



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.3, n.2, p.48-54, 2009
 ISSN 1982-7679 (On-line)
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>
 Protocolo 011.09 - 10/05/2009 Aprovado em 15/09/2009

AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

Marney Aparecida de Oliveira Paulino ¹; Flávio Pimenta de Figueiredo ²; Rodrigo Carvalho Fernandes ³; Janini Tatiane Lima Souza Maia ⁴; Denilson de Oliveira Guilherme ⁵; Flávia Silva Barbosa ⁶.

¹ Eng. Agrônoma, Mestre em Ciências Agrárias – UFMG, e-mail: apmar5@yahoo.com.br

² Eng. Agrícola, D. Sc Professor Adjunto da UFMG, e-mail: figueiredofp@nca.ufmg.br

³ Eng. Agrônomo, Mestre em Ciências Agrárias – UFMG, e-mail: rodrigocarvalho9@yahoo.com.br

⁴ Bióloga, Doutoranda em Fitotecnia – UFV, e-mail: janinitatimaia@yahoo.com.br

⁵ Eng. Agrônomo, Doutorando em Produção Vegetal – UENF, e-mail: doliveiraguilherme@yahoo.com.br

⁶ Eng. Agrônoma, Doutoranda em Fitotecnia – UFRRJ, e-mail: fafinha21@bol.com.br

RESUMO: A inadequada uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação proporciona excesso da mesma em parte da área de cultivo e falta em outra, diminuindo a disponibilidade de água à cultura e aumentando o custo de produção. Este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade em sistemas de irrigação por aspersão convencional, utilizados em olerícolas cultivadas na região do Alto Rio Pacuí, Montes Claros, MG. Os coeficientes de uniformidade (CUC, CUD, CUE, CUH, UDH), a eficiência de aplicação, as vazões e pressões dos sistemas foram obtidos de acordo com metodologia. Os resultados identificaram que a maioria dos sistemas estão operando com uniformidades e eficiência de aplicação abaixo do recomendado. Vazamentos nas tubulações, dimensionamento inadequado dos sistemas, pressão e vazão fora dos padrões aceitáveis, são fatores que contribuíram com os valores obtidos nas avaliações.

Palavras-chave: Olerícolas, Coeficiente de Uniformidade, Características Hidráulicas.

EVALUATION OF THE UNIFORMITY AND EFFICIENCY OF WATER APPLICATION IN SYSTEMS OF IRRIGATION FOR SPRINKLE IRRIGATION

ABSTRACT: The inadequate uniformity of water application in irrigation systems provides to water excess in part of the culture ground and privation in too much, reduce water to the culture and increasing the production value. The objective of this work was to evaluate the uniformity of water application in systems of irrigation for sprinkle irrigation, in culture vegetable in the region of Alto Rio Pacuí, Montes Claros, MG. Methodology applied the calculation of the uniformity coefficients (CUC, CUD, CUE, CUH, UDH), the application efficiency (Ea), the flows and pressures of the systems. The results identified that majority systems operate with uniformity and application efficiency below the recommended. Tubing in leaks, inadequate design of systems, pressure and flow outside the acceptable standards, are factors that contributed to the obtained values the evaluation.

Keywords: Vegetable, Coefficient of Uniformity, Hydraulic Attribute.

INTRODUÇÃO

A água é de extrema importância para a sobrevivência de qualquer ser vivo, por esta razão é necessário utilizá-la de forma racional. A sustentabilidade deverá superar a escassez e promover uma nova ética aos recursos hídricos, tendo como base a otimização da utilização, controle dos desperdícios, além de promover o desenvolvimento (TUNDISI, 2005).

Rebouças (2001) afirma que a visão do alto potencial hídrico, sem escassez sobre a superfície brasileira favoreceu a idéia de abundância dos recursos hídricos, alimentando a tolerância a degradação dos mesmos.

As comunidades rurais brasileiras, segundo Ribeiro (2003) nos últimos anos começaram a se confrontarem em razão da utilização da água, forçando uma reflexão sobre esse consumo e procurando alternativas para reduzir os danos causados ao meio ambiente sem interferir no desenvolvimento rural.

A irrigação é considerada a principal atividade humana consumidora de água, por isso não pode ser entendida somente como um procedimento artificial para atender às condições de umidade do solo, engloba todo um conjunto de fatores a atender as necessidades da planta, evitando excessos ou faltas de água, agregando o clima, o homem e o solo no qual o cultivo está implantado (PAZ et al., 2002).

A necessidade de conservação dos recursos hídricos e redução nos custos de produção, principalmente de energia e de insumos, devem, por meio dos sistemas de irrigação e manejo, proporcionar aplicação de água uniforme e eficiente (REZENDE et al., 2002).

Santos et al. (2003) sustentam que a uniformidade influenciará o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura. Áreas irrigadas que apresentam baixa uniformidade de aplicação de água favorecerão o desenvolvimento desuniforme das plantas cultivadas, pois

algumas receberam mais água que outras. Esse fato está relacionado ao excesso de água no solo, que provoca a lixiviação de nutrientes, a redução na concentração de oxigênio disponível para as raízes, o aumento na incidência de pragas e doenças, enquanto a escassez de água aumenta os riscos de salinização do solo e inibe o potencial produtivo da planta.

A avaliação da operação dos sistemas de irrigação está ligada a diversos parâmetros no desempenho, definidas em determinações de campo, como vazão, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, nos quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema. Porém, aos produtores é considerada uma tarefa de pouca importância, mesmo quando disponibilizam de tecnologia, mas lhes faltam orientação e conhecimento (SILVA; SILVA, 2005).

Com a avaliação dos sistemas de irrigação tem-se o conhecimento da qualidade com que a irrigação está sendo realizada, a partir de uma gama de coeficientes de uniformidade de aplicação de água, os quais expressam a variabilidade de distribuição aplicada pelo sistema de irrigação.

O primeiro coeficiente foi proposto por Christiansen (1942 apud REZENDE et al., 2002), o qual adota o desvio médio absoluto como medida de dispersão (CUC). O mesmo autor em seu trabalho também cita o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), proposto por Criddle et al. (1956), o qual introduziu outra medida da uniformidade, considerando a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada, o baixo valor de CUD expressa uma perda de água por percolação profunda quando a lâmina mínima aplicada corresponde à lâmina necessária.

Coefficiente de uniformidade estatístico (CUE), coeficiente de uniformidade de Hart (CUH), eficiência

padrão da HSPA (UDH) são coeficientes de uniformidade o qual utilizam o desvio-padrão como medida de dispersão. Rocha et al. (1999), relatam em seu trabalho que quando a lâmina aplicada pelos emissores tem uma distribuição normal, o CUC será igual ao CUH e o CUD igual a UDH. Os mesmos autores ressaltam que o sistema de aspersão convencional deve ser analisado, averiguando o desempenho e funcionalidade do sistema de acordo com o recomendado no projeto de implantação.

Bernardo et al. (2006) citam parâmetros que qualificam a uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação, os quais consideram excelente a uniformidade quando apresenta coeficientes acima de 90%, bom de 80-90%, regular de 70-80%, ruim 70-60% e inaceitável abaixo de 60%.

A irrigação por aspersão convencional tem como vantagem maior eficiência de aplicação de água comparada aos métodos por superfície. Porém, tem como desvantagem sofrer influência climática, como umidade relativa e velocidade do vento (ANDRADE; BRITO, 2006).

A velocidade do vento e a pressão de serviço dos emissores são fatores que afetam a uniformidade de aplicação de água. A velocidade do vento pode proporcionar perdas de 5%, pois a força dos ventos proporciona carregamento das gotículas expurgada pelo emissor. Enquanto a pressão do aspersor com valores acima do recomendado, poderá ocasionar fracionamento das gotas, aumentando o potencial de evaporação e arraste das gotículas (MANTOVANI et al., 2006).

O desenvolvimento das olerícolas é influenciado pela quantidade de água no solo. O déficit hídrico ou o excesso de água na área de cultivo diminui a produtividade e reduz a qualidade do produto (MAROUELLI et al., 1996). Segundo Teodoro et al. (1993), a irrigação é um dos tratamentos culturais que mais favorece o desenvolvimento produtivo das

hortaliças.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional em cultivo de olerícolas, nas condições edafoclimáticas do Norte de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de campo foi realizado no período de maio a julho de 2006, na região do Alto Rio Pacuí município de Montes Claros, MG, em área com cultivo de olerícolas. Primeiramente, foi realizado um levantamento dos sistemas de irrigação e as culturas em três comunidades da região, as quais foram: Traçadal, Pradinho e Santa Bárbara. Nestas, determinou-se quatro propriedades que representavam significativamente a região em número de sistemas de irrigação por aspersão convencional e área de cultivo de olerícolas irrigada. As propriedades selecionadas foram 2 (duas) em Traçadal, identificadas nesse trabalho como A e B, uma na comunidade de Pradinho (C) e outra, com área pertencente as comunidades de Pradinho e Santa Bárbara (D).

Para a obtenção dos dados em campo, necessários aos cálculos dos parâmetros estatísticos que caracterizam a distribuição de água do sistema de irrigação, utilizou-se a metodologia estabelecida por Bernardo et al. (2006), a qual consiste na distribuição de um conjunto de coletores (pluviômetros), equidistantes, em torno de um aspersor o qual será testado, formando um quadrante (Figura 1).

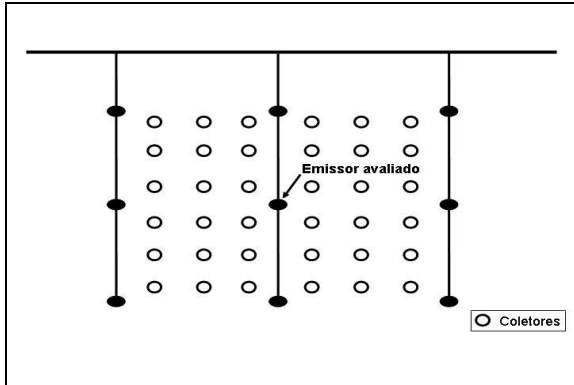


Figura 1: Esquema da distribuição dos coletores durante a avaliação dos sistemas.

Nas áreas avaliadas da região do Alto Rio Pacuí, utilizou-se a distância de 1,5 m entre os coletores.

Como o trabalho foi realizado em área de cultivo de olerícolas, onde geralmente na região os sistemas de aspersão convencional têm uma média de funcionamento de 40 minutos, estabeleceu-se na avaliação o tempo de 20 minutos, ou seja, metade do tempo de funcionamento (BERNARDO et al., 2006). Após a decorrência do tempo, coletou-se o volume de água em cada pluviômetro.

Com o auxílio de um manômetro de Bourdon com tubo de pitot, verificou-se a pressão de trabalho no bocal do aspersor analisado.

Os coeficientes utilizados para o cálculo da uniformidade de distribuição foram o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), coeficiente de uniformidade de Hart (CUH), eficiência padrão da HSPA (UHD) e a eficiência de aplicação (Ea).

As expressões abaixo foram utilizadas na quantificação da uniformidade e eficiência de aplicação nos sistemas de irrigação pelos parâmetros citados:

$$1) \quad CUC = 100 \left(1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{X_i - X_{med}}{X_{med}} \right| \right)$$

$$2) \quad CUD = 100 \cdot \frac{X_{25}}{X_{med}}$$

$$3) \quad CUE = 100 \left(1 - \frac{Sd}{X_{med}} \right)$$

$$4) \quad CUH = 100 \left\{ 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{Sd}{X_{med}} \right) \right\}$$

$$5) \quad UHD = 100 \left(1 - 1,25 \frac{Sd}{X_{med}} \right)$$

$$6) \quad Ea = \frac{X_{med}}{Y_a} \cdot 100$$

sendo:

CUC - Coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %

X_i - valores de precipitação, em mm

X_{med} - média geral dos valores de precipitação, em mm

n - tamanho da amostra

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, em %

X_{25} - média do menor quartil, em mm

CUE - coeficiente de uniformidade estatístico, em %

Sd - desvio-padrão dos valores de precipitação, em mm

CUH - coeficiente de uniformidade de Hart, em %

UHD - eficiência padrão da HSPA, em %

Ea - eficiência de aplicação, em %

Y_a - lâmina média aplicada pelo aspersor, em mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos coeficientes (CUC, CUD, CUE e CUH) e eficiências (UDH e Ea), obtidos pelas expressões estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Coeficientes (CUC, CUD, CUE e CUH) e eficiências (UDH e Ea).

Propriedades	A	B	C	D
CUC (%)	80,20	74,10	78,62	51,41
CUD (%)	68,97	52,19	69,43	27,78
CUE (%)	76,60	72,00	77,00	44,00
CUH (%)	81,00	77,00	81,00	55,00
UDH (%)	71,00	65,00	71,00	30,00
Ea (%)	41,22	48,13	33,50	42,73

Comparação entre os coeficientes:

A velocidade do vento durante a realização da avaliação dos sistemas por aspersão convencional foi relativamente estável, não sendo possível detectar efeitos sobre os coeficientes de uniformidade, pois, durante os testes, os valores da velocidade do vento estavam entre moderado a baixo (1,1 a 2,6 m s⁻¹). Azevedo et al. (2000) testaram a variação do CUC, quanto à velocidade do vento e observaram que o coeficiente diminuiu de 82 para 28%, quando a velocidade aumentou de 1 para 7 m s⁻¹, ou seja, com o aumento progressivo da velocidade do vento o CUC diminui. No mesmo trabalho, os autores admitem que valores de CUC superiores ou iguais a 70% só foram alcançados para velocidade do vento inferior a 3,3 m s⁻¹.

A Tabela 1 apresenta os coeficientes, observa-se que, na propriedade A, os valores de CUC

e CUH foram considerados bons, porém, com valor de CUD, ruim, e os demais coeficientes, valores regulares, segundo a classificação de Bernardo et al. (2006). Na propriedade B, CUC, CUE e CUH apresentaram valores regulares, enquanto a UDH, ruim e CUD, valor inaceitável (52,19%). Na propriedade C o sistema de aspersão convencional apresentou, CUH, bom, CUC, CUE e UDH regular, enquanto CUD, ruim. Na propriedade D, os valores de todos os coeficientes foram inaceitáveis, ou seja, abaixo de 60%, segundo a classificação de Bernardo et al. (2006).

Comparando-se os coeficientes calculados, verifica-se como o CUD é sensível às variações na distribuição de água de um sistema de irrigação, essa observação também foi realizada por Souza et al. (2006) em avaliações de sistemas de irrigação por gotejamento em cultivo de café.

Com relação aos valores da eficiência de aplicação verifica-se que, nos quatro sistemas de irrigação avaliados todos apresentaram valores considerados inaceitáveis, estando aquém do esperado, o que pode proporcionar aumento do consumo de água e de energia, com aumento dos custos e redução da produtividade.

Esses valores dos coeficientes e da eficiência de aplicação são encontrados em resposta às características hidráulicas encontradas nos sistemas de irrigação, como pressão e vazão inferiores ao recomendado pelo fabricante.

Os sistemas de aspersão convencional avaliados na região do Alto Rio Pacuí são considerados de porte médio, com dois bocais, os quais, segundo a recomendação do fabricante, deveriam apresentar pressão de serviço de 3 Kgf cm⁻² e vazão de 2,7 m³ h⁻¹.

No sistema de aspersão convencional da propriedade A, a pressão encontrada no emissor avaliado foi de 1,8 Kgf cm⁻² e a vazão, de 1,05 m³ h⁻¹, ou seja, valores inferiores ao recomendado. No sistema da propriedade B, a pressão, de 2,15 Kgf cm⁻² e vazão, de 1,68 m³ h⁻¹, inferiores aos valores recomendados, porém superiores aos valores exibidos no sistema da propriedade A. Na propriedade C, o sistema apresentou pressão de 2,0 Kgf cm⁻² e vazão de 1,2 m³ h⁻¹. Enquanto o sistema da propriedade D apresentou pressão de 0,9 Kgf cm⁻² e vazão de 0,5 m³ h⁻¹, ou seja, em nenhum dos sistemas avaliados foram observados valores de pressão e de vazão ideais ao funcionamento adequado dos sistemas de irrigação por aspersão convencional. Isso comprova o relato de Mantovani et al. (2006), quando afirmam

que há influência da pressão de serviço sobre a eficiência de aplicação e uniformidade dos sistemas de irrigação.

Observa-se que os piores coeficientes de uniformidade estão relacionados aos sistemas de aspersão convencional da propriedade D, os quais são justificáveis devido ao dimensionamento do sistema, composto por apenas uma linha de emissores, não havendo cobertura da área molhada nas bordas do cultivo, além dos vazamentos nas tubulações e da baixa pressão de serviço ($0,9 \text{ Kgf cm}^{-2}$), resultando em inadequada pulverização do jato d'água. Percebeu-se em campo o baixo desenvolvimento das plantas, principalmente nas bordas do cultivo, sendo observado no teste que as baixas precipitações coletadas nos pluviômetros localizaram-se justamente nas extremidades da área cultivada, necessitando de um redimensionamento do sistema.

É necessário destacar que os sistemas de irrigação implantados nas propriedades, nos quais ocorreram às avaliações, não foram dimensionados tecnicamente, sendo esse um dos fatores que influenciou a grande variação de pressão e de vazão.

Esse fato sinaliza a necessidade de uma manutenção nos sistemas de irrigação analisados, visando a melhorar a eficiência de aplicação e, assim, reduzir os custos de produção e de consumo dos recursos hídricos, os quais, muitas vezes, escassos na maioria dos meses do ano no Norte de Minas Gerais.

CONCLUSÕES

Conclui-se com as avaliações realizadas na região do Alto Rio Pacuí, Montes Claros, MG, a maioria dos sistemas de irrigação por aspersão convencional analisados estão operando em condições precárias de uniformidade de aplicação, necessitando de um replanejamento e manutenção, para conseqüentemente, estarem aptos a implementação de programa de manejo de

irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ANDRADE, C.L.T; BRITO, R. A. L. **Métodos de irrigação e quimigação**. Embrapa milho e sorgo, Circular técnica, versão eletrônica, 2 ed., p. 1-17, dez./2006. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 21 Ago. 2007.
- AZEVEDO, H.J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influencia de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n. 2, p. 152-158, 2000.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 1996. 72 p.
- PAZ, V. P. da S.; FRIZZONE, J. A., BOTREL, T. A., FOLEGATTI, M. V. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, set./dez. 2002.
- REBOUÇAS, A. C. **Água e desenvolvimento rural**. Estudos avançados, São Paulo, v.15, n. 43, set./dez. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 21 Ago.2007.
- REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A.; TORMENA, C. A.; BERTONHA, A. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p. 1553-1559, 2002.

RIBEIRO, E. M. & GALIZONI, F. M. Água, população rural e políticas de gestão: o caso do vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Ambient. Soc.**, v.6, n.1, p.129-146, 2003. Disponível em: www.scielo.br. 07 maio 2007.

ROCHA, E. M. M.; COSTA, R.N.T.; MAPURUNGA, S.M.S. CASTRO, P. T. Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.2, p. 154-160, 1999. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br>. Acesso em: 20 Ago. 2007.

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 eletrônicos...**]. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/c2003rsantos.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2007.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n.8, dez. 2005.

SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S.L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.3, jul./set. 2006.

TEODORO, R. E. F.; OLIVEIRA, A. S.; MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum anuum* L.) em casa de vegetação. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v. 50, n.2, p.237-242, set. 1993.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2 ed. São Carlos: Rima, 2005. 248 p.