

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO CALÇADO - ES

**Camila Aparecida da Silva Martins¹, Michelle Machado Rigo¹,
Maria José Reis da Rocha¹, Glaucio Luciano Araújo²,
Guilherme de Resende Camara², Edvaldo Fialho dos Reis²**

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Alto Universitário s/nº, Alegre-ES, CEP: 29.500-000, Caixa Postal 16, camila.cca@hotmail.com; michelle.rigo@gmail.com; zezerocha2004@yahoo.com.br

²Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário s/nº, Alegre-ES, CEP: 29.500-000, Caixa Postal 16, glaucio_araujo@yahoo.com.br; g.resende@yahoo.com.br; edreis@cca.ufes.br

Resumo- Este trabalho teve o objetivo de avaliar a uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por aspersão convencional no Município de São José do Calçado - ES. Foi escolhido aleatoriamente, um projeto de irrigação por aspersão convencional. Na área irrigada, realizou-se o teste de uniformidade de aplicação de água, para a determinação dos coeficientes de uniformidade mais usuais e da eficiência de aplicação de água. Pelos resultados obtidos, conclui-se que o projeto de irrigação por aspersão convencional avaliado apresenta boa uniformidade de aplicação de água e uma eficiência de aplicação igual a 62,97%, ficando abaixo de 75%, preconizado pela literatura como o mínimo aceitável para sistemas de irrigação por aspersão convencional.

Palavras-chave: Coeficientes de uniformidade e eficiência de aplicação de água.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

Instabilidades climáticas com consequências diretas na distribuição de chuvas têm levado os produtores rurais a adotarem a irrigação como tecnologia indispensável ao desenvolvimento normal das culturas de interesse agrônomico. Segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), entre os vários sistemas de irrigação, a aspersão convencional tem sido utilizada em pequenas e médias devido a sua ampla aplicabilidade. Neste sistema de irrigação, a água é aspergida sobre as plantas, simulando uma precipitação natural (chuva), por meio de vários aspersores que funcionam simultaneamente numa mesma linha lateral. Esse sistema tem um consumo médio de energia e muita exigência em mão-de-obra para mudanças de linhas. Além disso, apresenta valores de eficiência de uniformidade da ordem de 75 a 90%.

Para controle efetivo da lâmina de irrigação aplicada pelo sistema de irrigação por aspersão convencional, avaliações de desempenho do sistema devem ser realizadas com o intuito de avaliar a uniformidade e a eficiência de aplicação de água.

A uniformidade de aplicação de água é quantidade pelo cálculo de coeficientes de uniformidade de aplicação de água. Para Bernardo, Soares e Mantovani (2006) o

Coefficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade Estática (Us) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), são os três coeficientes mais utilizados para determinação da uniformidade de aplicação e distribuição de água de um sistema de irrigação por aspersão convencional.

Portanto, este trabalho teve o objetivo de avaliar a uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por aspersão convencional em áreas cultivadas no Município de São José do Calçado - ES.

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido no mês de agosto de 2008 em uma propriedade produtora de milho no Município de São José do Calçado, localizado na região Sul do Estado do Espírito Santo. Na área de estudo foi avaliado um projeto de irrigação por aspersão convencional com o tempo de uso de 9 meses.

A área de estudo está situada por definição entre as coordenadas geográficas 21º 28' 10" de Latitude Sul e 41º 32' 10" de Longitude Oeste de Greenwich.

A propriedade abrange uma área total de aproximadamente 9 hectares (ha), sendo 3 ha cultivado com milho, que é destinado a alimentação animal.

O clima da região foi classificado como Cwa, segundo o sistema Köppen, apresentando chuvas no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1300 mm e temperatura média anual entre 25° C. O relevo predominante na área irrigada é suavemente ondulado com declividade de 2%.

O emissor avaliado foi o Mini Canhão Asperjato KL 1500, que de acordo com o catálogo do fabricante apresenta em condições normais de funcionamento uma vazão de 6,70 m³.h⁻¹ e pressão de serviço de 196 KPa no espaçamento de 24 x 24 m.

A avaliação da uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação em estudo foi realizada de acordo com a metodologia de Christiansen (1942) citada por Bernardo, Soares e Mantovani (2006), e consistiu em coletar as precipitações por meio de pluviômetros colocados em uma malha de pontos ao redor do aspersor de acordo com o raio de alcance do emissor e com o espaçamento entre aspersor e entre linha lateral.

Para a realização do teste de uniformidade de aplicação de água, a área em torno do aspersor foi dividida em subáreas quadradas, de dimensões iguais, e os coletores de precipitação foram colocados no centro de cada subárea e o número de coletores instalados durante o teste, foi de 192. Assim, a lâmina coletada em cada pluviômetro (coletor) representa a precipitação em cada subárea.

Os coletores com 7 cm de diâmetro dispostos ao longo da malha foram afastados entre si por 3,00 m e apoiados em suportes metálicos distribuídos sobre a cultura, para coletar as precipitações em torno do aspersor a ser testado.

A avaliação do sistema de irrigação por aspersão convencional foi realizada no período matutino, de acordo com o horário de funcionamento do sistema.

Após a montagem da malha de coletores, o sistema de irrigação era ligado por um período de uma hora. Os volumes coletados nos pluviômetros foram convertidos em lâminas d'água, dividindo o volume coletado pela área de abrangência do coletor.

Durante o teste, mediu-se a vazão no bocal, de maior e de menor diâmetro, do aspersor, a pressão de serviço do aspersor e o volume ou lâmina d'água coletada, em cada "pluviômetro", no final do teste.

Para a medição de vazão no projeto de irrigação, foi coletado no aspersor, previamente selecionado, o volume aplicado em um tempo de três minutos, com auxílio de cronômetro, mangueiras, coletores e proveta graduada.

Utilizando um manômetro com tubo Pitot, avaliou-se a pressão de serviço (Ps) do emissor em funcionamento.

A uniformidade de aplicação de água foi estimada, utilizando-se os dados de precipitação do projeto, por meio do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) determinado pela equação 1. O Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) foi determinado pela equação 2 e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) pela equação 3.

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

$$CUC = \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |L_i - L_m|}{N L_m} \right\} \quad (1)$$

$$Us = 100 \left\{ 1 - \frac{S_d}{L_m} \right\} \quad (2)$$

$$CUD = 100 \left\{ \frac{L_q}{L_m} \right\} \quad (3)$$

em que:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %;

L_i = Lâmina obtida no coletor "i", mm;

L_m = Lâmina média de todas as observações, mm; e N = Número de coletores.

Us = Coeficiente de Uniformidade Estatística, em %;

S_d = desvio-padrão dos dados de precipitação; e L_m = média das precipitações, mm.

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em %;

L_q = média de 25% das observações com menores valores, mm; e

L_m = lâmina média de todas as observações, mm.

Tabela 1 - Classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

Classificação	CUC	Us	CUD
	----- % -----		
Excelente	> 90	90 - 100	> 84
Bom	80 - 90	80 - 90	68 - 84
Razoável	70 - 80	70 - 80	52 - 68
Ruim	60 - 70	60 - 70	36 - 52
Inaceitável	< 60	< 60	< 36

Fonte: Mantovani (2001)

Na área de estudo, foram retiradas amostras de solo para a determinação das características físico-hídricas do solo onde está instalado o projeto de irrigação avaliado. As amostras de solo foram retiradas ao acaso em cinco pontos na área irrigada, na profundidade de 0,00 - 0,40 m, para avaliação do manejo de irrigação no sistema de irrigação por aspersão convencional. Na área em estudo, a amostragem de solo foi realizada antes da irrigação, coletando-se amostras deformadas com o auxílio de um trado tipo holandês, as amostras foram acondicionadas em recipientes vedados, para determinação da umidade atual do solo pelo método termogravimétrico, conforme preconizado pela EMBRAPA (1997).

Simultaneamente à determinação da umidade do solo, foram coletadas duas subamostras em cada um dos locais amostrados, que depois foram misturadas, a fim de formar uma amostra composta para a determinação da densidade do solo pelo método da proveta; da umidade do solo na capacidade de campo a tensão de 0,1 MPa, com o auxílio do extrator de Richards; e da análise granulométrica pelo método da pipeta através da agitação lenta, de acordo com a EMBRAPA (1997).

A análise físico-hídrica do solo foi realizada no Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo localizado no Núcleo de Estudo e Difusão de Tecnologia (NEDTEC) no Município de Jerônimo Monteiro-ES.

A profundidade efetiva do sistema radicular da cultura irrigada para determinação da lâmina real necessária foi definida a partir de valores citados Bernardo, Soares e Mantovani (2006). Foi utilizado o valor de 0,30 m no projeto avaliado, porque devido ao estágio de desenvolvimento inicial da cultura (3 meses após o plantio), 80% das raízes se concentram nessa profundidade.

A lâmina de irrigação real necessária para o projeto de irrigação em estudo foi determinada pela equação 4:

$$IRN = \frac{(CC - U_a)}{10} D_s Z \quad (4)$$

em que:

IRN = irrigação real necessária, mm;

CC = umidade do solo na capacidade de campo, % em peso;

U_a = umidade atual do solo, antes da irrigação, % em peso;

D_s = densidade do solo, g cm⁻³; e

Z = profundidade efetiva do sistema radicular, cm.

Após a determinação da IRN, determinou-se a lâmina aplicada durante a irrigação através da seguinte expressão:

$$Lapl = \frac{1000 Q T}{E_A E_{LL}} \quad (5)$$

em que:

Lapl = lâmina aplicada, mm;

Q = vazão do sistema, m³ h⁻¹;

T = Tempo, h;

S1 = espaçamento entre posições ao longo da linha lateral, m; e

S2 = espaçamento entre linhas laterais, m.

A eficiência de aplicação de água (E_a) do sistema de irrigação em estudo foi determinada pela seguinte expressão:

$$E_a (\%) = \frac{\text{Vol. Armazenado}}{\text{Vol. Aplicado}} 100 \quad (6)$$

Resultados

Os valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us), do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e as respectivas classificações dos valores do coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação em estudo estão apresentados na Tabela 2.

O desempenho do sistema de irrigação em estudo foi determinado em função dos valores dos coeficientes de uniformidade encontrados, que variaram de 74,80 a 86,09%. Esses valores são considerados bons para sistemas de irrigação por aspersão convencional, apesar de serem inferiores ao valor convencionalmente recomendado para culturas com alto valor comercial, que segundo Mantovani (2001) é de 90%.

Tabela 2 - Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e as respectivas classificações dos coeficientes, do projeto de irrigação avaliado, de acordo com Mantovani (2001)

Coeficientes	(%)	Classificação
CUC	86,09	Bom
Us	82,51	Bom
CUD	74,80	Bom

De acordo com o triângulo textural proposto pela EMBRAPA (2006), o solo da área que utiliza o sistema de irrigação por aspersão convencional foi classificado na profundidade de 0,00 - 0,40 m, como sendo solo de textura média, por apresentar na composição granulométrica menos de 35% de argila e mais de 15% de areia. Por isso, o manejo da irrigação nesse solo deve ser cuidadoso, considerando a média capacidade de retenção de água no solo.

Os valores da umidade atual do solo (U_a), da umidade do solo na capacidade de campo (C_c), da densidade do solo (D_s) do solo onde está instalado o projeto de irrigação avaliado estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores da umidade atual do solo (U_a), da umidade do solo na capacidade de campo (C_c), da densidade do solo (D_s) do solo onde está instalado o projeto de irrigação avaliado

Sistema	U_a ---- % peso ----	C_c ----	D_s -- g cm ⁻³ --
Aspersão Convencional	22,64	26,57	1,02

Com os dados da Tabela 3, realizou-se o cálculo da Irrigação Real Necessária (IRN), que foi de 12,03 mm no projeto avaliado, em função de o teor de umidade atual do solo.

A lâmina de água aplicada pelo sistema ($Lapl$) foi de 18,72 mm, devido à vazão do sistema, ao tempo de irrigação, ao espaçamento entre posições do emissor ao longo da linha lateral e entre linha lateral.

A eficiência de aplicação de água (E_a) do sistema de irrigação em estudo foi de 62,97 %.

Discussão

Pela Tabela 2, verifica-se que o sistema de irrigação avaliado tem bom desempenho, devido à boa uniformidade de aplicação de água ($CUC > 80\%$), de acordo com a classificação apresentada por Mantovani (2001). Os resultados obtidos são superiores ao valor mínimo convencionalmente recomendado para o funcionamento de um sistema de irrigação por aspersão convencional, que segundo Mantovani (2001) é de 70%.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cordeiro (2006) em sistemas de irrigação por pivô central, na região Norte do Estado do Espírito Santo.

Portanto, os valores de CUC, U_s e CUD encontrados são considerados altos quando comparados com os resultados obtidos por Gonçalves et al. (2003).

A boa uniformidade de aplicação de água de sistemas de irrigação por aspersão convencional se deve em grande parte ao bom dimensionamento do projeto e a ausência de manejo do sistema. Neste sentido, bons valores de uniformidade determinam menores perdas de nutrientes por deflúvio superficial e percolação profunda.

Pela Tabela 3, observa-se que a umidade atual do solo foi de 22,64% no dia avaliado, a umidade do solo na capacidade de campo foi de 26,57% e a (D_s) densidade do solo de 1,02 g cm⁻³.

Com relação a IRN e a $Lapl$, verifica-se que no projeto de irrigação avaliado, a $Lapl$ foi maior que a IRN, indicando que o projeto em estudo aplicava água em excesso, apresentando, portando, baixa eficiência de aplicação, o que difere dos resultados obtidos por Souza, Souza e Boas (2008) em sistemas de irrigação por aspersão convencional instalado na Vila Rural Flor do Campo, localizada na região Noroeste do Estado do Paraná, onde a $Lapl$ foi inferior à lâmina real necessária, indicando que a irrigação foi deficitária. Por isso, deve-se adotar métodos de estimativa e controle da necessidade e aplicação de água para qualquer sistema de irrigação, a fim de evitar os desperdícios.

A eficiência de aplicação de água no projeto de irrigação em estudo foi de 62,97%, ficando abaixo de 75%, preconizado pela literatura como o mínimo aceitável para sistemas de irrigação por aspersão convencional. Isto indica que o manejo da irrigação, no sistema em estudo, não estava sendo empregado corretamente.

Neste sentido, para melhorar a E_a do sistema de irrigação em estudo deve-se realizar a manutenção do sistema de irrigação, para manter o equipamento ou a estrutura implementada em condições de funcionamento adequado. Sintetizando, a implementação de programas de manutenção preventiva e corretiva, fundamental para obter um manejo cada vez mais adequado de irrigação, vem proporcionar também maior eficiência do sistema.

Conclusão

Conclui-se que o sistema de irrigação avaliado apresenta boa uniformidade de aplicação de água.

A eficiência de aplicação no projeto foi de 62,97%, ficando abaixo de 75%, preconizado pela literatura como o mínimo aceitável para sistemas de irrigação por aspersão convencional.

Referências

- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 265p.

- CORDEIRO, E. A. **Diagnóstico e manejo da irrigação na cultura do mamoeiro na região norte do Estado do Espírito Santo**. 2006. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, MG, 2006.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

- GONÇALVES, R. A. B; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, L. O. C. de.; RAMOS, M. M.; OLIVEIRA, R. A. de.; FERNANDES, L. T. Avaliação da uniformidade de aplicação de água residuária da suinocultura em cafeeiros irrigados por aspersão e gotejamento nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG. In: MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. R. (Eds.). **Irrigação do Cafeeiro**: informações técnicas e coletâneas de trabalhos. Viçosa, MG: UFV, 2003. 260p.

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

- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3. Ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355p.

- SOUZA, E. A. M. de; SOUZA, P. C. de.; BOAS, M. A. V. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em vila rural. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n.1, p. 47-62, Jan./Mar., 2008.