

## **MANEJO DE MICRO-IRRIGAÇÃO BASEADO EM AVALIAÇÃO DO SISTEMA NA CULTURA DO MELOEIRO.**

*Francinice Faustino Cunha*

*Eng. Agrônoma da Organic's Distribuidora de Produtos Naturais, Rua Campos Sales, 124, Bairro de Santo Antonio, CEP 59611-050, E-mail: francinice.faustino@yahoo.com.br*

*Roberto Vieira Pordeus*

*Professor Adjunto II, Departamento de Ciências Ambientais, UFERSA, CEP 59625-900, Mossoró-RN  
E-mail: rpordeus@ufersa.edu.br*

*Patrício Borges Maracajá*

*Eng. Agrônomo, Professor Associado I do Departamento de Ciências Vegetais, UFERSA, C. Postal 137, CEP 59625-900, Mossoró-RN, E-mail: patricio@ufersa.edu.br*

*Romenique da Silva de Freitas*

*Eng. Agrônomo, Pós-graduando em Fitotecnia, Bolsista CAPES, UFERSA, C. Postal 137, CEP 59625-900, Mossoró-RN, E-mail: romeniquefreitas@yahoo.com.br*

*Luciene Xavier de Mesquita*

*Eng. Agrônoma, Pós-graduando em Ciência Animal, UFERSA, C. Postal 137, CEP 59625-900, Mossoró-RN, E-mail: luluzinhaesam@hotmail.com*

**Resumo** – O trabalho foi realizado com o intuito de avaliar a distribuição de água aplicada nas parcelas, apontar possíveis causas de desperdício e sugerir soluções que permitam o uso otimizado da água de irrigação. Trabalhou-se com testes de vazão para determinar os Coeficientes de Uniformidade de Distribuição (CUD) e de Christiansen (CUC). Obteve-se então o gráfico de uniformidade e os perfis tridimensionais de distribuição de água nos talhões. Estudou-se também a relação entre as vazões reais e de projeto e as possíveis causas que levaram a problemas. Os resultados demonstraram que as maiores vazões foram observadas no início das linhas de emissores e no final da linha de derivação. Observou-se ainda que a lâmina de água aplicada seja em grande parte das vezes superior a lâmina de água projetada, apresentando, no entanto, pontos de deficiência onde a lâmina foi menor que a requerida em projeto.

**Palavras-chave:** perfis tridimensionais, uniformidade de aplicação, irrigação localizada.

## **MANAGEMENT OF MICRO-IRRIGATION BASED ON EVALUATION OF THE SYSTEM IN CULTIVATION OF MELONS.**

**Abstract** – The work was carried out in order to evaluate the distribution of water applied to the plots, pointing out possible causes of waste and suggest solutions to the optimal use of irrigation water. Worked up with flow tests to determine the coefficients of Distribution Uniformity (CUD) and Christiansen (CUC). Obtained is then the graph of uniformity in the profiles of three-dimensional distribution of water in the plots. It also studied the relationship between the flow rates and actual project and the possible causes that led to problems. The results showed that the highest flow rates were observed at the beginning of the lines of issuers and end of the line of derivation. It was also observed that the sheet of water applied is largely of times greater than blade of water designed, presenting, however, points of disability where the blade was less than required in the project.

**Keywords:** profiles three-dimensional, uniformity of application, trickle irrigation.

## **INTRODUÇÃO**

A uniformidade de distribuição de água é uma informação importante para a avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de dimensionamento quanto na fase de operação do sistema. Tem efeito direto no rendimento das culturas e é de fundamental

importância na economia do projeto, em qualquer sistema de irrigação.

Devido ao crescimento da área irrigada por sistemas localizados e a importância da avaliação de sua uniformidade de distribuição, destaca-se a necessidade de correlação entre os diferentes métodos aplicáveis. Atualmente, são disponíveis diferentes métodos para

avaliação dessa uniformidade, o que tem gerado, entretanto, coeficientes sem base de comparação.

A escolha do método de irrigação deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto e nos seus benefícios sociais, devendo ser considerado, entre outros aspectos a uniformidade de distribuição de água (BERNARDO, 2006). Segundo Scaloppi & Dias (1991), reduzidos valores de uniformidade determinam em geral, maior consumo de água e energia, maior perda de nutrientes e déficit hídrico, em significativa proporção da área irrigada.

Os modernos sistemas de irrigação utilizam tecnologia que reduzem o consumo de água, entretanto, não eliminam o desperdício. Isto resulta em perda da eficiência do sistema e gera desperdício de energia, água e fertilizantes, refletindo, em aumento nos custos de produção e danos ao meio ambiente. Tal fato está condicionado ao dimensionamento inadequado e falta de manutenção dos equipamentos de irrigação, aliados ao uso irracional da água de irrigação.

Os sistemas de irrigação que aplicam a água de forma localizada, ou seja, na região do sistema radicular, se caracterizam pela economia de água; pelo grande potencial de automatização; pela manutenção de elevados níveis de água no solo, melhorando o desempenho das culturas; pela possibilidade de se adequar às condições de solos pedregosos, rasos e topografia acidentada; pela possibilidade de aplicação de produtos químicos em solução na água de irrigação e pela redução dos riscos de contaminação das culturas (SCALOPPI, 1986). Todas essas, são razões pelas quais a utilização destes sistemas tem crescido no Brasil. Segundo Oron et al. (1992), tanto a irrigação superficial como a subsuperficial por gotejamento são promissoras tecnologias para satisfazer problemas de escassez e poluição de águas.

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, pois existe tendência de aumento de custo de energia e redução na disponibilidade hídrica dos mananciais. Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de irrigação, uma vez que as perdas na aplicação de água são relativamente pequenas, considerando-se que, quando bem projetada e manejada, a área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, com área mínima molhada de 20% nas regiões úmidas e 30% nas regiões de clima semi-árido (AZEVEDO, 1986).

Um dos sistemas mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, o qual apresenta vantagens como: a economia de água e energia, possibilidade de automação e fertirrigação. Entretanto, tal sistema de irrigação tem como uma das principais limitações o fato de ser susceptível ao entupimento de seus emissores. A sensibilidade ao problema varia com as características do emissor e com a qualidade da água utilizada, seja por causas físicas, químicas e/ou biológicas (CARARO, 2004).

São diversas as causas de entupimento, parcial ou total, de emissores e de tubulações, prejudicando o fluxo de água e sua distribuição ao longo das linhas de irrigação, principalmente nas laterais, reduzindo a eficiência do sistema: areia, silte, argila, fitoplâncton (incluindo algas), zooplâncton, larvas e ovos de lesmas, bactérias, plástico (oriundo do corte de tubulações durante instalação e manutenção do sistema), raízes (para gotejamento subsuperficial), resíduos lubrificantes (oriundos da falta de manutenção adequada no conjunto moto-bomba), ação de bactérias (oxidando ferro, manganês e enxofre), precipitados (carbonato, fosfato, hidróxidos, ferro), uso de fertilizantes que aumentam a alcalinidade da água de irrigação e precipitação direta de substâncias químicas devido à mistura incompatível de fertilizantes (NAKAYAMA & BUCKS, 1991; LOPEZ et al., 1997).

A precipitação química, a formação de filmes biológicos e depósitos de partículas inorgânicas no interior das canalizações e gotejadores são riscos presentes (BASTOS, 1999). Tajrishy et al. (1994) ressaltam o problema quando afirmam que o entupimento de uma pequena porcentagem dos emissores pode afetar severamente a uniformidade de aplicação da água. Smajstrla (1995) acrescenta também a redução na uniformidade de aplicação de nutrientes, de crescimento e de rendimento das plantas.

Smajstrla (1991) afirma que os sistemas de microirrigação, como o gotejamento, normalmente requerem um maior nível de manejo em relação aos demais sistemas, incluindo freqüentes inspeções e uso de medidores de vazão e pressão para verificar se o sistema está funcionando como definido no projeto. Com relação a isto Keller & Bliesner (1990) recomendam, após a instalação do sistema de irrigação, proceder-se a testes de campo, com o objetivo de se verificar a adequação da irrigação, recomendando quando necessário ajuste na operação e, principalmente, no manejo. Esses procedimentos visam maximizar a eficiência do sistema.

Conforme Lopes et al. (1997) a não uniformidade de aplicação nos sistemas localizados resulta de uma série de fatores a citar: diferença de pressão, que se produz na rede, devido às perdas de carga e à irregularidade da topografia do terreno; insatisfatória uniformidade de fabricação dos emissores, em razão do inadequado controle de qualidade; número de emissores por planta; variação das características hidráulicas dos emissores, ao longo do tempo, devido a possíveis obstruções e/ou envelhecimento; temperatura; efeito do vento, quando se usa microaspersão e variação de fabricação dos reguladores de pressão quando existirem.

Conforme Correa (1990); Keller & Bliesner (1990); Pizarro (1996) e Lopez et al. (1997), dever-se-ia optar por emissores disponíveis comercialmente, relativamente de baixo custo, de pouca manutenção, de boa durabilidade e de boa uniformidade de distribuição, porém, a susceptibilidade ao entupimento caracteriza-se como um dos fatores que interfere nestes critérios. Cada

tipo de emissor possui uma sensibilidade própria ao entupimento, fato que pode ser verificado em trabalhos realizados por Ravina et al. (1992) e Resende (2003) e na classificação proposta por Pizarro (1996).

Segundo Ravina et al. (1992), todos os gotejadores apresentam vulnerabilidade ao problema citado, pois geralmente apresentam passagens estreitas e aberturas pequenas (0,5 a 1,5 mm). Gotejadores e microaspersores com diâmetros inferiores a 0,4 e a 0,7 mm são mais susceptíveis, e aqueles com diâmetros acima de 0,7 e 1,5mm são menos susceptíveis, respectivamente (Lopez et al., 1997). Estes autores também apontam à geometria da passagem como característica do emissor a ser considerada. Neste caso, são preferíveis: os gotejadores com menos zonas mortas no conduto de passagem, os não autocompensantes (pois os autocompensantes reduzem a passagem à medida que se aumenta a pressão) e os de menor área exposta à evaporação.

Adequações na arquitetura ou no processo de fabricação dos gotejadores para a minimização de obstruções são sugeridas por Resende (2003). Os emissores mais sensíveis são os constituídos por micro tubos e os menos sensíveis são os auto-limpantes. Apesar disso Hills & El-Ebawy (1990) verificaram ter ocorrido crescimento microbiano e conseqüente entupimento gradual, mesmo em gotejadores auto-limpantes, devido à deposição de impurezas orgânicas.

Pelo exposto acima, torna-se evidente que, vários são os fatores capazes de afetar a eficiência de sistemas de irrigação localizada. Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a distribuição da água aplicada nas parcelas, apontar possíveis causas de desperdício e sugerir soluções que permitam o uso otimizado da água de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na empresa W.G. Produção e Distribuição de Frutas LTDA, a qual está localizada no município de Baraúna-RN, à 5°4'48" S de Latitude, 37°37'0" W de Longitude e 95 m de Altitude, sendo uma empresa de grande expressão na fruticultura irrigada da região.

Foram avaliadas as uniformidades de distribuição de água nas subunidades de irrigação por gotejamento. A área do experimento constituiu-se em quatro subunidades de aproximadamente 0,6 ha, totalizando uma área de aproximadamente 2,4 ha, com o comprimento das linhas secundárias de 58 m e as linhas de gotejadores de 100 m, implantadas com a cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) e irrigadas simultaneamente. O gotejador utilizado na fazenda é o modelo NETAFIM Streamline 80, com vazão real a pressão máxima de 1,49 L.h<sup>-1</sup>. Os espaçamentos adotados foram de 0,3 m entre gotejadores e de 2,0 m entre linhas de gotejadores.

Como a medição de vazão de todos os gotejadores de uma unidade operacional demanda muito tempo, para simplificar e reduzir o trabalho utilizou-se o

método proposto por Keller & Karmeli (1975), que recomenda a obtenção de vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral – no primeiro gotejador, nos gotejadores situados a 1/3 e a 2/3 do comprimento e no último gotejador –. No trabalho, utilizou-se a recomendação de Keller & Karmeli (1975), considerando a média dos gotejadores que contribuíam com a planta (dois gotejadores por planta). As linhas laterais selecionadas, ao longo da linha de derivação, foram a primeira, as situadas a 1/3 e 2/3 do comprimento e a última linha lateral (Figura 1). Com os dados coletados, foram estimados o Coeficiente de Uniformidade Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), empregando-se as equações (1) e (2),

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

em que:

$q_i$  - vazão de cada emissor, L.h<sup>-1</sup>;

$\bar{q}$  - vazão média dos emissores, L.h<sup>-1</sup>; e

n - número de emissores.

$$CUD = 100 \left( \frac{q_n}{\bar{q}} \right) \quad (2)$$

em que:

$q_n$  - média de 25% das vazões com menores valores; e

$\bar{q}$  - média de todas as vazões coletadas.

A interpretação dos valores do CUD baseou-se na metodologia proposta por Merriam & Keller (1978): CUD maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; 70% e 80%, regular, e menor que 70%, ruim.

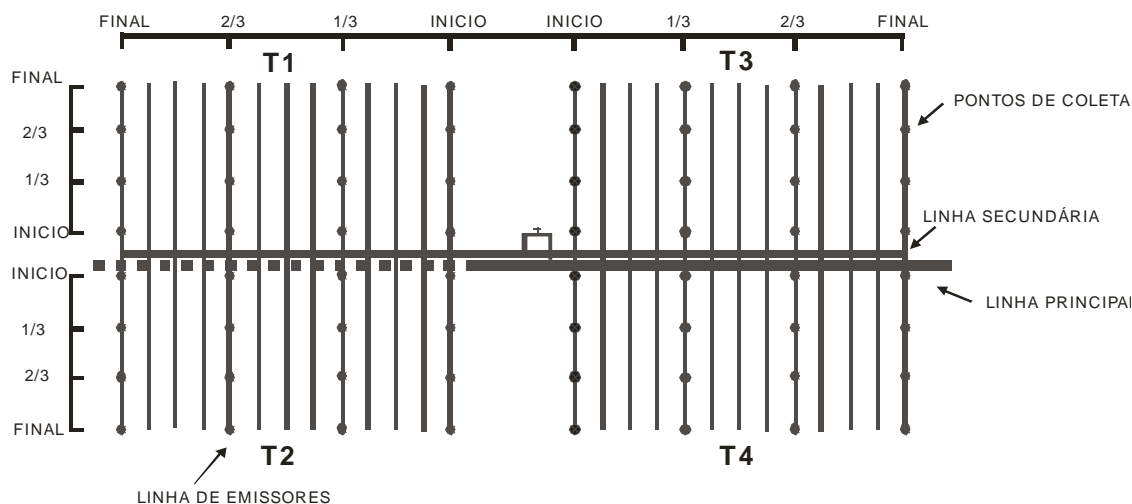
Para a avaliação do desempenho anotou-se o número de unidades de irrigação, a superfície de cada uma delas e o número de subunidades existentes, a presença ou não de registros na cabeceira da unidade e/ou subunidades, e o tipo de controle de irrigação que se realiza (tempo e volume). Nas linhas laterais, o diâmetro, e foi feito o desenho de um croqui com a disposição dos emissores na lateral. Observou-se a existência de vazamento nas conexões, trincas, etc.

Anotou-se o modelo e vazão, e, o diâmetro mínimo de passagem de água dos emissores, assim como, os tratamentos realizados a fim de prevenir obstruções (entupimento), a presença ou não desses entupimentos, e

vazamentos. Para avaliar a uniformidade de irrigação, elegeu-se a área (W16) de irrigação mais representativa das instalações e, se considerou também a área que está em condições mais difíceis (laterais ou terciárias mais longas e com maior declividade). Uma vez selecionada a área de rega, se elegeu as subunidades. Determinou-se o coeficiente de uniformidade da subunidade, e posteriormente o da unidade de rega.

A uniformidade com que uma subunidade de irrigação localizada distribui a água foi avaliada mediante

o Coeficiente de Uniformidade (CUD). Para calcular o CUD, dentro da subunidade se elegeu a lateral mais distante e mais elevada de todas as tubulações terciárias, e as duas intermediárias. Em cada lateral selecionou-se quatro emissores seguindo o mesmo critério. No total foram selecionados 16 pontos de coleta, constituídos por 32 emissores, dois em cada ponto, no caso, foram analisados os emissores que contribuíam no fornecimento de água para a planta. Conforme mostra a figura 1.



**FIGURA 1.** Disposição das linhas de plantas selecionadas dentro da subunidade avaliada.

Para determinação da vazão utilizou-se o método direto de acordo com a norma da ABNT (1986). Em cada emissor foram colocados, coletores, e as vazões coletadas, medidas em provetas com precisão de 0,2 mL, com capacidade 200 mL, capazes de interceptar a emissão de cada gotejador. O tempo de medição foi fixado em 5 minutos, utilizando-se cronômetros com precisão de 0,01 s, e convertidas às vazões para litros por hora, cujo resultado é a média de dois gotejadores por planta (ponto de coleta). Com os dados de volume foi possível efetuar os cálculos de vazão dos gotejadores, através da equação 3.

$$q_g = \left( \frac{V}{1000 t} \right) 60$$

(3)

Em que:

$q_g$  - vazão do gotejador, L h<sup>-1</sup>; e

$V$  - volume de água coletado, mL

A partir dos resultados de vazão encontrados em cada subunidade determinou-se a uniformidade de irrigação, segundo Merriam & Keller (1978).

A leitura das pressões foi realizada no cabeçal de controle, utilizando-se monômetro, após a filtragem da água, durante as coletas de vazões em cada subunidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

São vários os fatores que interferem na distribuição de água às plantas. Do volume que é retirado da fonte (represa, poço artesiano, rio ou reservatório), uma parcela é perdida no sistema de condução, através de vazamentos em tubulações, conexões e registros. Durante o funcionamento dos sistemas, dependendo das condições atmosféricas, como ventos, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, um alto percentual de água é evaporado. Assim, haverá uma redução significativa entre o volume inicial e o volume final, aplicados ao solo.

Da quantidade de água aplicada ao solo, apenas uma pequena quantidade é absorvida e aproveitada pelas plantas, pois normalmente ocorrem perdas por percolação profunda, evaporação e escoamento superficial, dependendo do manejo adotado e da uniformidade dos sistemas. A uniformidade está associada à variabilidade da lâmina de irrigação ao longo da área molhada (FRIZZONE, 1992). Segundo Bernardo (1995), a uniformidade pode ser expressa por índices ou coeficientes, sendo o mais utilizado o Coeficiente de

Uniformidade de Christiansen (CUC). São também utilizados em menor escala o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e o Coeficiente Estatístico de Uniformidade (CUE).

Quando estes coeficientes são maiores ou iguais a certo valor arbitrário, a uniformidade de distribuição é considerada aceitável. Zocoler (2005) estima que em sistemas por gotejamento, o ideal é que a uniformidade atinja um valor de CUC superior a 90% e CUD entre 85 e 90%. A desuniformidade de gotejadores e microaspersores são atribuídas principalmente à falta de manutenção, sistemas mal dimensionados, ou que estão em uso há determinado tempo. Assim, enquanto uma fração de área é irrigada em excesso, em outra ocorre o déficit de água, não atendendo as necessidades hídricas das plantas.

Na Tabela 1, verifica-se que o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi quase sempre

menor que o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). Segundo Lopes et al. (1997), isso ocorre porque o primeiro coeficiente dá um tratamento mais rigoroso a problemas de distribuição, que ocorrem ao longo da linha lateral. Nota-se que a Sub-unidade 3 opera em condições de distribuição excelentes, segundo os critérios adotados por Merriam & Keller (1978), enquanto que a Sub-unidade 1 tem boa condição e as Sub-unidades 2 e 4 operam em condições de uniformidade regular, segundo o mesmo critério, isto ocorreu provavelmente por entupimentos nos emissores e vazamento na tubulação de emissores, provocados por trincas. Totalizando então 25% das Sub-unidades operando em condições excelentes, 25% operando em boas condições e 50% das Sub-unidades operando em condições regulares de distribuição de uniformidade.

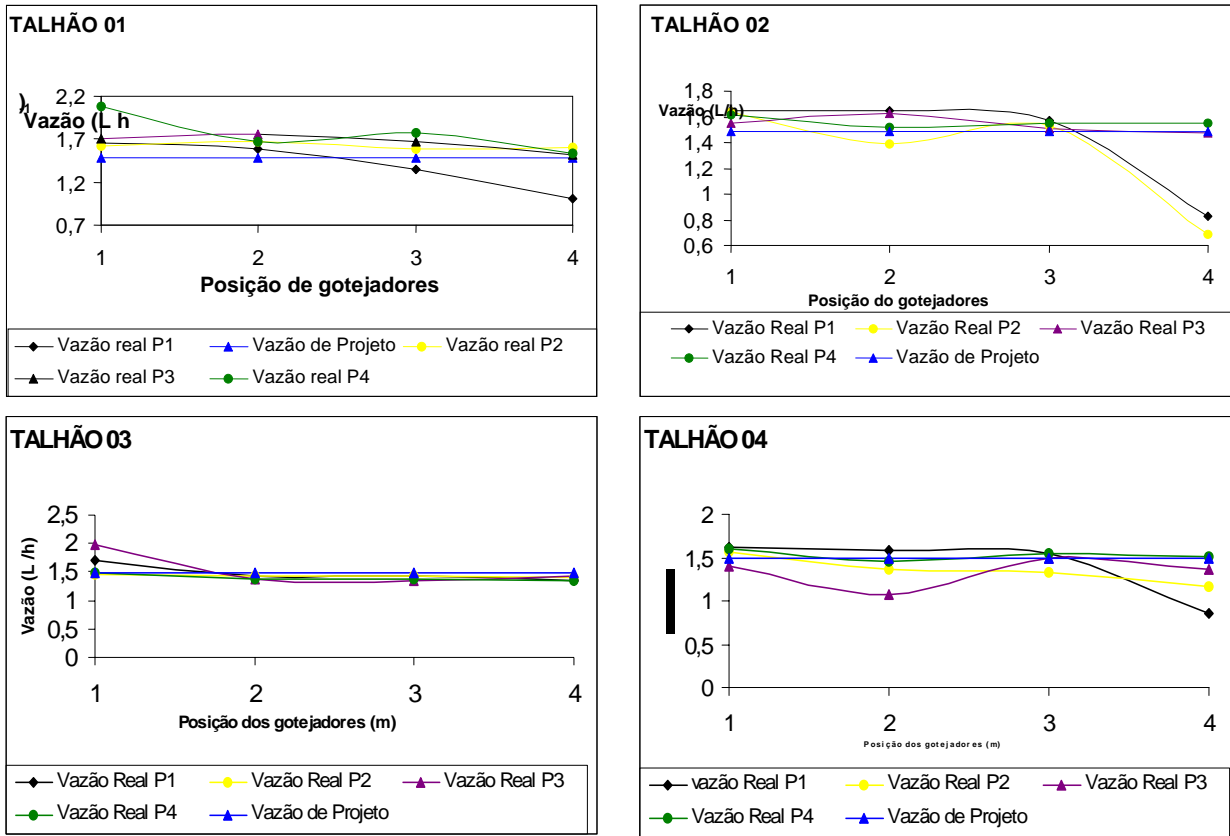
**TABELA 1.** Valores de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), para as subunidades avaliadas e classificação das subunidades de acordo com Merriam & Keller (1978).

ÁREA	CUC (%)	CUD (%)	Classificação
Sub-unidade 1	91,46	83,88	Bom
Sub-unidade 2	88,38	75,00	Regular
Sub-unidade 3	85,33	92,77	Excelente
Sub-unidade 4	85,01	78,69	Regular

De acordo com Bernardo (1995), após a instalação de um sistema de irrigação e durante o primeiro ciclo, fazem-se necessária a análise e calibração do sistema. A fim de possibilitar sua implementação, de modo que as demais irrigações sejam conduzidas com eficiência.

Na Figura 3, estão apresentadas distribuições de água de acordo com a posição dos emissores na linha lateral, vazão real e vazão de projeto. Na Sub-unidade 1, as vazões apresentaram-se em média acima da vazão de projeto, enquanto na Sub-unidade 2 as vazões decresceram a medida que o emissor estava mais distante da linha de derivação. A queda acentuada na vazão nos últimos emissores das posições 1 e 2, correspondentes a

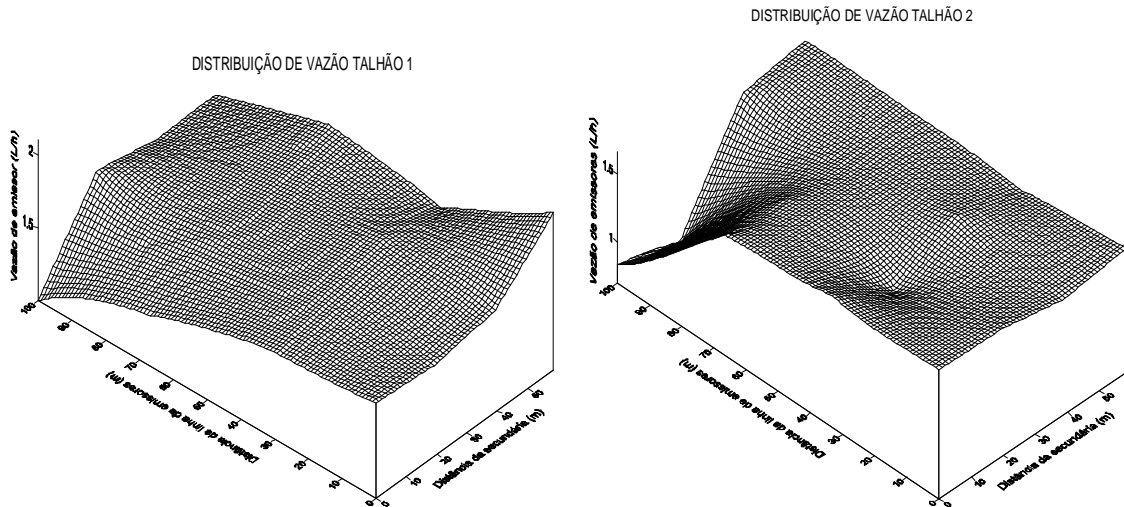
mangueiras situadas no início e a 1/3 da linha de derivação respectivamente, deveu-se a entupimento nos emissores avaliados. O que se verifica que os entupimentos ocorrem mais nas primeiras mangueiras. Enquanto, na Sub-unidade 3 as vazões medidas se mostraram abaixo da vazão de projeto, com exceção dos emissores situados no início de cada mangueira, que por sua vez apresentaram vazões acima da vazão de projeto, isso se deve a vazamentos e obstruções observadas ao longo desse talhão. Na Sub-unidade 4 as vazões apresentam-se também abaixo da vazão de projeto, em sua maioria. Em ambos os quatro casos observaram-se um grande número de emissores obstruídos, com formação de crosta e vazamentos.

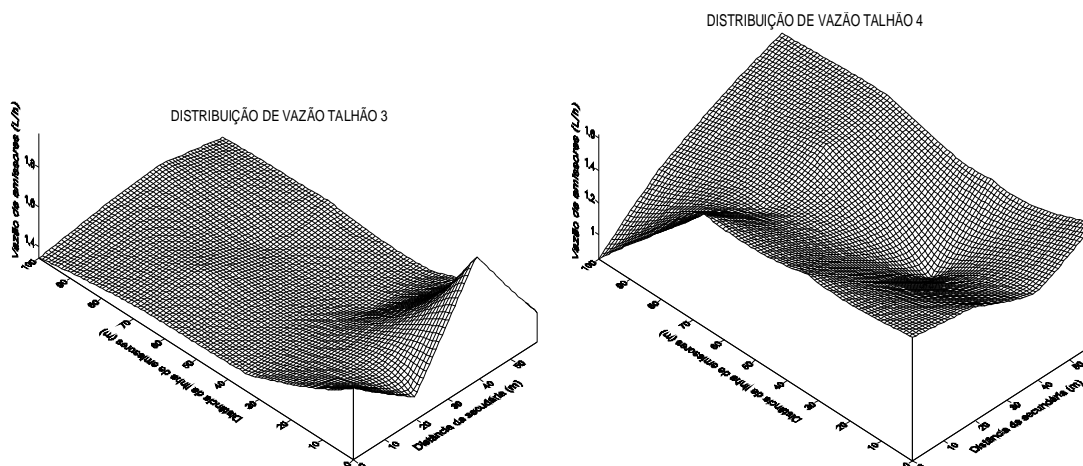


**FIGURA 3.** Distribuição de vazão de emissores de acordo com a posição na linha lateral, vazão real e vazão de projeto.

A Figura 4 apresenta a distribuição tridimensional da vazão dos emissores nas Sub-unidades avaliadas no campo. Verifica-se nesta figura que as menores vazões ocorrem no final das linhas de emissores e no início da linha de derivação. Enquanto que as maiores vazões foram observadas no início das linhas de

emissores e no final da linha de derivação. Observa-se que a lâmina de água aplicada é em grande parte das vezes superior a lâmina de água projetada, apresentando, no entanto, pontos de deficiência onde a lâmina foi menor que a requerida em projeto.





**Figura 4.** Perfil tridimensional da vazão de emissores NETAFIM STREAMLINE 80 na Fazenda WG Produção e Distribuição de Frutas LTDA.

Na Sub-unidade 1, observa-se na primeira linha um decréscimo gradativo na vazão dos emissores a medida que se afasta da linha de fornecimento de água, o mesmo ocorrendo na segunda linha em menor proporção, sendo maior a redução no final da linha. Na Sub-unidade 2, observa-se uma maior uniformidade na distribuição das vazões, estando estas em sua maioria acima da vazão de projeto. Já na Sub-unidade 3, observou-se as menores

vazões, em sua maioria abaixo da vazão de projeto, provocado provavelmente por vazamentos na tubulação de emissores, devido a presença de trincas, o que poderá ter acarretando déficit na lâmina de irrigação. Na Sub-unidade 4, ocorreu o contrário, ou seja, as lâminas foram superiores as de projeto, no entanto apresentando distribuição de vazão mais irregulares (Figura 4).

## CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos e discutidos nesse trabalho, observou-se que:

- A maior desuniformidade de distribuição de água deve-se a obstruções nos emissores, e vazamentos ocorridos em função de rachaduras;
- As menores vazões ocorrem no final das primeiras linhas de emissores e no início da linha de fornecimento de água;
- As maiores vazões ocorrem no início das linhas de emissores e no final da linha de fornecimento de água;
- Sistemas de irrigação localizada que apresentam Coeficiente de Uniformidade de distribuição regular, contribui para o aumento dos custos de produção;

## RECOMENDAÇÕES

Intensificar as vistorias no sistema, a fim de identificar obstruções, trincas, rachaduras e vazamentos em geral;

Efetuar a abertura e lavagem da linha de gotejo com maior frequência;

Devido ao grande número de obstruções detectadas, modificar a concentração e/ou o intervalo de aplicação de químicos para a limpeza do sistema;

Realizar periodicamente testes de vazão no sistema, a fim de quantificar a eficiência do sistema; os dados serviriam como base para tomada de decisão na propriedade;

Limpeza periódica dos filtros, efetuada com maior frequência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem), 29. Campina Grande, Dept. Eng. Agrícola: UFPB, 1999, 153p.
- AZEVEDO, H. M. **Irrigação Localizada.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.12, n.139, 1986, p. 40-53.
- BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com águas residuárias. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação:** citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 279-291.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 6.<sup>a</sup> ed., Viçosa: UFV, 1995. 657p.

- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 8.<sup>a</sup> ed., Viçosa: UFV, 2006. 625p.
- BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. 1999. 224f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- CARARO, D. C.; LEVERENZ, L. H.; BOTREL, T. A.; HILLS, D. J. Efeitos de ácido peróxido acético, hipoclorito de sódio e filtro têxtil na minimização do entupimento de gotejadores pelo uso de água residuária de tanque séptico. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 33, 2004, Campinas. **Anais...**, Campinas: SBEA. 2004. (CD ROM).
- CORREA, J. F. Evaluation of hydraulic characteristics of emitters. *In: INTERNATIONAL CONGRESS ON THE USE OF PLASTICS IN AGRICULTURE*, 11, 1990, New Delhi. **Anais...**, Proceedings. Rotterdam. 1990. p.137-143.
- FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: ESALQ, 1992, 53p. (Série Didática).
- HILLS, D. J.; EL-EBABY, F. G. **Evaluation of microirrigation self-cleaning emitters**. *Applied Engineering in Agriculture*. v. 6, n. 4, 1990, p. 441- 445.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v. 17, 1975, p. 678-684.
- LOPEZ, R. J.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. 2. ed. Madri: Mundi-Prensa, 1997. 405p.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A guide for management**. Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, 1978. 271p.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. **Transactions of the ASAE**, v.1, 1981, p.77-80.
- ORON, G.; DeMALACH, Y.; HOFFMAN, Z.; MANOR, Y. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. **Water Science and Technology**, v. 26, n. 7/8, 1992, p. 1593-1601.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frequência**. 3. ed. Madri: Mundi Prensa, 1996. 513p.
- RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, v.13, 1992, p.129-139.
- RESENDE, R. S. **Intrusão radicular e efeito de vácuo em gotejamento enterrado na irrigação de Cana-de-açúcar**. 2003. 124f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.
- SCALOPPI, J. E.; DIAS, K. F. S. Relação entre a pressão de operação e a uniformidade de distribuição de água de aspersores rotativos por impacto. *In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 1996, Bauru. **Anais...**, Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. (CD ROM).
- SCALOPPI, E. J. Características dos principais sistemas de irrigação. **ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 25, 1986, p. 22-27.
- SMAJSTRLA, A. G. Causes and prevention of emitter clogging in microirrigation systems. **Irrigation Journal**, Apr. 1995, p. 14-17.
- SMAJSTRLA, A. G. Prevention of microirrigation emitter clogging. *In: SOUTH TEXAS IRRIGATION CONFERENCE*, 1991, Hondo. **Proceedings...**, Hondo: Texas Agricultural Extension Service, 1991. p. 132-139.
- TAJRISHY, M. A.; HILLS, D. J.; TCHOBANOGLIOUS, G. Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 120, n. 4, 1994, p. 716-731.
- ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho em sistemas de irrigação**. Ilha Solteira - SP: UNESP. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigação.html>>. Acesso em junho de 2005.