão média para  $36,86 \text{ L h}^{-1}$ , chegando a  $46 \text{ L h}^{-1}$  no início e diminuindo em direção ao final

da tubulação secundária, com um valor mínimo de  $26,40 \text{ L h}^{-1}$ .

Levando em consideração a área como um todo, observa-se que os intervalos de 0 a 5,5 m e de 5,5 a 12 m apresentam um ponto, cada um, no qual há um déficit de vazão devido ao entupimento dos seus orifícios provocados pelo sistema de filtragem ineficiente da água aplicada.

### CONCLUSÕES

O sistema de gotejadores novos apresentou maior uniformidade de distribuição da lâmina e a maior taxa de aplicação de água apresentadas no estudo.

Os mapas de isolinhas comprovam que os dois sistemas de gotejadores são fortemente dependentes do espaço devido à perda de pressão ao longo da tubulação no perfil.

O efeito pepita se apresentou muito próximo de zero, ou seja, todos os pontos captados no perfil estão dentro dos dados amostrais, podendo constatar que os erros tornaram-se muito pequenos, sendo perfeitamente possível fazer interpolações através dos métodos de krigagem.

A troca de sistema de gotejamento usados pelos novos deve ser realizada para evitar a desuniformidade de aplicação de água no perfil e, conseqüentemente, o desperdício de água e eventuais perdas na produção.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, W. W. de A.; NETO, J. D.; MATOS, J. de A. de; AZEVEDO, C. A. V. de; LIMA, V. L. A. de. Variabilidade espacial de vazão e pressão em subunidade de microaspersão com emissores usados e novos. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 67-80, 2008.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª ed., Viçosa: UFV, 625p. 2006.

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n. 5, p.1501-1511, 1994.
- CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; MEDEIROS, J. F. de; MELO, T. K. de; SOBRINHO, J. E.; BRISTOT, G.; ALMEIDA, B. M. de. Necessidade hídrica da cultura do girassol irrigado na chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 261–267, 2013.
- CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: University of California, 142p, 1942. (Bulletin, 670).
- FROGBROOK, Z. L.; OLIVER, M. A.; SALAHI, M.; ELLIS, R. H. Exploring the spatial relations between cereal yield and soil chemical properties and the implications for sampling. **Soil Use and Management**, Oxon, v. 18, n. 1, p. 1-9, 2002.
- GOLDEN SOFTWARE. **Surfer version 8.02** - Feb 11 2002. Surface mapping system. Colorado: Golden Software, Inc, 1993-2002. 1 CD-ROM. GS+. Geostatistical for environmental Sciences. Version 8.02. Michigan: Gamma Design Software, 2002.
- HUIJBREGTS, C. J. Regionalized variables and quantitative analysis of spatial data. In: DAVIS, J. C.; McCULLAGH, M. J. (Ed.). **Display and analysis of spatial data**. New York: John Wiley, p. 38-53, 1975.
- KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. Caldwell, NJ: The Blackburn Press, 652p, 2000.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, n. 4, p.678-684, 1974.
- LIMA, J.S.S.; LOPES, J.C.; TRIGO, M.F.Q.; SILVA, S.A. Distribuição espacial de atributos que caracterizam a qualidade fisiológica de sementes de Coffea arabica L. In: II SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4. 2011, Botucatu. **Anais eletrônicos**. Botucatu: Unesp, 2011. Disponível em <http://www.fca.unesp.br/sgea/Docs2011/25.pdf> >. Acesso em: 28 jul, 2015.
- MANTOVANI, E. C. **Avalia**: manual do usuário. Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 2002.
- PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.
- PEREIRA, D.P.; FIEDLER, N.C.; LIMA, J.S.S.; BAUER, M.O.; SIMÃO, J.B.P. Distribuição espacial de atributos químicos do solo para implantação de um povoamento de eucalipto In: II SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4. 2011, Botucatu. **Anais eletrônicos**. Botucatu: Unesp, 2011. Disponível em <http://www.fca.unesp.br/sgea/Docs2011/26.pdf> >. Acesso em: 28 jul, 2015.
- REIS, E. F. dos; BARROS, F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.2, p. 74-81, 2005.
- RIBEIRO, P. A. de A.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. Entupimento de tubos gotejadores convencionais com aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via duas qualidades de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 279-287, 2010.
- ROBERTSON, G. P. **GS+**: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User’s Guide. Plainwell: Gamma Design Software, 2004. 152 p.



GEOESTATÍSTICA APLICADA À UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO USADO E NOVO

SOUZA, G. S de.; LIMA, J. S de S.; SILVA, S de. A.; OLIVEIRA, R. B de. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. *Acta Scientiarum Agronomy*. Maringá, v.30, n.4, p.589-596, 2008.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e fotopedologia) - FCA-UNESP, Botucatu, 2001.