



Associação
Brasileira de
Irrigação e
Drenagem



IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING
XXVI CONIRD - CONGRESSO
NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
III SBS - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO DIFERENTES TAXAS DE INJEÇÃO DA CALDA FERTILIZANTE

A. M. G. Rodrigues¹, C. N. V. Fernandes², C. de F. Santos¹, E. P. de Miranda², J. N. V.
Fernandes³, A. R. A. da Silva²

RESUMO: É de fundamental importância a homogeneidade da água aplicada pelo sistema de irrigação, garantindo a uniformidade de distribuição, principalmente quando utilizada a fertirrigação. Objetivou-se nesse trabalho estudar o efeito de diferentes taxas de injeção da calda fertilizante em um sistema de irrigação por microaspersão. O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Ceará, Campus Iguatu, em um sistema de irrigação já instalado e utilizado para irrigação de fruteiras. Foram avaliadas as taxas de injeção de 40, 60, 80 e 100 L h⁻¹, além da operação do sistema sem fertirrigação. Utilizou-se como fonte de potássio o adubo comercial cloreto de potássio branco – KCl. A injeção do fertilizante foi realizada por meio de um injetor venturi de 3/4” instalado em “by pass” com bomba auxiliar na saída da motobomba. A avaliação da uniformidade foi por meio dos coeficientes CUC, CUD e CUE para a água de irrigação. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de tukey. Visando a uniformidade da água de irrigação quando o sistema estiver operando com fertirrigação deve-se optar pela taxa de injeção de 40 L h⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Quimigação, manejo da fertirrigação, coeficiente de uniformidade

DISTRIBUTION UNIFORMITY OF IRRIGATION WATER USING DIFFERENT INJECTION RATES OF THE FERTILIZER

ABSTRACT: It is of fundamental importance the homogeneity of the water applied by the irrigation system, guaranteeing the uniformity of distribution, especially when fertigation is used. The objective of this work was to study the effect of different injection rates of the fertilizer syrup on a micro sprinkler irrigation system. The experiment was conducted at the Federal Institute of Ceará, Campus Iguatu, in an irrigation system already installed and used for

¹ Acadêmico de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE - Iguatu, Rodovia Iguatu / Várzea Alegre, km 05, s/n, Vila Cajazeiras, Iguatu, CE, CEP: 63500-000, Fone: (88) 3582-1000. e-mail: mozarth400@hotmail.com; fazenda.terraprometida@hotmail.com;

² Prof. Doutor IFCE, Iguatu, CE, e-mail: newdmar@gmail.com; eu.paceli@yahoo.com.br; alexandre_reuber@hotmail.com;

³ Acadêmico de Agronomia, UFPB, Areia, PB, e-mail: normand.agronomia@yahoo.com.br

irrigation of fruit trees. The injection rates of 40, 60, 80 and 100 L h⁻¹ were evaluated, besides the operation of the system without fertigation. The commercial potassium chloride-KCl white potassium salt was used as the source of potassium. The fertilizer injection was performed by means of a ¾ "venturi injector installed in" by pass "with auxiliary pump at the outlet of the motor pump. The uniformity assessment was based on the CUC, CUD and CUE coefficients for irrigation water. The experimental design was completely randomized with four replicates. Data were submitted to analysis of variance and tukey test. It is concluded that for the uniformity of the irrigation water when the system is operating with fertirrigation, the injection rate of 40 L h⁻¹ should be chosen. Aiming at the uniformity of the irrigation water when the system is operating with fertigation, one should opt for the injection rate of 40 L h⁻¹.

KEYWORDS: Quimigation, fertigation management, uniformity coefficient

INTRODUÇÃO

A uniformidade com a qual a água de irrigação é aplicada no campo é definida como uniformidade de distribuição (BURT et al., 1997). Essa influencia diretamente o manejo, a qualidade, a eficiência e o custo da irrigação, além do desempenho da cultura no campo, uma vez que, baixas uniformidades de distribuição fazem com que determinadas plantas irrigadas recebam mais água do que outras, resultando em um crescimento desuniforme dentro do cultivo, acarretando em perdas de produtividade (SANTOS et al., 2003).

A fertirrigação consiste na aplicação dos adubos juntamente com a água de irrigação. Essa prática é de grande utilidade para as plantas, pois o nutriente é fornecido juntamente com a água o que é essencial para sua absorção (DUENHAS et al., 2002). Apesar de ser uma técnica compatível com diversos métodos de irrigação (SANTOS, 2014), os sistemas pressurizados vêm sendo cada vez mais utilizados, devido ao movimento turbulento da água, que ajuda a manter o material químico uniformemente distribuído nas tubulações, contribuindo para obtenção de boa uniformidade de aplicação (ANDRADE & BRITO, 2006).

Os métodos de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), cujas uniformidades e eficiências de aplicação da água ultrapassam 90%, tornam ainda mais promissor a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, técnica que tem se tornado indispensável nos projetos de irrigação de frutíferas e olerícolas, devido às vantagens em relação aos métodos tradicionais de aplicação de produtos químicos (SOCCOL, 2008).

Entre os fatores que podem contribuir para o sucesso da fertirrigação, merece destaque a uniformidade de distribuição de água do sistema, sendo a homogeneidade na aplicação de água na área irrigada um requisito fundamental para a aplicação de produtos químicos, uma vez que, estando a solução misturada a água de irrigação a uniformidade de aplicação do agroquímico se confunde com a da aplicação da água, fato esse que torna necessário a avaliação do desempenho do sistema de irrigação, antes da adoção de qualquer estratégia de manejo (BRITO & COSTA, 1998; CAMARGO, 2010).

No que diz respeito a forma como os produtos químicos são injetados no sistema de irrigação, diferentes métodos podem ser utilizados para tal fim, podendo-se destacar o venturi, as bombas volumétricas, e o diferencial de pressão (SOUSA et al., 2005).

O injetor Venturi é um equipamento bastante simples e relativamente barato, trata-se de uma peça especial, com uma seção convergente, seguida de um estrangulamento e de uma seção divergente gradual, para diâmetro igual ao da tubulação a ele conectada. Seu princípio de funcionamento baseia-se na transformação da energia de pressão da água em energia cinética, quando a água passa pela seção estrangulada do Venturi, assim, tem-se um aumento da velocidade da água na seção estrangulada, provocando uma pressão efetiva negativa (vácuo). Tal, princípio pode causar grandes perdas de pressão no sistema de irrigação, fato que pode afetar a uniformidade de aplicação de água pelo mesmo. Geralmente essa queda de pressão é expressa como uma porcentagem da pressão de entrada (ABÉU et al. 1987).

Nesse contexto, objetivou-se nesse trabalho, avaliar a uniformidade de distribuição de água utilizando diferentes taxas de injeção da calda fertilizante por meio de um injetor venturi, em sistema de irrigação localizado por microaspersão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Iguatu, Ceará, com 6° 21' 34'' de latitude sul e 39° 17' 55'' de longitude oeste. O clima da região é do tipo Bsw'h' - clima quente e semiárido tipo estepe, com temperatura média mensal superior a 18°C no mês mais frio (KÖPPEN, 1923). Apresenta precipitação média de 859 mm, com 85% concentrada no período de Janeiro a Maio.

Utilizou-se o delineamento experimental do tipo inteiramente casualidade (DIC), com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 64 amostras coletadas ao final de cada tratamento. Os tratamentos consistiram na avaliação de diferentes taxas de injeção da calda fertilizante, sendo 40, 60, 80 e 100 L h⁻¹. Para realização da avaliação aplicou-se uma

quantidade de adubo equivalente a um quilo de K_2O por hectare em um volume de calda de 10 L. Foi utilizado o adubo comercial cloreto de potássio branco – KClb. Além da avaliação da uniformidade de irrigação quando da aplicação das taxas citadas, avaliou-se ainda a distribuição da água de irrigação sem uso de fertirrigação.

A avaliação da uniformidade da água pelo sistema foi realizada utilizando-se a metodologia de Keller e Karmeli (1975), com 16 pontos de coleta, sendo escolhidos quatro linhas laterais (a primeira, a um terço, a dois terços e a última linha lateral), e quatro pontos (microaspersores) ao longo de cada linha lateral selecionada: o primeiro, a um terço, a dois terços e o último.

A fim de determinar o tempo total da fertirrigação para coleta de água nos ponto pré-determinados, procedeu-se da seguinte forma: primeiramente foi medida a condutividade elétrica da água de irrigação sem adição de fertilizante, logo após injetava-se a calda fertilizante no sistema e no momento em que a condutividade elétrica do primeiro microaspersor da área experimental apresentava-se superior à condutividade elétrica da água medida anteriormente, iniciava a coleta da água, pois indicava que o fertilizante havia chegado à área. O final do tempo de coleta era determinado quando a condutividade elétrica da água coletada no último emissor do sistema de irrigação atingia valores próximos aos valores iniciais sem fertilizante. Por fim, o sistema de irrigação era desligado e retiravam-se os coletores, para em seguida medir-se o volume da solução utilizando provetas graduadas em mL.

Para o cálculo da uniformidade de distribuição da água, foram utilizadas as equações:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right) \quad (1)$$

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \quad (2)$$

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{S_q}{\bar{q}} \right) \quad (3)$$

Em que:

CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

CUE – é o coeficiente de uniformidade estatístico (%);

q_i – vazão de cada emissor ($L h^{-1}$);

\bar{q} – vazão média dos emissores ($L h^{-1}$);

n – número de emissores;

$q_{25\%}$ – média de 25% das menores vazões observadas ($L h^{-1}$);

S_q – é o desvio padrão de vazão do emissor.

A interpretação dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC, CUE e CUE) baseou-se na metodologia apresentada por Mantovani (2001), apresentada na Tabela 1.

Os dados também foram submetidos à análise de variância pelo teste F e teste de Tukey (5%) com intuito de identificar os tratamentos estatisticamente diferentes. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software para análises estatísticas da Universidade Federal de Campina Grande ASSISTAT 7.6 e o Microsoft Office Excel (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 observa-se o resumo da análise de variância para o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) da água de irrigação, para os tratamentos avaliados. Verifica-se que todos os coeficientes de uniformidade apresentaram diferença significativa, sendo o CUC e o CUE a 5% ($P < 0,05$) enquanto o CUD a 1% ($P < 0,01$). Os valores médios do CUC, CUD e CUE da água de irrigação em função das taxas de injeção avaliadas estão apresentados na Tabela 3.

Pelo teste de Tukey o CUC não apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Com relação ao CUD, os tratamentos sem fertirrigação e taxa de 40 $L h^{-1}$ apresentaram os maiores valores médios. Já para o CUE o tratamento sem fertirrigação apresentou o melhor valor, sendo a taxa de injeção de 40 $L h^{-1}$ estatisticamente igual.

Os valores de todos os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) foram apontados como excelentes de acordo com a classificação proposta por Mantovani (2001) (Tabela 1). Peixoto et al. (2005) avaliando a uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por microaspersão utilizado para fertirrigar um plantio de coqueiro no Platô de Neópolis, no município de Neópolis-SE, obtiveram resultados equivalentes com CUC de 93,40%. Da mesma forma, avaliando sistema de irrigação por microaspersão, no Sítio Barreiras município de Missão Velha-CE, Feitosa et al. (2012) obtiveram CUC de 97,43%.

Sistemas de irrigação com valores de CUC superiores a 90% são recomendado para culturas de alto rendimento econômico, desta forma o sistema avaliado pode ser utilizado para

tais culturas, já que o valor do CUC em nenhum tratamento ficou abaixo de 90% (Bernardo et al. 2009).

Azevedo et al. (2014) avaliando a fertirrigação potássica em cajueiro por meio de diferentes fontes e formas de diluição do cloreto de potássio, no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, em Marco-CE, encontraram valores inferiores aos obtidos nesse trabalho com CUC de 85,23% para um sistema de irrigação por gotejamento.

Com relação ao CUD a fertirrigação também não alterou a classificação de tal coeficiente, sendo o mesmo classificado como bom em todos os tratamentos. Feitosa et al. (2012), obtiveram valores do CUD de 92,18%, sendo esse classificado como excelente e superior ao encontrado no presente estudo. Lopes et al. (2011), determinando o padrão do manejo da irrigação praticada no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, via análise multivariada, observou que os sistemas de irrigação, apresentaram o CUD variando de 37,83%, classificado como ruim, até 97,30%, classificado como excelente.

O CUD tem papel importante, uma vez que esse coeficiente compara a média de 25 % das observações de valores mais baixos com a média total, sendo por isso, o mais utilizado na avaliação de sistemas de irrigação localizada, por possibilitar uma medida precisa (Lópes et al., 1992). Essa maior precisão proporcionada pelo CUD contribuiu para a melhor observação das diferenças entre os tratamentos avaliados, uma vez que, para esse coeficiente o teste de médias demonstrou diferença entres os tratamentos. Desta forma fica claro que a taxa de injeção de 40 L h⁻¹ deve ser a escolhida quando se desejar realizar a prática da fertirrigação no referido sistema, a fim de se alcançar uma maior uniformidade na irrigação.

No que diz respeito ao Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), estes foram classificados como bons, em todos os tratamentos, de acordo com Tabela 1. No entanto, ressalta-se que pelo teste de comparação entres as médias, a taxa de injeção de 40 L h⁻¹ foi o único tratamento que não diferiu estatisticamente da operação do sistema sem fertirrigação, fato que evidencia a afirmação anterior de que a referida taxa de injeção deve ser a escolhida para a realização da fertirrigação no sistema.

Os menores valores de CUD e CUE verificados para as maiores taxas de injeção avaliadas comprometem o desenvolvimento uniforme da cultura, uma vez que, este é fortemente influenciado pela uniformidade de distribuição de água em áreas irrigadas, onde baixas uniformidades fazem com que determinadas plantas recebam menos água do que outras afetando o seu desenvolvimento (SANTOS et al., 2003).

CONCLUSÕES

A uniformidade de distribuição da água pelo sistema de irrigação avaliado foi influenciada pelas diferentes taxas de injeção da calda fertilizante.

A taxa de injeção de 40 L h⁻¹ foi a que proporcionou a melhor uniformidade de irrigação.

AGRADECIMENTOS

Ao IFCE-Iguatu e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

ABÉU, J. M. H.; LÓPEZ, J. R.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. **El Riego localizado**. In: CURSO INTERNACIONAL DE RIEGO LOCALIZADO. Tenerife, España, 1987. p.61-72.

ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L. **Métodos de irrigação e quimigação**. Sete Lagoas, MG. MAPA. 2006. 17p (Circular Técnica, 82).

AZEVEDO, B. M.; FERNANDES, C. N. V.; CAMARGO, D. C.; GARCÍA, A. C.; VIANA, T. V. DE A.; CAMPÊLO, A. R.. Fertirrigação potássica do cajueiro com diferentes fontes e formas de diluição do cloreto de potássio. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 325-332, 2014.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 625p.

BRITO, R. A. L.; COSTA, E. F. **Cálculos operacionais e calibração nos sistemas pressurizados**. In: COSTA, E. F. da; BRITO, R. A. L.; VIANA, P. A.; TEIXEIRA, D. M. C.; PITTA, G. V. E.; COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; VALICENTE, F. H.; PINTO, N. S. J. A.; SILVA, J. B. da; KARAM, D.; VIEIRA, R. F. Curso de engenharia e manejo de irrigação: quimigação - aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação. Brasília: ABEAS / Viçosa: UFV, 1998. Modulo 9, Cap.4, p. 37-56.

BURT, C. M.; CLEMMESNS, A. J.; STRELKOFF, T. S.; SOLOMON, K. H.; BLIESNER, R. D.; HOWELL, T. A. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 123, n. 6, p. 423-442, 1997.

CAMARGO, D. C. **Uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes fontes e concentrações na calda de fertirrigação em condições de campo**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2010.

DUENHAS, L. H.; VILLAS BÔAS, R. L.; SOUZA, C. M. P. DE; RAGOZO, C. R. A.; BULL, L. T. Fertirrigação com diferentes doses de npk e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) ‘valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 214-218, 2002.

FEITOSA, E. O.; SOUSA, M. DAS D. M. DE; SANTOS, B. P. DOS; LIMA, J. P.; CARVALHO, C. M. DE; OLIVEIRA, D. M. DE. Avaliação de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da banana. In: INOVAGRI, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Inovagri, 2012, 2012. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/meeting2012/wp-content/uploads/2012/06/Protocolo341.pdf>. Acesso em 19 out. 2016.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.

KOPPEN, W. **Dieklimate dererde-grundrib der kimakunde**. Berlin, Walter de gruyter verlag, 1923.

LOPES, F. B.; SOUZA, F. DE; ANDRADE, E. M. DE; MEIRELES, A. C. M.; CAITANO, R. F. Determinação do padrão do manejo da irrigação praticada no perímetro irrigado baixo Acaraú, Ceará, via análise multivariada. **Irriga**, v. 16, n. 3, p. 301–316, 2011.

LÓPES, J. R.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. Madrid: **Riego Localizado**. 1992. 405 p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

PEIXOTO, J. F. S.; CHAVES L. H. G.; GUERRA, H. O. C.; Uniformidade de distribuição da fertirrigação no distrito de irrigação Platô de Neópolis. **Revista de biologia e ciências da terra**. v. 5, n. 2. 2005.

SANTOS, C. A. dos. **Análise da viabilidade econômica para implantação de sistema de quimigação em cultura de soja irrigada por pivô central**. 2014. 44 f. (Monografia Bacharel em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

SANTOS, R. A.; HERNANDEZ F. B. T.; FERREIRA, E. J. F.; VANZELA, L. S.; LIMA, R.

C.; Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris gasipaes* h.b.k.). In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Goiânia. **Anais...**Piracicaba: SBEA, 2003. 2003. (CD-ROM).

SOCCOL, O. J. **Quimigação - Vantagens e adequações**. 2008. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=94>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

SOUSA, V. F. de.; SANTOS, F. J. de S.; ALMEIDA, O. A. de. **Fertirrigação**. Teresina: PI, Embrapa Meio-Norte, 2005. 39p. (Documento, 128).

Tabela 1. Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e do Coeficiente de Uniformidade de Estatística (CUE) proposta por Mantovani (2001).

Classificação	Coeficiente de uniformidade		
	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
Excelente	>90	>84	90-100
Bom	80-90	68-84	80-90
Razoável	70-80	52-68	70-80
Ruim	60-70	36-52	60-70
Inaceitável	<60	<36	<60

Fonte: Mantovani (2001).

Tabela 2. Análise de variância do CUC, CUD e CUE da água de irrigação em função das taxas de injeção avaliadas.

FV	GL	Quadrado médio		
		CUC	CUD	CUE
Tratamentos	4	1,87553*	5,51801**	8,88930*
Resíduo	15	0,60386	0,49270	0,53738
Total	19	-	-	-
CV (%)	-	0,85	0,85	0,85

FV – Fator de Variação; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ** significativo a 1% pelo teste F; * significativo a 5% pelo teste F.

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017).

Tabela 3. Teste de Tukey para os valores médios do CUC, CUD e CUE da água de irrigação em função das taxas de injeção avaliadas.

Tratamento	Coeficiente de uniformidade		
	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
Sem fertirrigação	91,92 a	83,72 a	88,10 a
40 L h ⁻¹	91,65 a	83,18 a	86,57 ab
60 L h ⁻¹	91,11 a	82,26 ab	85,54 bc
80 L h ⁻¹	90,52 a	80,92 b	84,11 c
100 L h ⁻¹	90,35 a	81,39 b	85,38 bc
Média	91,11	82,30	85,84

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017).