

## UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE POTÁSSIO NUM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO QUANDO APLICADO POR DIFERENTES INJETORES

**Marcus Vinicius Araujo Mello de Oliveira<sup>1</sup>**

**Roberto Lyra Villas Boas**

**Carlos Jesus Baca Garcia**

**Fernanda Regina Nascimento**

*Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, CP 237, CEP 18603-970. E-mail: mvamol@fca.unesp.br*

### 1 RESUMO

O presente trabalho objetivou comparar a uniformidade de distribuição do potássio em um sistema de irrigação por gotejamento quando utilizado um injetor venturi, uma bomba elétrica Multifertic e uma bomba injetora hidráulica proporcional Dosmatic, ambas de pistão. O experimento foi conduzido na área de experimentação do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas, Unesp campus de Botucatu – SP. Foram escolhidos quatro tempos de injeção: 10, 15, 20 e 25 minutos; sendo recolhidas amostras de solução em diferentes momentos durante e após a injeção do produto. As amostras coletadas tiveram seu teor de potássio determinado via fotometria de chama. Com os resultados obtidos concluiu-se que: 1) não ocorreu variação significativa na uniformidade de distribuição do potássio devido aos injetores utilizados; 2) maiores tempos de injeção possibilitam melhores uniformidades de distribuição, sendo que para sistemas com 200 m de linhas laterais tempos a partir de 20 minutos de injeção podem ser empregados e 3) não houve influência da concentração inicial no tempo de estabilização da fertirrigação.

**UNITERMOS:** fertirrigação, injetores de fertilizantes, injetor venturi, bombas injetoras, distribuição de fertilizantes.

**OLIVEIRA, M. V. M. de; VILLAS BOAS, R. L.; BACA, C. J. G.; FARIAS, M. F. de; DALRI, A. B.; LEITE JUNIOR, J. B.; NASCIMENTO, F. R. DISTRIBUTION UNIFORMITY OF POTASSIUM IN DRIP IRRIGATION SYSTEM WHEN APPLIED BY DIFFERENT FERTILIZER INJECTORS**

### 2 ABSTRACT

The objective of this paper was to compare the potassium distribution uniformity when applied using three fertilizer injectors in field conditions. The experiment was carried out in the experimental area of the Rural Engineering Department, Agricultural Science College – UNESP, in Botucatu – SP. A venturi injector, an electrical pump and a proportional hydraulic pump were the

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

Recebido em 05/09/2002 e aprovado para publicação em 31/07/2003

DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2003v08n3p234-241>

equipments used for fertilizer injection. Four-injection time periods (10, 15, 20 and 25 minutes) have been chosen to study potassium distribution uniformity. The solution samples were picked up in different moments over and after the product injection. The sample potassium contents were measured using flame photometry. According to the obtained results the conclusions were as follows: 1) there was no difference in potassium distribution uniformity among the injectors, 2) longer injection intervals enable better distribution uniformity and irrigation systems with 200 m length lateral lines can use 20-minute minimum injection intervals and 3) there was no influence of initial concentration on fertigation stabilization time.

**KEYWORDS:** fertigation, fertilizers injection, venturi injector, injector pump, fertilizer distribution

### 3 INTRODUÇÃO

A fertirrigação é o processo de aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação. A agricultura sob irrigação localizada e fertirrigada se difundiu e diversificou muito, já ultrapassando a barreira do semi-árido nordestino estendendo-se desde a produção de figos e pêssegos na campanha gaúcha, passando pelos grandes projetos de citros irrigados por gotejamento no estado de São Paulo até os cultivos de pupunha e dendê na região amazônica sob precipitação de mais de 2000 mm anuais.

Algumas das maiores empresas de irrigação localizada têm se preocupado nos projetos de irrigação, em dimensionar bombas injetoras de alta capacidade de vazão para satisfazer situações durante o ano agrícola, nas quais há a necessidade do sistema de irrigação ser usado somente como meio de levar fertilizantes às plantas, e não como forma de suprir a demanda hídrica das culturas, principalmente considerando situações de alta precipitação.

De acordo com o relatado por Feitosa Filho (1998) uma tomada de decisão errônea na escolha de um injetor de fertilizante pode prejudicar completamente a prática da

fertirrigação. Pizarro (1996) recomenda critérios básicos que podem facilitar a escolha de um injetor: preço, fonte de energia, possibilidade de automação, capacidade do sistema e comportamento temporal da concentração da solução durante o tempo de aplicação.

Os métodos de injeção podem ser classificados, de acordo com Testezlaf & Matsura (2001) em dois grupos: os que utilizam a energia hidráulica proveniente do próprio sistema de irrigação e aqueles que utilizam uma fonte de energia externa. Ainda, segundo esses autores, estes dois grupos estão subdivididos em algumas outras categorias, de acordo com seu princípio de funcionamento. Frizzone & Botrel (1994) indicam que os equipamentos injetores podem operar com pressão efetiva negativa, destacando-se injetores venturi; pressão efetiva positiva - bombas injetoras (ou dosificadoras); ou ainda fazendo uso do diferencial de pressão na rede, como o tanque de derivação de fluxo.

Dentro deste enfoque o presente trabalho objetivou comparar a uniformidade de distribuição do potássio em um sistema de irrigação por gotejamento quando utilizados um injetor venturi, uma bomba elétrica Multifertic e uma bomba injetora hidráulica proporcional Dosmatic em condições de campo.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área de experimentação do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - Unesp, localizada no Campus de Botucatu – SP.

O sistema de irrigação foi dimensionado buscando simular um setor de um pomar de citros, no qual foram instaladas seis linhas laterais com 200 metros cada. Para tanto foram utilizadas mangueiras de polietileno PN 30 marca Plasnova com diâmetro interno de 20 mm. Foram instalados pontos para serem tomadas as pressões no início, no meio e no fim das linhas laterais amostradas durante o experimento.

Foi adotado o espaçamento de 7 m entre linhas e 5 m entre plantas. Para cada planta foi “derivada” uma mangueira de polietileno com 16,1 mm de diâmetro interno e 1,5 m de comprimento, na qual foram instalados quatro gotejadores autocompensantes, marca Netafim, modelo PCJ, com vazão de 8 L h<sup>-1</sup>, que trabalham em uma faixa de compensação de pressão de 5 a 35 mca.

Foi utilizado um injetor de fertilizante venturi marca Netafim, modelo A (3/4" x 0,9), confeccionado com plástico e fibra de vidro com comprimento de 290 mm.

O segundo injetor utilizado foi uma bomba elétrica marca ITC, modelo Multifertic MF2 100. O injetor foi utilizado calibrado para trabalhar com uma taxa de injeção de 100 L h<sup>-1</sup>, sendo que o mesmo podia ser calibrado para trabalhar com taxas de injeção variando de 10 a 100 L h<sup>-1</sup>.

Trabalhou-se ainda com uma bomba injetora proporcional marca DOSMATIC modelo A 30. Injetores proporcionais necessitam que toda vazão da área a ser fertirrigada seja desviada pelo interior do corpo da bomba, como forma de garantir a proporcionalidade do produto a ser injetado em relação ao volume total de água aplicado pelo sistema. A vazão máxima permissível para o equipamento utilizado é de 6700 L h<sup>-1</sup>, como a vazão inicial do sistema era de 7680 L h<sup>-1</sup> foi necessário que duas linhas laterais fossem fechadas visando diminuir a vazão do sistema e

Exemplificando para o tempo de 25 minutos de injeção, foram coletadas amostras a

assim adequá-la ao uso da bomba injetora, ficando assim ajustada a vazão para 5120 L h<sup>-1</sup>. Todas as linhas laterais em operação foram analisadas durante os ensaios com este injetor. A calibração do volume injetado em relação à porcentagem de água que passa pelo interior da bomba, varia, para o equipamento em questão de 2,5 a 0,2% da vazão desviada, ou em relação a taxa de diluição, variando de 40:1 a 500:1.

Nos ensaios foi utilizado o fertilizante KCl branco. Após análise no laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, constatou-se que esse fertilizante apresenta 62% de K<sub>2</sub>O. A quantidade desse fertilizante a ser dissolvida em água para constituir todas as soluções injetadas, foi determinada de acordo com as recomendações de Raij et al. (1997) para citros; ficando estabelecida a dose de 260 g de KCl, em cada parcelamento da fertirrigação, para 0,7 ha irrigado pelo sistema. Antes de cada fertirrigação o fertilizante era solubilizado em um determinado volume de água para cada tratamento, fazendo uso ainda de um agitador acoplado a um motor elétrico para possibilitar uma maior homogeneidade da solução a ser injetada.

A escolha das linhas laterais para avaliar a distribuição do fertilizante seguiu a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), ou seja, foram analisadas a primeira linha lateral, a situada a 1/3 do comprimento, a situada a 2/3 e a última linha lateral. Conforme recomendado por Bernardo (1995), a amostragem de solução nas linhas laterais já selecionadas foi realizada no primeiro ponto de emissão e nos localizados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 do comprimento da linha lateral e no último ponto de emissão.

O experimento foi composto por quatro tempos de injeção de fertilizante (10, 15, 20 e 25 minutos), ou seja, todo o fertilizante era aplicado nesses tempos, com quatro repetições. Durante cada tempo de injeção foram recolhidas sempre sete amostras por ponto de coleta, sendo que ficou estabelecido a divisão do tempo de injeção em cinco partes iguais, e mais duas de mesma duração, que compreenderiam o início do período de lavagem do sistema de irrigação. 5, 10, 15, 20, 25 minutos, durante o período de injeção e mais duas amostras a 30 e 35 minutos

de iniciada a injeção correspondendo ao início do período de lavagem da tubulação.

Para cada intervalo coletou-se todo o volume de solução em garrafas tipo "pet" de 2 L, retirando-se uma sub-amostra em recipientes de plástico de 80 ml. As amostras coletadas foram encaminhadas ao laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo, para ser determinando o teor de potássio via fotometria de chama.

Os dados obtidos durante o experimento foram analisados levando em consideração os diferentes períodos de amostragem e o comprimento total das linhas laterais. Foram determinados os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para avaliar a distribuição do potássio nos tratamentos. Como forma de comparar os injetores utilizados procedeu-se a análise de variância dos valores do CUC para o comprimento total das linhas laterais.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen adaptado para avaliação da aplicação de fertilizante, pode ser definido pela seguinte equação sugerida por Sampaio et al. (1995):

$$CUC = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \cdot q_m} \right) \times 100$$

Em que:

CUC - coeficiente de uniformidade de aplicação do fertilizante (%);

$q_i$  - quantidade de fertilizante aplicada pelo emissor (g);

$q_m$  - quantidade média de fertilizante aplicada (g);

n - número de observações (gotejadores).

Depois de instalado o sistema de irrigação, analisou-se a uniformidade de distribuição de água, utilizando o Coeficiente

de Uniformidade de Christiansen (CUC), adotando como preconizado por Bernardo (1995) a coleta em oito pontos de cada linha lateral.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de irrigação apresentou um CUC médio para as linhas laterais de 96,60% (Tabela 1), o que pode ser considerado excelente de acordo com o limite de 80% estabelecido por Christiansen (1942) para distribuição de água em sistemas de irrigação.

A taxa de diluição calculada para o injetor Venturi e para a bomba Multifertic foi de 80:1 para os períodos de injeção de 25 e 20 minutos e de 78:1 para os períodos de injeção de 15 e 10 minutos. Para a bomba injetora Dosmatic a taxa de diluição foi de 53:1 para todos os períodos, sendo por isso a concentração de potássio nas saídas dos gotejadores quando utilizado esse injetor aproximadamente 50% superior do que quando foi feito uso dos outros injetores.

A concentração média de potássio nas amostras coletadas apresentou a mesma tendência de comportamento independente do injetor utilizado, como verificado nas Figuras 1 e 2. Nota-se que, visando visualizar esse fato os valores de concentração para os tratamentos com a bomba Dosmatic foram corrigidos, dividindo-se os valores obtidos nas saídas dos gotejadores pela relação entre a taxa de diluição calculada para os injetores Multifertic e Venturi, e a taxa diluição para a qual foi calibrada a bomba Dosmatic. Tais injetores são considerados injetores de concentração constante, assim como o relatado por Sampaio (1997) para bombas injetoras, o que possibilita esse comportamento semelhante para o fertilizante injetado no sistema de irrigação.

**Tabela 1.** Valores do CUC em % das linhas laterais e do sistema.

	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4	Linha 5	Linha 6	Geral
CUC (%)	95,73	98,10	97,21	97,91	97,58	93,09	96,60

Observou-se que os tempos de injeção mais curtos possibilitaram maiores diferenças

entre a concentração média medida o início e no final da linha de irrigação. Notou-se que para o

tempo de 10 minutos de injeção, o qual foi amostrado até 14 minutos após iniciada a injeção do fertilizante, a concentração média encontrada foi próxima a zero.

Os menores tempos de operação dos equipamentos possibilitaram ainda maiores valores de concentração nas linhas laterais, uma vez que quanto menor o volume injetado maior era a concentração da solução obtida no tanque de fertilizante (Tabela 2). Vale notar que o KCl encontrava-se totalmente solubilizado, uma vez que foi utilizado um agitador para auxiliar a completa solubilização do fertilizante, ao final da injeção não se observou resíduo de adubo no fundo do tanque de solubilização e a concentração máxima utilizada estava dentro dos limites de solubilidade. A máxima concentração de potássio obtida no tanque de fertilizante foi de  $8362 \text{ mg.L}^{-1}$  o que correspondente a  $16,25 \text{ g KCl.L}^{-1}$ , sendo o limite de solubilidade do KCl  $340 \text{ g.L}^{-1}$  (a  $20^\circ\text{C}$ ) segundo indicado por Shaw (1961). Dessa forma a concentração do KCl na solução não influenciou a taxa de diluição do mesmo, fato observado por Alves (1992) e Sampaio (1995).

Ainda analisando a Figura 1 observa-se que o tempo de estabilização da fertirrigação e queda da concentração nas linhas laterais varia com a distância do ponto de injeção, assim como o observado por Sousa et al (2000). Contudo não se observou influência da concentração inicial no tempo de estabilização da fertirrigação como o relatado por esses autores.

A Tabela 3 mostra os valores de CUC para distribuição de potássio quando utilizado os diferentes injetores. Os valores do

Coefficiente de Uniformidade de Christiansen obtidos para a distribuição de potássio foram sempre inferiores aos encontrados para as linhas laterais do sistema. O tempo de 25 minutos de injeção para o injetor Venturi apresentou o maior valor de CUC para distribuição potássio, 90,0%, perfeitamente aceitável para um sistema de irrigação por gotejamento, contudo caso o tempo de injeção fosse prolongado poderia ser obtido um CUC tal qual o que o sistema apresentou para água, ou seja, 96,6%.

Analisando os coeficientes de variação para os diferentes tratamentos observou-se que para os tempos de 25 e 20 minutos de injeção os coeficientes calculados poderiam ser adotados dentro de um planejamento de fertirrigação / irrigação da cultura, uma vez que são resultados superiores ao encontrado para adubação convencional por Sampaio (1997), que foi de 17,58% .

Quando utilizada a bomba injetora Dosmatic observou-se ainda que os valores de CUC não variaram muito em comparação aos encontrados para os outros dois injetores utilizados. Sendo que taxa de diluição da solução injetada foi praticamente a única variável alterada com uso desse injetor, infere-se que essa não interferiu na uniformidade de distribuição do potássio.

Vale salientar ainda que a bombas elétricas como a Multifertic usada nos ensaios, possibilitam a calibração da taxa de injeção independente das características do sistema, podendo facilmente adequar o período de injeção do fertilizante a uniformidade pretendida.

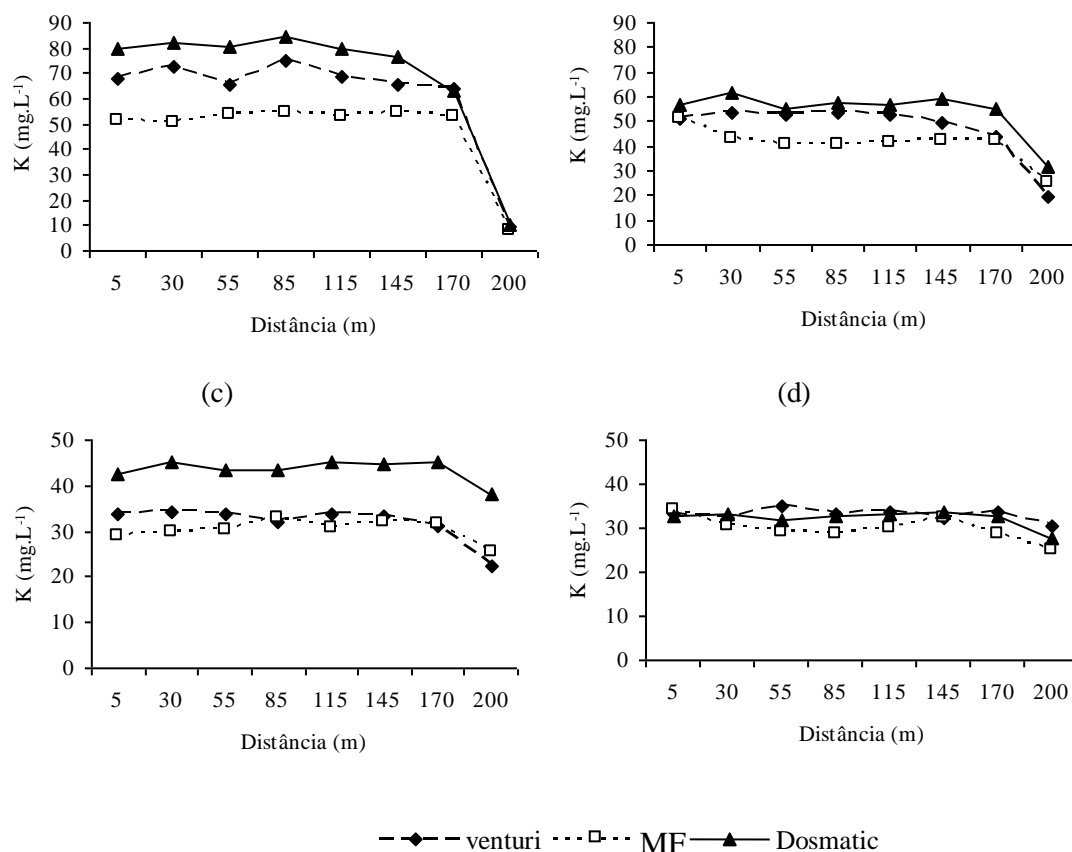
**Tabela 2.** Volumes (L) e concentrações de potássio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas soluções injetadas nos diferentes tratamentos, nos respectivos tempos de injeção.

Tratamentos	10 min		15 min		20 min		25 min	
	Vol.	Conc.	Vol.	Conc.	Vol.	Conc.	Vol.	Conc.
Injetor Venturi	16	8362	24	5575	32	4181	40	3345
Bomba Multifertic	17	7870	25	5352	33	3994	41	3224
Bomba Dosmatic	16	8362	24	5575	32	4181	41	3224

\* Volume (Vol) em L e concentração (Conc) em  $\text{mg L}^{-1}$ .

(a)

(b)



**Figura 1.** Variação na concentração média de potássio ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) ao longo das linhas laterais para os tempos de injeção de fertilizantes: (a) 10 minutos (b) 15 minutos (c) 20 minutos e (d) 25 minutos.

**Tabela 3.** Valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansene (CUC - %) e de variação (CV - %) para distribuição de potássio nas linhas laterais nos diferentes tratamentos, e tempos de injeção de fertilizantes.

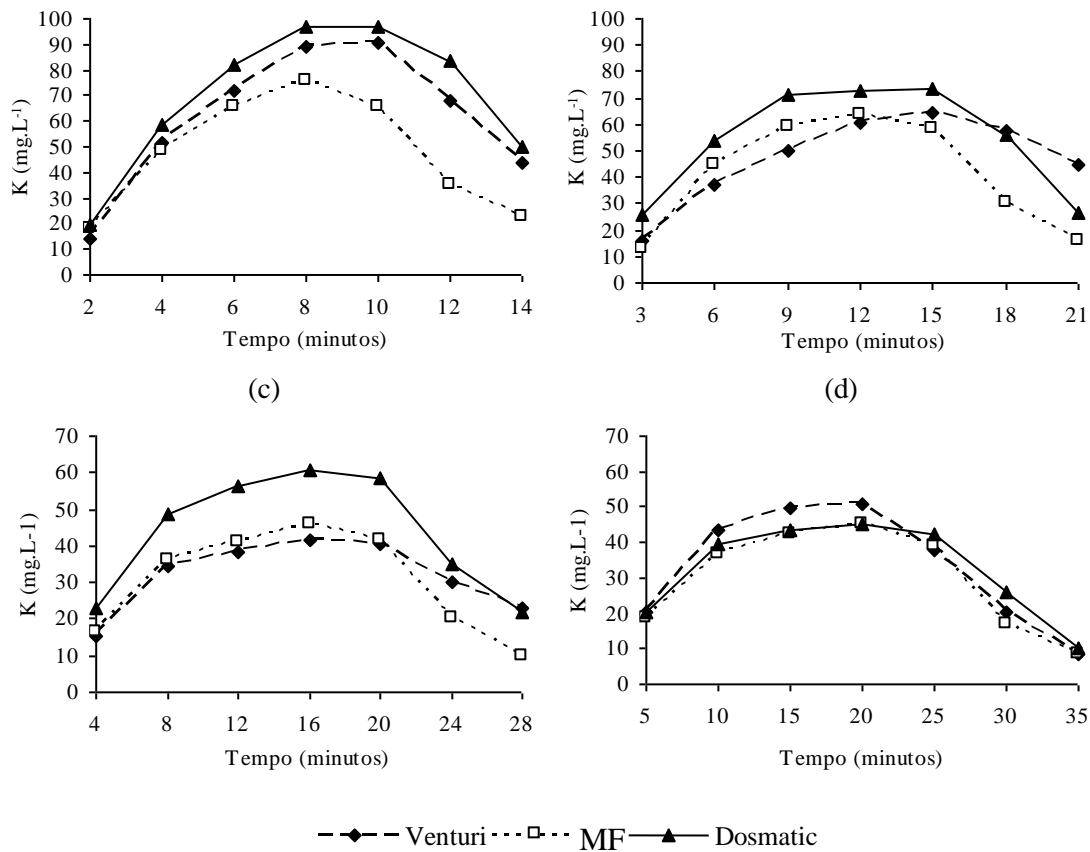
	Tempo (min)							
	10	15	20	25	10	15	20	25
	CUC (%)				CV (%)			
Venturi.	64	71	83	90	35	25	13	4
Multifertic.	68	75	85	84	34	17	8	9
Dosmatic.	65	77	84	88	36	17	9	6

A comparação entre os valores apresentados de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para os três injetores analisados, através da análise de variância, Tabelas 4 e 5, demonstrou que não houve variação significativa entre os valores obtidos devido ao injetor utilizado. Pode-se inferir que em uma tomada de decisão para a compra de

(a)

um injetor de fertilizante, outros fatores não estudados nesse trabalho como: preço, fonte de energia e possibilidade de automação devem ser levados em consideração, conforme relatado por Feitosa Filho (1998), uma vez que em termos de uniformidade de distribuição do fertilizante os três injetores se mostraram semelhantes.

(b)



**Figura 2.** Variação na concentração média de potássio ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) nas linhas laterais para os diferentes instantes de amostragem quando injetado em: (a) 10 minutos (b) 15 minutos (c) 20 minutos e (d) 25 minutos.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância dos CUC, referentes as quantidades de potássio aplicadas pelos injetores durante 4 tempos de injeção.

Grupos	Contagem	Soma	Média	Variância
Venturi	4	308	77	136,667
MF	4	312	78	64,667
Dosmatic	4	314	78,5	101,667

**Tabela 5.** Análise de variância dos CUC das quantidades de potássio aplicadas pelos injetores analisados em diferentes tempos de injeção.

Fonte da variação	GL	SQ	QM	F	F crítico
Entre os injetores	2,0	4,7	2,3	0,023	4,256
Dentro dos injetores	9,0	909,0	101,0		
Total	11,0	913,7			

## 6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos concluiu-se que:

1. Não ocorreu variação significativa na uniformidade de distribuição do potássio devido aos injetores utilizados.
2. Maiores tempos de injeção possibilitam melhores uniformidades de distribuição do fertilizante, sendo que para sistemas com 200 m de linhas laterais tempos a partir de 20 minutos de injeção podem ser empregados.
3. Não houve influência da concentração inicial no tempo de estabilização da fertirrigação.

## 7 AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pela concessão dos recursos necessários a realização desse trabalho.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D. N. B. **Desempenho da bomba injetora e do tanque de derivação de fluxo na aplicação de cloreto de potássio em microaspersão**. 1992. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1995. 657 p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Agricultural Experimental Station (bulletin, 670), Berkeley, 1942. 142p.

FEITOSA FILHO, J. C. **Otimização hidráulica e manejo de injetores tipo venturi duplo para fins de quimigação**. 1998. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: BOARETTO, A. E.; VITTI, G. C. **Fertilizantes Fluidos**. Piracicaba, 1994. v.1, p. 227-260.

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

PIZARRO, C. F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 513 p.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 1997. 285 p.

SAMPAIO, S. C. **Distribuição do cloreto de potássio aplicado em linha de gotejadores por bomba injetora e tanque de derivação de fluxo**. 1995. 84 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

SAMPAIO, S. C.; FARIA, M. A.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. S.; SILVA, A. M. Distribuição espacial e temporal do cloreto de potássio aplicado em uma linha de gotejadores por bomba injetora e tanque de derivação de fluxo. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.8, n.1, p.31-41, 1997.

SHAW, E. J. **Western fertilizer handbook**. Soil improvement comité. Sacramento, California Fertilizer Association., 1961. 36 p.

SOUSA, V. F.; CONCEIÇÃO M. A. F.; FOLEGATTI, M. V.; ALENCAR, C. M.; FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. Distribuição espacial e temporal de fertilizantes sob diferentes concentrações da solução inicial aplicada via água de irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: Universidade Federal do Ceará / Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. Fertirrigação: técnicas e equipamentos para aplicação de fertilizantes. In: SANTOS, C. M. **Irrigação da cafeicultura no cerrado**. Uberlândia, 2001. v.1, p.153-172.