



ESTUDO DA REDISTRIBUIÇÃO DE UMIDADE NO PERFIL DO SOLO COM BASE NA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA

Mariana Gomes Brescansin¹; Roberto Rezende²; Jhonatan Monteiro de Oliveira³; André Maller⁴; Renan Soares de Souza⁴; Anderson Takashi Hara⁴

RESUMO: A uniformidade de aplicação de água na superfície do solo têm sido utilizada a fim de caracterizar a qualidade de irrigações. Sabe-se que a planta retira água do volume de solo no qual o seu sistema radicular se encontra. Logo, pode-se supor que a uniformidade de distribuição da água no perfil do solo seja mais importante que na superfície. O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de diferentes aplicações de água na superfície do solo, sobre uniformidade da umidade, no perfil do mesmo. Realizaram-se aplicações de água na superfície do solo com quatro valores de uniformidades, aplicando-se a mesma lâmina. A umidade no perfil do solo foi obtida em vários pontos, tornando possível analisar o efeito da redistribuição na uniformidade de umidade do solo. Verificou-se que a uniformidade da umidade no perfil do solo, embora dependente da uniformidade de aplicação na superfície, foi consideravelmente maior que esta, nas condições estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação, uniformidade, umidade.

1 INTRODUÇÃO

Um dos mais importantes parâmetros de desempenho de irrigação é a uniformidade de aplicação de água, utilizada para a averiguação deste. O termo uniformidade está associado à variabilidade da lâmina de água ao longo da extensão da superfície do terreno irrigado. Para expressar a uniformidade da lâmina aplicada, são utilizados diferentes coeficientes. O coeficiente de Christiansen (CUC), desenvolvido por Christiansen (1942), foi o primeiro índice proposto, sendo o mais utilizado para quantificação da uniformidade na distribuição da água em irrigação por aspersão convencional. Existe ainda uma outra medida de uniformidade obtida pela razão entre a média dos 25% dos menores valores de lâminas de irrigação e a lâmina média aplicada na superfície do solo, conhecida como coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). Em relação à distribuição da água no solo, sabe-se que quando cessa a chuva ou a irrigação e a reserva de água na superfície do solo se esgota, o movimento de água ao longo do perfil persiste por mais tempo, com a água movendo-se para camadas mais profundas, principalmente sob influência do potencial gravitacional. Esse fenômeno pós-infiltração é denominado de redistribuição e se caracteriza por aumentar a umidade de camadas mais profundas a expensas da água contida nas camadas superficiais,

¹ Acadêmica do curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, bolsista Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e-mail: mari.brescansin@gmail.com;

² Professor do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá;

³ Acadêmico do curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, bolsista CAPES;

⁴ Acadêmico do curso de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, bolsista CAPES.

inicialmente umedecidas (Reichardt, 1996). A aplicação desuniforme de água ao solo cria gradientes de tensões que provocam o movimento da água de pontos de menores tensões para pontos de maiores tensões. Há uma intensa redistribuição e conseqüente uniformização da umidade dentro do solo. Segundo Rezende et al. (1993), para baixas uniformidades de aplicação, em curtos espaços de tempo, a uniformidade da umidade alcança valores altos. Esse trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes aplicações de água na superfície do solo, sobre a uniformidade da umidade, no perfil do mesmo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na área experimental de irrigação do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, no município de Maringá, Paraná. O clima predominante é do tipo Cfa, mesotérmico úmido com chuvas abundantes no verão e inverno seco. O solo da área experimental foi classificado como Nitosolo vermelho eutroférico com horizonte A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia (Embrapa, 1984). O sistema de irrigação por aspersão utilizado para cada nível de uniformidade adotado (cenário) foi composto de cinco linhas laterais adjacentes, com cinco aspersores por linha, funcionando simultaneamente à mesma pressão. A pressão foi ajustada atuando-se em registros de gaveta dispostos no tubo de elevação de cada aspersor. Em cada cenário funcionavam simultaneamente 25 aspersores. Os comprimentos das linhas laterais foram de 54, 78, 78 e 102m, respectivamente, para os quatro espaçamentos entre aspersores, que neste trabalho serão denominados de cenários, de 12 x 12m para o cenário 1 e de 18 x 18m, 18 x 24m e 24 x 24m, para os cenários 2, 3 e 4 respectivamente. Trabalhou-se com estes quatro espaçamentos, com a finalidade de se obter altos e baixos coeficientes de uniformidade de distribuição na superfície do solo, possibilitando a comparação com coeficientes de uniformidade de umidade abaixo da superfície. Em todos os cenários foi aplicada a mesma lâmina bruta de água, em todas as irrigações, igual a 12 mm. Conseqüentemente, foram necessários diferentes tempos de irrigação para cada cenário. Foram utilizados dados referentes a quinze irrigações apenas, uma vez que ocorreram chuvas após as demais. Para verificar as possíveis influências do ambiente, foram caracterizadas as condições ambientais. Foram obtidos dados climáticos de velocidade do vento, medida por meio de um anemômetro de conchas totalizador, instalado a dois metros de altura em relação à superfície do solo e neste caso, as leituras deste instrumento foram feitas a cada 15 minutos durante a realização dos ensaios, para que em cada um deles se obtivesse uma velocidade média. Leituras de umidade relativa, através de um termohigrógrafo e de temperatura, através de um par de termômetros graduados a cada 0,2°C, também foram obtidas. Todos estes dados foram obtidos próximo da área de ensaios, no posto meteorológico do Centro Técnico de Irrigação. Para a obtenção dos dados necessários aos cálculos dos parâmetros estatísticos que caracterizam a distribuição de água do sistema de irrigação, foram medidas as precipitações com o uso de pluviômetros dispostos em malhas de 3 x 3m, nas áreas compreendidas entre os nove aspersores centrais, nos quatro cenários utilizados. Para cada um dos cenários foram realizadas quatro amostragens. Em cada amostragem considerou-se a área compreendida entre quatro aspersores. Em cada cenário, o número de quadrículas de 3 x 3m era diferente. Para os cenários 1, 2, 3 e 4, o número de quadrículas foi de 16, 36, 48 e 64 quadrículas, respectivamente. Os pluviômetros tinham 0,10m de diâmetro, e foram fixados em hastes metálicas, de forma a ficar a uma altura de 0,40m da superfície do solo.

A determinação da uniformidade de distribuição da água abaixo da superfície do solo foi realizada a partir de medidas de umidade obtidas na profundidade de 0,30m, em dois pontos, situados a 0,30m de cada pluviômetro, perfazendo duas repetições. As coletas das amostras de solo foram realizadas antes de se realizar cada uma das irrigações e também vinte e quatro horas após o final das mesmas. A umidade foi determinada pelo método gravimétrico. Para descrever a uniformidade de irrigação e da umidade, foram usados os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) expresso pela equação 1 e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) expresso pela equação 2.

$$CUC = 100 \left[\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_m)^2}{n X_m^2} \right] \quad (1)$$

em que:

- CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;
- n - número de coletores na área entre quatro emissores;
- X_i - lâmina de água coletada no i-ésimo coletor, em mm;
- X_m - valor médio das lâminas de água coletadas, em mm.

$$CUD = \frac{X_{25}}{X_m} \quad (2)$$

em que:

- CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;
- X_{25} - média de 25% do total de pluviômetros, com menores lâminas, em mm.

Os coeficientes de uniformidade de irrigação foram obtidos para cada cenário utilizando as lâminas coletadas. E os coeficientes de uniformidade para as umidades do solo, antes e após cada irrigação, também foram obtidos os coeficientes de CUC, e os CUD, utilizando as equações 1 e 2, respectivamente. Quanto à análise dos dados, os valores de lâminas de água aplicada, umidade do solo, coeficientes de uniformidade, foram comparados entre tratamentos (cenários) por meio de análise de variância e teste de comparação de médias, usando o software estatístico SAS (Statistical Analysis System). Com o propósito de avaliar o atendimento à hipótese assumida para as distribuições dos dados, foram estimados os parâmetros da estatística descritiva, para todos os conjuntos de dados obtidos. O ajuste dos dados à distribuição normal foi avaliado com o uso do teste de Kolmogorov-Smirnov, conforme apresentado por Campos (1983).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os ensaios realizados, as condições climáticas predominantes, válidas para os quatro cenários, foram relativamente estáveis, não sendo possível detectar seus efeitos sobre os coeficientes de uniformidade obtidos. O valor médio da velocidade do vento foi igual a 0,62 m/s, com coeficiente de variação (Cv) de 8,0%. A umidade relativa média foi de 58%, com Cv de 16,4% e a temperatura média foi de 20,6°C, com Cv de 18,6%. A umidade foi determinada antes e depois de cada irrigação, em cada cenário. A

média dos 15 valores obtidos em cada ponto de amostragem foi obtida e as estatísticas descritivas para os mesmos, antes e depois das irrigações, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas para umidade média do solo (%), base massa, antes e após as irrigações, média (\bar{X}), mediana (Md), desvio padrão (s), coeficiente de variação (Cv) e d do teste de Kolmogorov-Smirnov (d).

	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Obs.	64	64	144	144	192	192	256	256
\bar{X}	36,3	41,2	36,1	41,3	36,4	41,0	36,0	39,7
Md	36,8	41,3	36,4	41,3	36,6	41,2	36,3	43,8
S	1,5	0,6	1,8	1,3	1,9	1,9	2,1	10,2
Cv	4,0	1,5	4,9	3,1	5,3	4,7	5,9	25,8
D	0,22	0,08	0,16	0,06	0,09	0,09	0,09	0,19
d crítico(*)	0,17	0,17	0,11	0,11	0,10	0,10	0,08	0,08

(*) Aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Os valores médios de umidade do solo antes das irrigações são semelhantes para os quatro cenários entre si, assim como é observado para umidade média 24 horas após as irrigações. Na medida em que o espaçamento entre aspersores cresce, os valores de Cv para umidade antes e após as irrigações crescem. Para os quatro cenários, o valor de Cv de umidade antes da irrigação fica entre 4,0 e 5,9, o que está relacionado com a variabilidade espacial intrínseca ao solo. No cenário 1, a alta uniformidade expressa por Cv de 1,5% após a irrigação, foi reduzida entre irrigações. Por outro lado, no cenário 4, a baixa uniformidade expressa por Cv de 25,8% após a irrigação, foi modificada no período entre irrigações, uma vez que a umidade neste período se tornou mais uniforme, o que foi expresso pelo Cv de 5,9%. Na Tabela 2 são apresentados os valores médios, para 15 irrigações, dos coeficientes de uniformidade determinados acima (lâmina) e abaixo (umidade antes e depois de cada irrigação) da superfície do solo, para os quatro cenários.

Tabela 2 – Valores médios dos coeficientes de uniformidade determinados para lâmina (CUC_L , CUD_L), e para umidade do solo antes (CUC_{UA} , CUD_{UA}) e depois da irrigação (CUC_{UD} , CUD_{UD}), média (\bar{X}), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (Cv) para os quatro cenários.

Coef.	Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3			Cenário 4		
	\bar{X}	S	Cv	\bar{X}	S	Cv	\bar{X}	s	Cv	\bar{X}	s	Cv
CUC_L	94,1a	0,69	0,7	85,6b	1,39	1,6	65,6c	1,15	1,8	57,9d	0,53	0,9
CUC_{UA}	96,5a	0,49	0,5	96,0b	0,53	0,6	95,8c	0,68	0,7	96,2b	0,60	0,6
CUC_{UD}	96,7a	0,49	0,5	92,4b	0,65	0,7	85,3c	0,77	0,9	75,6d	0,74	0,6
CUD_L	91,0a	1,10	1,2	78,7b	2,18	2,8	46,2c	1,82	3,9	23,6d	0,70	3,0
CUD_{UA}	94,6a	0,34	0,4	92,9c	0,60	0,6	93,3b	0,49	0,5	92,6c	0,68	0,7
CUD_{UD}	94,7a	0,81	0,9	87,9b	1,09	1,2	75,0c	1,19	1,6	60,0d	0,42	0,7

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5%

Analisando-se a tabela acima, todos os valores dos dois coeficientes de uniformidade determinados para umidade do solo, após a aplicação de água e antes da irrigação seguinte, foram superiores aos determinados para lâmina aplicada. Este fato está relacionado com a redistribuição de água no solo e com o consumo diferenciado de água pelas plantas. A redistribuição, ou seja, a tendência da água se movimentar de regiões mais úmidas para aquelas de menor umidade promove, após certo tempo, maior

uniformidade da umidade, em relação à lâmina de água aplicada. Os valores médios de CUC_L diminuem com o aumento do espaçamento entre aspersores, sendo as diferenças entre cenários significativas pelo teste de Tukey, para $\alpha=5\%$. Estes coeficientes confirmam as diferentes qualidades das irrigações, estabelecidas entre cenários. Os valores de CUC e de CUD calculados para umidade do solo antes da irrigação (CUC_{UA} e CUD_{UA}) apresentam pequena variação entre cenários. Suas variações em cada cenário foram pequenas, o que é expresso por valores de coeficientes de variação (Cv) inferiores a 0,7%. Estes dois coeficientes assumem valores elevados, acima de 92% em todos os casos. Embora estatisticamente significativas, as diferenças entre cenários não são importantes em termos práticos. Este fato mostra que a ação conjunta de dois fatores, a redistribuição e o consumo diferenciado de água pelas plantas, conduz à alta uniformidade da umidade do solo, ao longo do tempo, entre duas irrigações sucessivas. A diferença entre os valores de CUC_{UD} e de CUD_{UD} para os quatro cenários, evidencia que as regiões que recebem pouca ou nenhuma água via irrigação, devem receber o aporte de uma certa quantidade de água via redistribuição, de forma a uniformizar a umidade em toda a área.

4 CONCLUSÃO

A uniformidade da umidade do solo, embora dependente da uniformidade da lâmina aplicada, foi consideravelmente maior que esta, nas condições estudadas. A quantidade da irrigação interferiu na uniformidade da umidade do solo.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, H. **Estatística experimental não-paramétrica**. 4 ed. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Matemática e Estatística, 1983. 349p.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 124p. (California Agricultural Experimental Station Bulletin, 670).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Boletim Técnico nº 57**. Curitiba, Embrapa, 1984, 791p.

REICHARDT, K.; **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia, 1996. 513p.

REZENDE, R.; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Desempenho de um sistema de irrigação pivô central quanto à uniformidade de distribuição de água abaixo e acima da superfície do solo. **Engenharia na Agricultura**, v.2, n.19, p.1-7, 1993.