



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 DE POTÁSSIO SOB DIFERENTES TAXAS DE INJEÇÃO UTILIZANDO INJETOR VENTURI

A. M. G. Rodrigues¹, C. N. V. Fernandes², C. de F. Santos³, J. B. de Oliveira²,
A. E. A. Sobreira³, I. I. de Almeida³

RESUMO: Para o sucesso da fertirrigação, é necessário que o sistema de irrigação distribua não só a água, mas também o nutriente de modo uniforme em toda superfície irrigada. Assim, objetivou-se nesse trabalho avaliar a uniformidade de distribuição da concentração e da quantidade de potássio aplicada por diferentes taxas de injeção da calda fertilizante utilizando um injetor venturi. O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - *Campus* Iguatu, em um sistema de irrigação por microaspersão. As taxas de injeção utilizadas para a aplicação do potássio foram de 40, 60, 80 e 100 L h⁻¹ e a fonte de potássio foi 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. Para avaliação da uniformidade foram utilizados os coeficientes CUC, CUD e CUE. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, onde não apresentaram significância pelo teste F. Concluiu-se que a uniformidade de distribuição da concentração e da quantidade de potássio aplicada por emissor não foi influenciada pelas diferentes taxas de injeção avaliadas.

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

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

ABSTRACT: For the success of fertigation, it is necessary that the irrigation system distribute not only the water, but also the nutrient in a uniform way in every irrigated surface. Thus, it was aimed at this job to evaluate the uniformity of distribution of concentration and quantity of potassium applied by different injection rates of fertilizer using a venturi injector. The experiment was conducted at the Federal Institute of Education, Science and technology of

¹ Graduado em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, Iguatu - Ceará, CEP: 63.500-000 Iguatu, CE. Fone (88) 35821000. E-mail: mozarth400@hotmail.com

² Prof. Doutor IFCE, Iguatu – Ceará.

³ Acadêmico de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, Iguatu – Ceará.

Ceará-campus Iguatu, in an irrigation system by Microaspersão. The injection rates used for potassium application were 40, 60, 80 and 100 L h⁻¹ and the potassium source was the white potassium chloride commercial fertilizer – KCL. The fertilizer injection was performed through a $\frac{3}{4}$ Venturi injector "installed in" by pass "with auxiliary pump in the output of the motor pump. For evaluation of Uniformity, CUC, cud and cue coefficients were used. The data obtained was subjected to the analysis of variance, where it did not present significance by the test F. It was concluded that the uniformity of distribution of concentration and the quantity of potassium applied by emitter was not influenced by the different injection rates evaluated.

KEYWORDS: Quimigation, fertigation management, uniformity coefficient

INTRODUÇÃO

A fertirrigação vem se destacando por possibilitar a aplicação de fertilizantes via irrigação, de forma eficiente e econômica quando comparados aos métodos de aplicação convencional. Para Andrade Júnior et al. (2006), a aplicação de fertilizantes via água de irrigação reduz ou elimina as perdas, pois o nutriente é fornecido no momento e na quantidade exigida pelas as plantas, aumentando assim a eficiência e o aproveitamento dos insumos.

Entre os nutrientes usados com frequência na fertirrigação se destacam o nitrogênio e o potássio, devido à elevada mobilidade no solo e a alta solubilidade em água, se enquadram perfeitamente à técnica (AZEVEDO et. al. 2014). A aplicação de potássio via água de irrigação tem se tornado atraente aos produtores, principalmente para aqueles que utilizam sistemas de irrigação localizada, em razão do potássio não ser um nutriente dos mais móvel no solo. Esse tipo de sistema é caracterizado pela aplicação de água próxima a raiz das plantas, torna-se eficiente a aplicação de potássio. O potássio pode ser encontrado no mercado de diferentes fontes como cloreto de potássio, o sulfato de potássio e o nitrato de potássio e preços.

Para alcançar o sucesso na aplicação de fertilizante via água de irrigação é necessário que o sistema de irrigação apresente uma boa uniformidade de distribuição de água do sistema, pois a homogeneidade na aplicação de água é um requisito fundamental à prática da fertirrigação. Para Santos et al. (2003) a uniformidade de distribuição de água influencia diretamente o manejo, a qualidade, a eficiência e o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura no campo. O mesmo afirma que uma baixa uniformidade de distribuição de água resulta em um crescimento desuniforme dentro do cultivo, devido determinadas plantas receberem mais água e adubo do que outras.

A uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação pode ser avaliada por meio dos seguintes coeficientes: O primeiro é o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), foi proposto por Christiansen (1942), mais usado para avaliar a uniformidade. Segundo é o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), proposto por Criddle et al. (1956), que se baseia na observação da média de 25% das menores vazões em relação à vazão média total. E, por último, o coeficiente uniformidade estatístico (CUE), sugerido por Wilcox e Swailes (1947), leva em conta a variação ocorrida nas vazões dos emissores avaliados.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes taxas de injeção da calda fertilizante em condições de campo, em sistema de irrigação localizado por microaspersão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Iguatu, localizado no município de Iguatu na região Centro-Sul do estado do Ceará com $6^{\circ} 21' 34''$ de latitude sul e $39^{\circ} 17' 55''$ de longitude oeste. O clima da região, pela classificação de Koeppen, é do tipo Bsw'h' - clima quente e semiárido tipo estepe, com temperatura média mensal superior a 18°C no mês mais frio. Precipitação média anual de 859 mm, com 85% concentrada no período de janeiro a maio.

O sistema de irrigação por microaspersão utilizado no experimento já se encontrava instalado na área, sendo utilizado para irrigação de fruteiras. O sistema de injeção de fertilizantes foi conectado à linha principal por meio de uma derivação tipo by pass com uma bomba auxiliar para proporcionar o diferencial de pressão necessário à injeção do fertilizante através do venturi.

O delineamento experimental utilizado no experimento foi o inteiramente casualidade (DIC), com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 64 amostras coletadas ao final de cada tratamento. Foram avaliadas diferentes taxas de injeção da calda fertilizante, sendo 40, 60, 80 e 100 L h^{-1} , utilizando para isso o adubo comercial cloreto de potássio branco – KClb, contendo 60% de K_2O . A quantidade de adubo à ser aplicado foi aquela equivalente a um quilo de K_2O por hectare e o volume da calda foi de 10 L.

A avaliação da uniformidade de distribuição do potássio na área foi realizada utilizando-se a metodologia de Keller e Karmeli (1975), sendo selecionados 16 pontos de coleta. Os pontos foram escolhidos em 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.

Para a aplicação dos tratamentos diluía-se o fertilizante na água (10 L) e após a calibração do injetor venturi para a respectiva taxa de injeção, com o sistema já em operação, dava-se início a injeção. O controle do início e o término da fertirrigação em todas as aplicações foram feitos por meio da condutividade elétrica da água, medida em um condutivímetro portátil. A coleta da água nos pontos selecionados se iniciou quando o primeiro microaspersor da área experimental apresentou condutividade elétrica superior à da água de irrigação. E, no momento em que a condutividade elétrica da água coletada no último emissor do sistema de irrigação atingiu valores próximos ao da condutividade elétrica da água de irrigação considerou-se como o término. Então, o sistema era desligado e retiravam-se os coletores, para em seguida medir-se o volume em provetas, sendo anotados os volumes, e separados 20 mL de cada amostra, armazenados em pequenos coletores, devidamente identificados, para posterior análise da solução em laboratório.

O K₂O de todas as amostras, para as diferentes taxas avaliados, foi quantificado no Laboratório de Análise de Água, Solo e Tecidos Vegetais – LABAS, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Iguatu, através de um espectrofotômetro de chama.

O cálculo da uniformidade do fertilizante foi realizado utilizando o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), descrito pela Equação 01, 02 e 03, substituindo as vazões em L h⁻¹, pela concentração dos teores de potássio das amostras analisadas em g L⁻¹, descrito pela Equação 04.

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

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

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

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 ($L h^{-1}$); $q_{25\%}$ = média de 25% das menores vazões observadas ($L h^{-1}$); S_q = é o desvio padrão de vazão do emissor.

$$\text{Quant} = \text{Vol} \times C_n \quad (4)$$

Em que: Quant = Quantidade de nutriente coletada (g); Vol = é o volume coletado em cada emissor; C_n = concentração do nutriente no emissor ($g L^{-1}$).

A interpretação dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC, CUE e CUE) baseou-se na metodologia apresentada por Mantovani (2001) que está apresentada na Tabela 1. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e teste de Tukey (5%). As análises foram realizadas utilizando o software ASSISTAT 7.6 e o Microsoft Office Excel (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 está apresentado 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 concentração de potássio em função das quatro taxas de injeção (40, 60, 80 e 100 $L h^{-1}$). Verifica-se que nenhum dos coeficientes de uniformidade avaliados apresentou diferença significativa.

A Tabela 3 apresenta os valores médios do CUC, CUD e CUE da concentração de potássio em função das taxas de injeção avaliadas. Os valores médios do CUC da concentração de potássio em função das taxas de injeção avaliadas foram classificados de acordo com Mantovani (2001), e considerados excelentes para as taxas 40 $L h^{-1}$, 80 $L h^{-1}$ e 100 $L h^{-1}$, e bom para a taxa de injeção correspondente a 60 $L h^{-1}$. Em relação ao CUD, o sistema apresentou classificação de excelente para a seguinte taxas 40 $L h^{-1}$, 60 $L h^{-1}$ e 100 $L h^{-1}$ e bom para a taxa 80 $L h^{-1}$. A classificação dos valores referente ao CUE foi boa para todas as taxas injetadas, de acordo com a Tabela 1.

A não significância observada para os dados avaliados pode estar associada a uma baixa amplitude de variação da taxa de injeção (40 a 100 $L h^{-1}$), amplitude essa que foi limitada pelo equipamento (venturi) utilizado, uma vez que o mesmo apresentava 100 $L h^{-1}$ como limite máximo de injeção.

Os elevados valores dos coeficientes avaliados e a inexistência de diferença estatística entre os tratamentos indicam uma ótima distribuição do fertilizante pelo sistema de irrigação para todas as taxas de injeção, nesse caso, o produtor poderá optar por aquela que lhe for mais conveniente.

Na Tabela 4 pode ser observado 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 quantidade de potássio por emissor em função das quatro taxas de injeção (40, 60, 80 e 100 L h⁻¹). Verifica-se que nenhum dos coeficientes de uniformidade avaliados apresentou diferença significativa. Na Tabela 5 apresenta valores médios do CUC, CUD e CUE da quantidade de potássio por emissor em função das taxas de injeção avaliadas. Os valores obtidos na Tabela 5, em relação ao CUC, CUD e CUE, foram classificados como bons para todos os coeficientes, segundo a Tabela 1.

Resultado semelhante para a uniformidade de distribuição do potássio foi observado por Azevedo et al. (2014), tendo os autores avaliado a uniformidade de distribuição do K₂O em função do tipo de fertilizante e forma de dissolução do adubo e não obtido influência estatística para os tratamentos avaliados. Ainda segundo os mesmos autores, os valores semelhantes de CUC encontrados para os tratamentos aplicados devem estar relacionados a uma correta dissolução do fertilizante.

Também em experimento avaliando a uniformidade de distribuição do potássio em função de diferentes fontes de fertilizantes potássicos Camargo (2010) não observou diferença estatística entre os tratamentos avaliados. Já para diferentes volumes de calda de aplicação o mesmo autor obteve diferença estatística, sendo o maior volume de calda responsável pela maior uniformidade de distribuição do potássio, nesse caso o autor atribui tal diferença aos diferentes tempos de injeção da calda fertilizante.

Ainda com relação ao estudo de Camargo (2010), no que diz respeito aos diferentes volumes de calda, o autor obteve os seguintes tempos de injeção para os respectivos volumes avaliados em ordem crescente de uniformidade: 10,35 minutos (25 L), 15,50 minutos (50 L), 21,25 minutos (75 L), 23,50 minutos (100 L), 27,50 minutos (125 L). Observa-se que a amplitude de variação dos tempos de aplicação foi de 17,15 minutos, sendo esta maior que a desse trabalho que foi de apenas 9 minutos, tal fato pode explicar a diferença entre a resposta encontrado no presente estudo e a obtida por Camargo (2010).

Cavalcante Júnior (2013) avaliando a uniformidade de distribuição do K₂O em função de diferentes injetores observou diferença estatística entre os injetores avaliados. O autor em questão obteve os seguintes tempos de aplicação para os injetores avaliados: 17,53 minutos

(Venturi A), 14,34 minutos (Venturi B), 1,28 minutos (bomba centrífuga) e 1,49 minutos (tanque pressurizado). Ainda segundo o autor o maior tempo de injeção no caso 17,53 minutos, resultou em maior CUC 94,66% da distribuição de potássio, assim, quanto maior o tempo de injeção melhor é a distribuição na área, tal comportamento é explicado devido ao fato que a calda fertilizante diluirá por mais tempo fazendo com que o fertilizante chegue em pontos mais distantes do sistema.

O maior tempo de injeção apresentado por Cavalcante Júnior (2013), 17,53 minutos, está acima do maior praticado nesta pesquisa que foi de 15 minutos, assim como a amplitude de variação do tempo de aplicação entre os tratamentos que foi de 16,25 minutos no caso do autor e de 9 minutos neste trabalho, tal comparação pode explicar a falta de diferença entre os tratamentos aqui avaliados.

CONCLUSÕES

A uniformidade da concentração e da quantidade de potássio aplicada por emissor não foi influenciada pelas diferentes taxas de injeção avaliadas, ficando a critério do operador do sistema de irrigação utilizar aquela que lhe for mais conveniente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade Junior, A. S.; Dias, N. S.; Figueiredo Junior, L. G.; Ribeiro, V. Q.; Sampaio, D. B. U. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 836-841, 2006.

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

CAMARGO, D. C., GARCÍA, A. C., AZEVEDO, B. M., VIANA, T. V. A., FERNANDES, C. N. V., CAMPELO, A. R. Distribuição de K₂O utilizando diferentes dissoluções na calda de fertirrigação. In: INOVAGRI, 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Inovagri, 2012.

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

CAVALCANTE JÚNIOR, J. A. H. Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro e distribuição de K₂O com diferentes injetores e idade de utilização do sistema de irrigação.

Fortaleza, 2013. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, UFC.

CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. **California Agricultural Experiment Station**, v. 670, 1942. p. 1-124 (Bulletin).

CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHOCKLEY, D.G. Methods for evaluating irrigation systems. Soil Conservation Service (USDA), **Agricultural Handbook**, Washington DC. 82, 1956, 24p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, n.4, p.878-880, 1975.

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

SANTOS, R. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; FERREIRA, E. J. S.; 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: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** Piracicaba: SBEA, 2003. p. 1-4.

WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, v.27, n. 11, p. 565-583, 1947.

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 da concentração de potássio em função das taxas de injeção avaliadas.

FV	GL	Quadrado médio		
		CUC	CUD	CUE
Tratamentos	3	1,02967 ^{ns}	2,82376 ^{ns}	1,07148 ^{ns}
Resíduo	12	2,64465	9,39197	5,09330
Total	15	-	-	-
CV (%)	-	1,80	3,64	2,58

FV – Fator de Variação; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns - não significativo pelo teste F.

Tabela 3. Valores médios do CUC, CUD e CUE da concentração de potássio em função das taxas de injeção avaliadas.

Tratamento	Coeficiente de uniformidade		
	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
40 L h ⁻¹	90,18	84,51	87,55
60 L h ⁻¹	89,80	84,09	86,67
80 L h ⁻¹	90,55	83,09	87,44
100 L h ⁻¹	90,98	85,08	87,90
Média	90,38	84,20	82,31

Tabela 4. Análise de variância do CUC, CUD e CUE da quantidade de potássio por emissor em função das taxas de injeção avaliadas.

FV	GL	Quadrado médio		
		CUC	CUD	CUE
Tratamentos	3	3,34541 ^{ns}	8,09884 ^{ns}	3,49248 ^{ns}
Resíduo	12	4,77987	3,26657	1,95014
Total	15	-	-	-
CV (%)	-	2,54	2,35	1,70

FV – Fator de Variação; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns - não significativo pelo teste F.

Tabela 5. Valores médios do CUC, CUD e CUE da quantidade de potássio por emissor.

Tratamento	Coeficiente de uniformidade		
	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
40 L h ⁻¹	84,80	78,56	83,59
60 L h ⁻¹	86,71	76,66	81,55
80 L h ⁻¹	86,43	75,08	81,69
100 L h ⁻¹	86,69	76,89	82,40
Média	86,16	76,80	82,31