

INFLUÊNCIA DA VAZÃO DO GOTEJADOR E DA INCLINAÇÃO DO SOLO NA GEOMETRIA DO BULBO MOLHADO EM UM LATOSSOLO

J. V. Costa¹, J. A. R. de Souza², D. A. Moreira³, E. L. Silva⁴, T. S. Pires⁵, W. M., Oliveira⁶

RESUMO: Existem diversos estudos sobre as dimensões do bulbo molhado associando vazões, tempos de aplicação e tipos de solo, todavia são escassos os estudos quanto ao comportamento em terrenos com diferentes declividades. Neste trabalho objetivou-se determinar a influência da vazão e inclinação do solo nas dimensões do bulbo molhado formado em um latossolo. O sistema de irrigação utilizou gotejadores autocompensantes com vazões de 4, 5 e 8 L h⁻¹, simulando a irrigação da cultura do tomate em terrenos com inclinações de 0, 10, 20 e 30%. Decorrido uma hora de aplicação da lâmina de irrigação, amostras de solo foram coletadas de modo a cobrir todo o perfil do bulbo molhado, com espaçamentos de 10 cm na horizontal (superfície) e 15 cm na vertical (profundidade), sendo acondicionadas e caixa térmica e conduzidas ao laboratório para determinação da umidade pelo método gravimétrico. De acordo com os resultados obtidos pôde-se concluir que a inclinação do terreno afetou a geometria do bulbo molhado no solo, sendo que incrementos na inclinação do terreno proporcionaram maiores tendência de deslocamento da frente de molhamento do bulbo no sentido da declividade; incrementos nas vazões do emissor resultaram em maior migração radial da água na superfície do solo, formando bulbos mais abertos. Por outro lado, incrementos na vazão e a inclinação resultaram em menores valores de profundidade alcançados pela água. Para as condições de estudo, as diferentes inclinações do terreno e vazões dos gotejadores influenciaram a geometria do bulbo molhado e a distribuição de umidade na sua região, evidenciando a importância do relevo no posicionamento dos emissores na irrigação por gotejamento.

PALAVRAS-CHAVE: distribuição da umidade, gotejamento, declividade

INFLUENCE OF FLOW OF DRIPPER AND SLOPE SOIL IN THE WET BULB

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Agrícola, IFGoiano Campus Urutaí – GO, e-mail: joavictor0796@hotmail.com

² Doutor em Eng. Agrícola, Professor IFGoiano Campus Urutaí – GO

³ Doutora em Eng. Agrícola, Professora IFGoiano Campus Urutaí – GO

⁴ Acadêmico do curso de Engenharia Agrícola, IFGoiano Campus Urutaí – GO

⁵ Acadêmico do curso de Engenharia Agrícola, IFGoiano Campus Urutaí – GO

⁶ Acadêmico do curso de Engenharia Agrícola, IFGoiano Campus Urutaí – GO

GEOMETRY ON A LATOSOL

ABSTRACT: There are several studies on the dimensions of the wet bulb associated with flow rates, times of application and types of soil, however, there are few studies regarding the behavior on land with different slopes. In this study aimed to determine the influence of flow rate of emitter and terrain slope in the geometry dimensions of the wet bulb on a latosol. The irrigation system used self-compensating drippers with flow rates of 4, 5 and 8 L h⁻¹, simulating the irrigation of the tomato crop in terrain with slopes of 0, 10, 20 and 30%. After one hour of application of the irrigation doses, soil samples were collected to cover the entire profile of the wet bulb, spaced 10 cm horizontally (surface) and 15 cm vertically (depth), being conditioned and thermal box and conducted to the laboratory to determine moisture by the gravimetric method. According to the results obtained it was concluded that the field gradient affect the geometry of the wetted soil, and increases in the slope provided higher tendency of displacement front of the bulb towards the wetting slope; Increases in the flow rate of the emitter resulted in greater radial migration of the water at the soil surface, forming more open bulbs. On the other hand, increases in flow and slope resulted in lower values of depth reached by water. For the study conditions, the different terrain slopes and dripper flow rates influenced the geometry of the wet bulb and the distribution of humidity in its region, evidencing the importance of the relief in the positioning of the emitters in the drip irrigation.

KEY WORDS: moisture distribution, drip, slope

INTRODUÇÃO

O incremento de áreas irrigadas observado nos últimos anos em todo o mundo de modo contínuo, sobretudo em regiões onde há uma má distribuição das chuvas, bem como o decréscimo na disponibilidade de água para irrigação, torna necessário a utilização de técnicas que contribuam com o uso eficiente de água na produção vegetal (SANTOS et al., 2015). Neste aspecto, a irrigação localizada, pelas suas características inerentes de alta uniformidade de aplicação de água e manutenção contínua de ótimos teores de umidade no solo próximo ao sistema radicular, tem sido o sistema mais utilizado.

Trata-se de uma técnica em que ocorre a aplicação de água ao solo em pequenas quantidades e com alta frequência, diretamente sobre a região radicular das culturas, de maneira

que a umidade do solo nessa região (bulbo úmido) seja mantida próxima ao limite superior da faixa de capacidade de armazenamento de água pelo solo.

Segundo Maia & Levien (2010), informações sobre a geometria do bulbo, são de grande importância para o dimensionamento e manejo da irrigação, principalmente na estimativa do volume de solo molhado, tempo de aplicação de água e vazão do emissor.

O conhecimento da forma e do tamanho do volume molhado do solo é um aspecto importante a considerar para otimizar o uso da água, evitando percolação profunda. A avaliação da forma e do tamanho do volume molhado permite definir aspectos importantes, tais como lâmina e frequência de irrigação, número de gotejadores e dimensionamento hidráulico, como também no manejo da irrigação.

Para um bom dimensionamento da irrigação por gotejamento são necessárias informações a respeito da distribuição da água sob uma fonte gotejadora em diferentes vazões do emissor e para diferentes volumes de água aplicada. Também é necessário conhecer como essa distribuição da água é afetada pelas propriedades físico-hídricas do solo. Dessa forma, é possível dimensionar o sistema de irrigação de modo a molhar um volume suficiente do solo que assegure que o requerimento de água pelas plantas seja atendido, e que este volume de solo esteja altamente relacionado com a distribuição do sistema radicular da cultura.

Na literatura pertinente, existem diversos estudos sobre as dimensões do bulbo molhado associando vazões, tempos de aplicação e tipos de solo, todavia são escassos os estudos quanto ao comportamento em terrenos com diferentes declividades. Neste trabalho objetivou-se determinar a influência da vazão e inclinação do solo nas dimensões do bulbo molhado formado em um latossolo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, em Urutaí, estado de Goiás, Brasil, localizado a 17°29'6"S, 48°12'27"O e altitude de 712 metros, no período de fevereiro a julho de 2014. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado como úmido tropical com inverno seco e verão chuvoso, com precipitação e temperatura médias, anuais, de 2000 mm e 28 °C, respectivamente.

O sistema de irrigação localizado que captava água do córrego Palmital e contava com gotejadores autocompensantes de 4, 5 e 8 L.h⁻¹ foi montado de forma a permitir o posicionamento das linhas de emissão, cada qual com três gotejadores, sobre as diferentes inclinações estudadas, sendo elas: 0, 10, 20 e 30%; valores que correspondem em graus a 0,

5,71, 11,31 e 16,7°, respectivamente. Onde as linhas de emissão foram montadas perpendicularmente ao sentido da declividade.

O tempo de funcionamento do sistema em cada aplicação foi baseado na cultura do tomate, estágio final, com coeficiente de cultivo no valor de 1,10, conforme recomendado por Santana et al. (2011), considerando a reposição de uma taxa de evapotranspiração média de 5,40 mm.dia⁻¹ (BERNARDO et al., 2006), turno de rega de dois dias, porcentagem da área molhada de 40% (KELLER & BLISNER, 1990) e espaçamento da cultura de 1x0,4m (MACEDO et al., 2005). Assim, os tempos de irrigação para as vazões de 4, 5 e 8 L.h⁻¹ foram respectivamente de 32, 26 e 16 minutos, totalizando em cada aplicação um volume de 2,17 L.

Para determinação da umidade do solo após as aplicações, amostras de solo deformadas foram retiradas, uma hora depois do término da aplicação, com um trado holandês. Esta amostragem foi realizada de forma a cobrir todo o perfil do bulbo molhado, tanto no plano horizontal (superfície) como no vertical (profundidade), formando-se uma malha quadriculada. Assim, no plano horizontal adotou-se um espaçamento de 10 cm e no vertical um espaçamento de 15 cm, tendo-se como referência o ponto de emissão do gotejador.

Após a retirada, as amostras foram acondicionadas em cápsulas metálicas de 113 cm³ com tampa para evitar a evaporação da água e conduzidas ao Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas, do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí. No laboratório as amostras úmidas foram pesadas e secas em estufa a 105 °C até atingirem massa constante e, depois de secas, pesadas novamente. Com isso, determinou-se a umidade de cada amostra dividindo-se a massa de água inicial pela massa de solo úmido inicial e multiplicando-se o valor por 100 para obtenção da umidade base úmida em porcentagem.

Com os valores de umidade, foram geradas as representações gráficas dos bulbos molhados com vistas na superfície do solo, ao longo da linha de emissão e perpendicularmente à linha de emissão.

Na Tabela 1 está apresentado os parâmetros físicos do solo estudado, obtidos conforme metodologia sugerida pela Embrapa (1997).

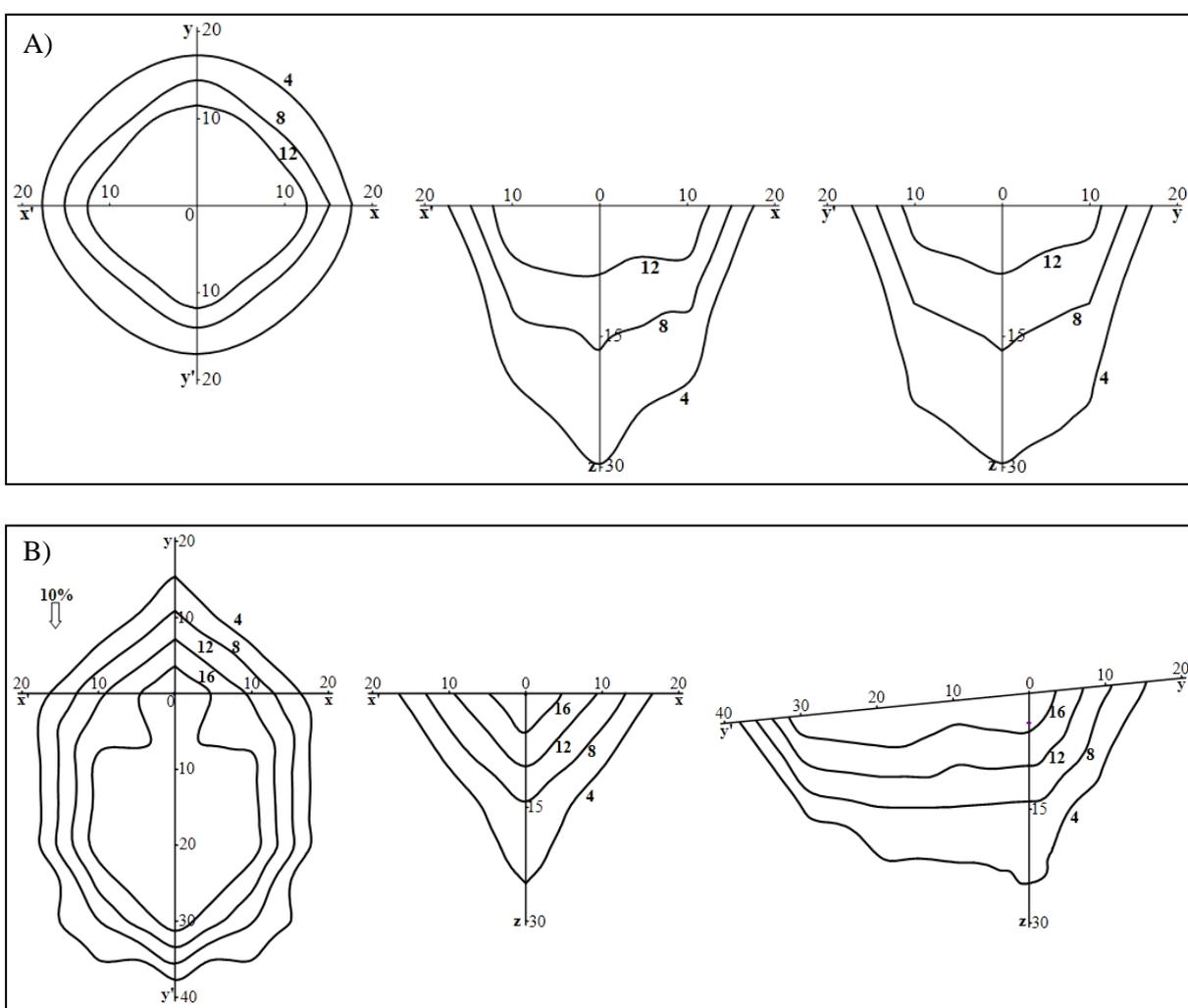
Tabela 1. Massa específica do solo (ρ_s), Porosidade total (N) e Classe textural para diferentes profundidades do solo.

Profundidade	ρ_s	N	Areia	Silte	Argila	Classe textural
cm	g.cm ⁻³	cm ³ .cm ⁻³	-----g kg ⁻¹ -----			
0-5	1,40	0,45	613	189	198	Franco arenoso
5-15	1,33	0,49	577	187	236	Franco
15-30	1,30	0,49	563	162	275	Franco

30-45	1,25	0,51	536	113	351	Franco argiloso
45-60	1,24	0,55	518	120	362	Franco argiloso
60-75	1,34	0,50	535	133	332	Franco argiloso

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 estão apresentadas as isolinhas de umidade dos bulbos molhados formados pela vazão de 4 L.h^{-1} em todas as inclinações estudadas e tomando como referência a linha de emissão do gotejador.



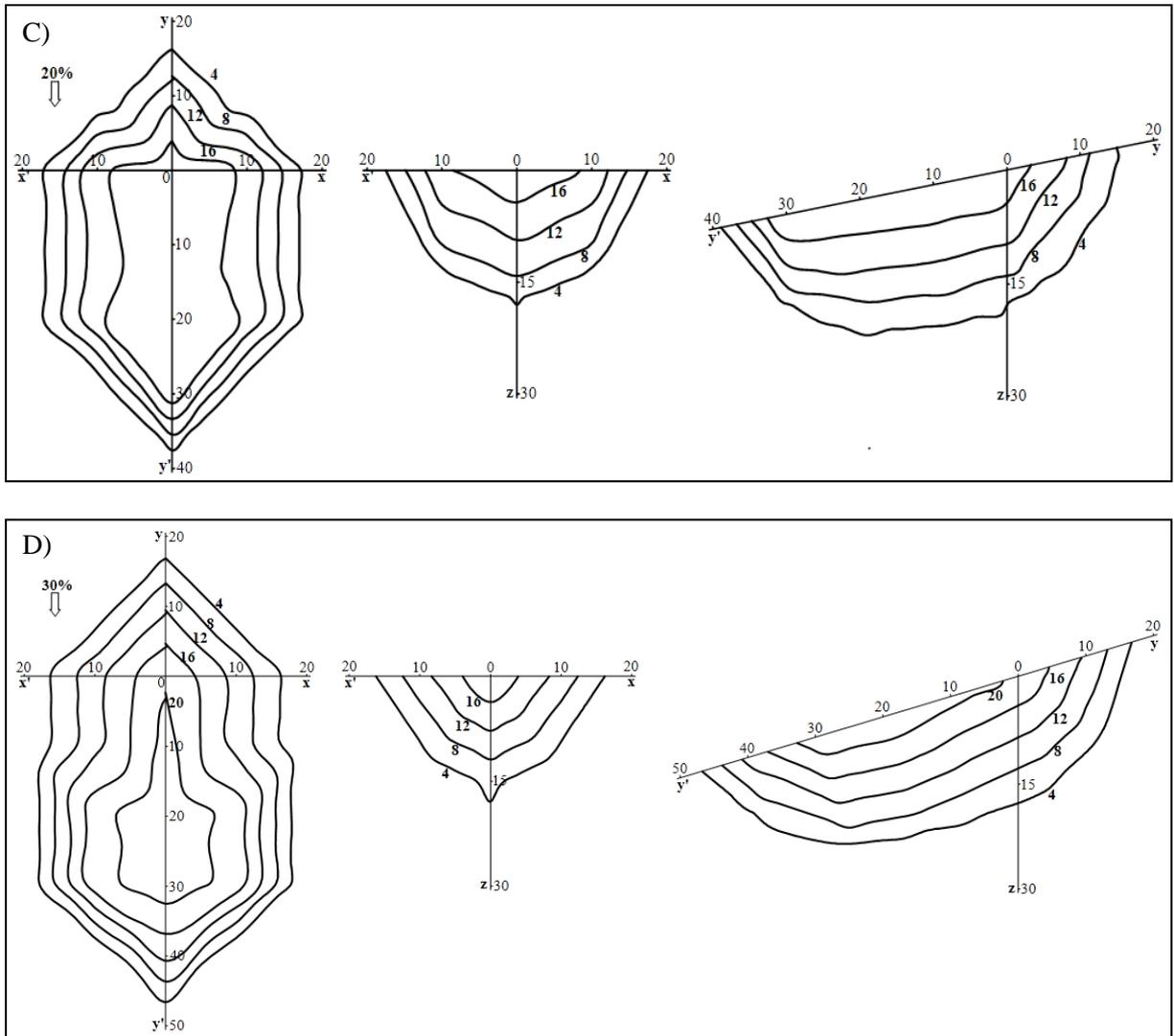


Figura 1. Isolinh de umidade, em porcentagem base úmida, mostrando a distribuição de água pelo bulbo molhado na superfície do solo (plano x-y), ao longo da linha de emissão (plano x-z) e perpendicularmente à linha de emissão (plano y-z) para a vazão de 4 L.h^{-1} nas inclinações de: A) 0%, B) 10%, C) 20% e D) 30%. Onde os eixos estão cotados em centímetros e z a profundidade.

A seguir, Figura 2 mostrando as isolinh de umidade dos bulbos molhados formados pela vazão de 5 L.h^{-1} em todas as inclinações estudadas e tomando como referência a linha de emissão do gotejador.

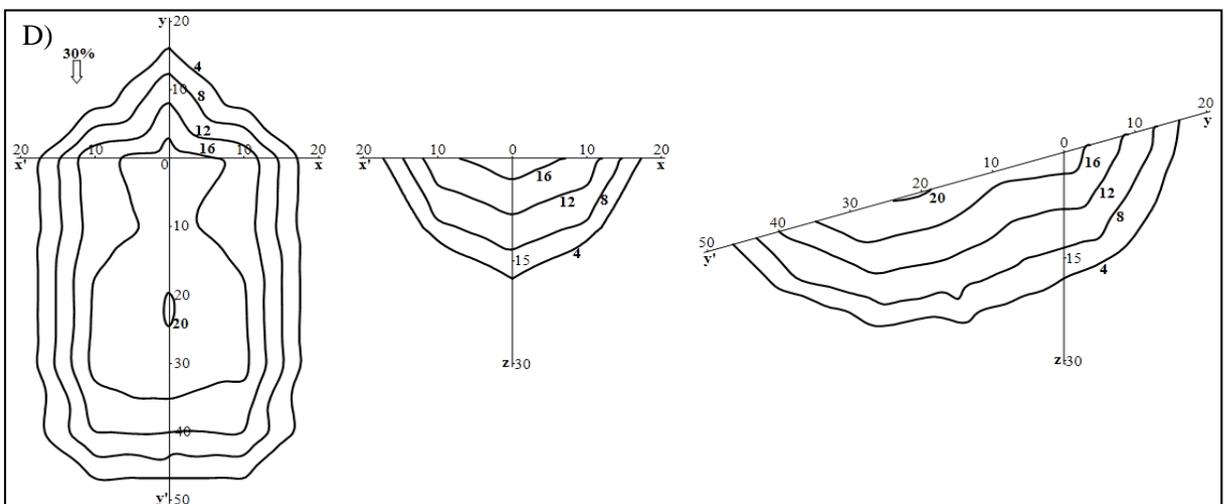
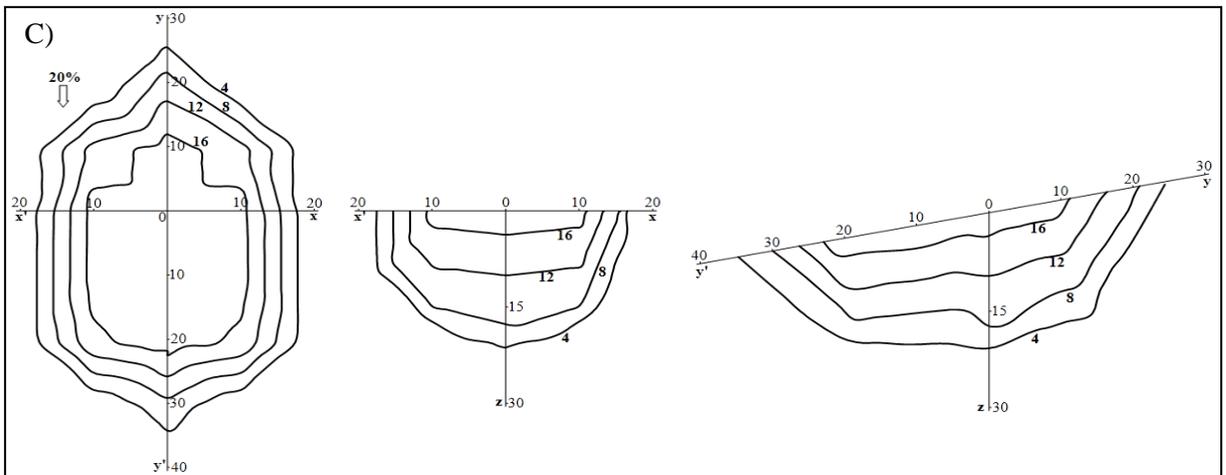
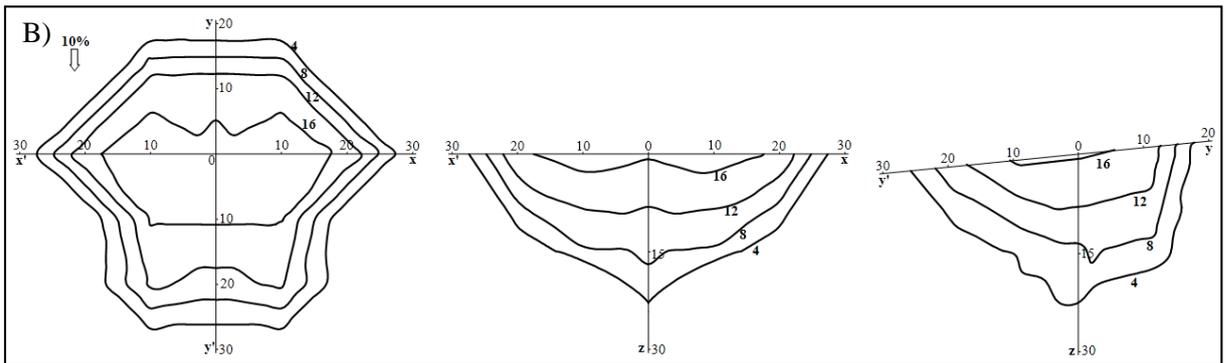
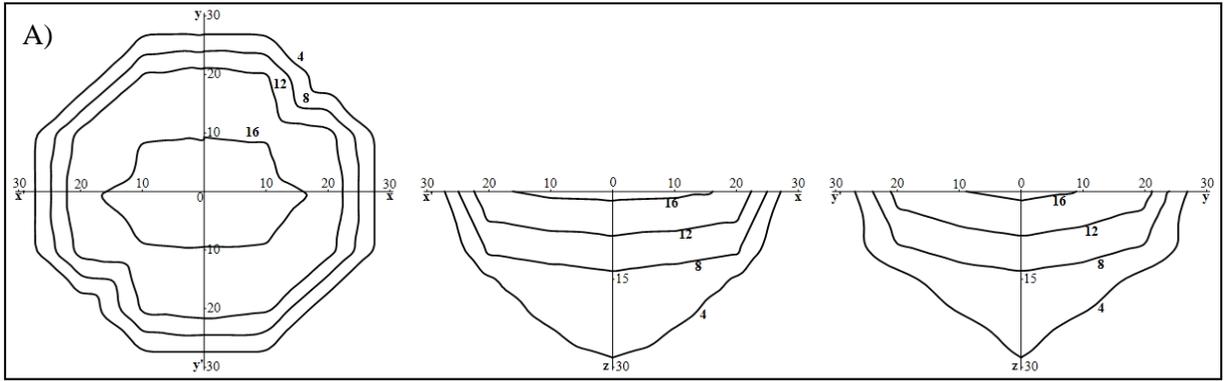
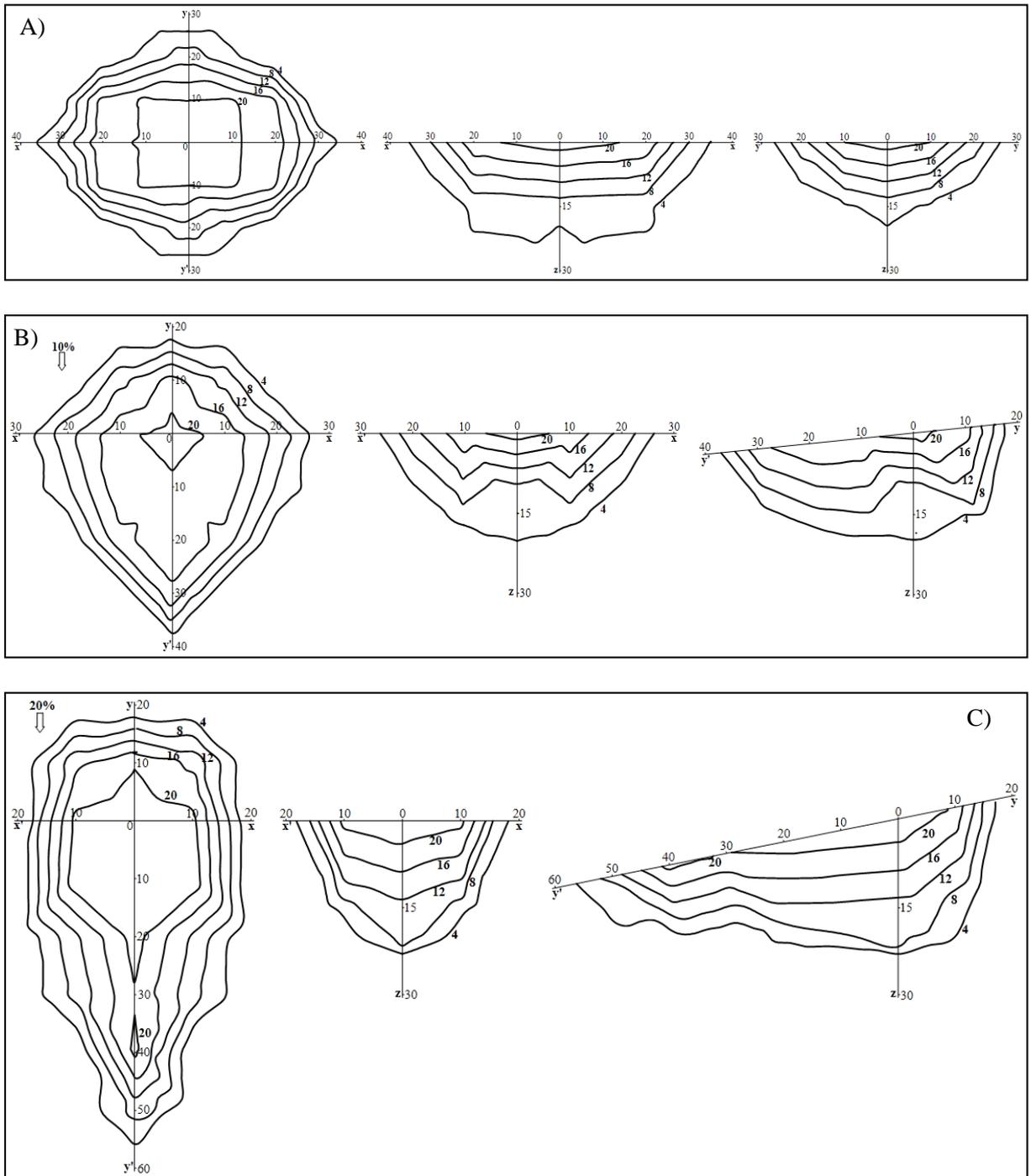


Figura 2. Isolinhas de umidade, em porcentagem base úmida, mostrando a distribuição de água pelo bulbo molhado na superfície do solo (plano x-y), ao longo da linha de emissão (plano x-z) e perpendicularmente à linha de emissão (plano y-z) para a vazão de 5 L.h⁻¹ nas inclinações de: A) 0%, B) 10%, C) 20% e D) 30%. Onde os eixos estão cotados em centímetros e z a profundidade.

A seguir, Figura 3 mostrando as isolinhas de umidade dos bulbos molhados formados pela vazão de 8 L.h⁻¹ em todas as inclinações estudadas e tomando como referência a linha de emissão do gotejador.



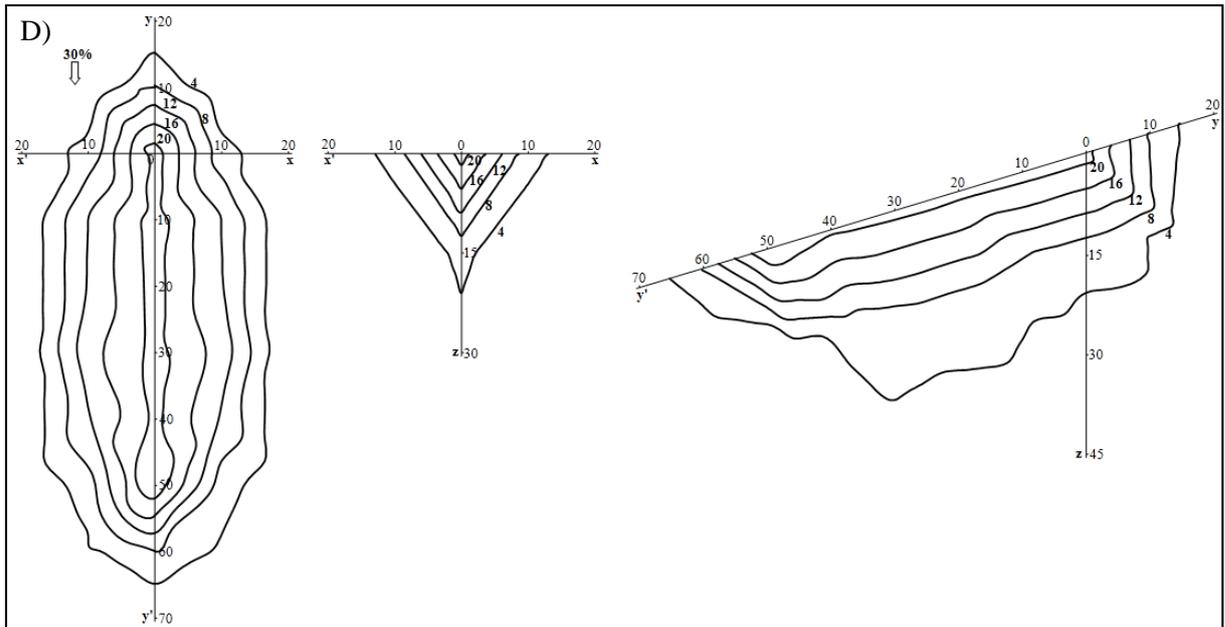


Figura 3. Isolinhas de umidade, em porcentagem base úmida, mostrando a distribuição de água pelo bulbo molhado na superfície do solo (plano x-y), ao longo da linha de emissão (plano x-z) e perpendicularmente à linha de emissão (plano y-z) para a vazão de 8 L.h^{-1} nas inclinações de: A) 0%, B) 10%, C) 20% e D) 30%. Onde os eixos estão cotados em centímetros e z a profundidade.

Pelas Figuras 1, 2 e 3 observa-se que a inclinação afetou o comportamento da distribuição de água no solo, sendo que, quanto maior a inclinação do terreno maior a tendência de deslocamento da frente de molhamento do bulbo no sentido da declividade. Onde, Barreto et al. (2008) fazendo a avaliação do bulbo úmido por múltiplos cortes em trincheira também notaram a tendência de desenvolvimento da região úmida seguindo o declive do terreno. Em que as vazões também influenciaram, vazões maiores fizeram com que a umidade migrasse radialmente, na superfície do solo, com maior facilidade para a periferia, formando bulbos mais abertos. Por outro lado, quanto maior a vazão e a inclinação, menores foram os valores de profundidade alcançados pela água, o que pode ser explicado devido ao fato de a água tender a se deslocar na superfície do solo antes de começar o processo de infiltração-percolação. Os valores das isolinhas de umidade variaram de 20 a 4%, onde as maiores porcentagens se concentraram próximo aos pontos de emissão, salvo nas Figuras 1D e 2D.

Analisando as Figuras 1A e 2A, tem-se que o raio do bulbo foi inferior a sua profundidade, fato também observado por Souza et al. (2007). Com relação a isto, Hachum et al. (1976), citado por Rivera (2004), indicam que a força da gravidade tem um efeito limitado em solos argilosos e francos, onde as forças capilares dominam os efeitos sobre o fluxo de água, fazendo com que nestes solos os movimentos de água na direção radial e na direção vertical

sejam aproximadamente iguais. Já em solos arenosos, como o estudado nesta pesquisa, predominaria o movimento vertical. Hipótese que não se concretizou na inclinação de 0% e vazão de $8\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ (Figura 3A), onde houve o predomínio radial sobre o vertical. Semelhante ao observado por Maia et al. (2010), onde os autores salientam que a taxa de aplicação de alguns emissores pode ser superior a capacidade de infiltração de água no solo, o que, conseqüentemente, tenderá a formar bulbos com maior largura superficial e menor profundidade, resultado que também está em concordância com experimentos realizados por Souza & Matsura (2010). Outro fator importante, ao decorrer do teste de campo, percebeu-se a formação de uma fina crosta embaixo do gotejador, que pode estar relacionado à maior vazão de aplicação, possivelmente pela dispersão de partículas durante a aplicação da lâmina, ocasionando a redução da porosidade e, conseqüentemente, a condutividade hidráulica do solo, indo de encontro a resultados obtidos por Rivera (2004) e Lafolie et al. (1989).

Na Figura 1A observa-se que a distância radial alcançada pelo bulbo molhado na superfície foi de 18 cm, sendo que Rivera (2004) e Nogueira et al. (2000) fazendo aplicação de água via gotejamento superficial observaram valores radiais de 35 cm e 25 cm, simultaneamente. Diferença devido ao volume aplicado e ao tempo de espera para coleta das amostras, 2,17 L e 1 h nesta pesquisa contra 6 L, 4,33 L e 24 h naquelas. Ainda na mesma figura, a profundidade máxima alcançada foi de 30 cm, enquanto que, Barros et al. (2009) aplicando um volume de 3 L de água via irrigação por gotejamento superficial com um emissor de vazão $4\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ em um Nitossolo Vermelho obteve como profundidade o valor de 18 cm, contraste causado, provavelmente, ao maior teor de argila nesse tipo de solo.

Maia et al. (2010) estudando as dimensões do bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial fazendo a aplicação de água em quatro tempos diferentes (1, 2, 4 e 7 h) dentro de quatro vazões distintas (1, 2, 4 e $8\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$) em um Neossolo Quartzarênico observaram que o diâmetro máximo do bulbo na superfície foi inferior a 60 cm no tempo de 1 h de aplicação. Resultados que se opõem aos obtidos nesta pesquisa, pois, todos os tempos de aplicação foram menores que 1 h (16, 26 e 32 min) e, em todas as inclinações de 30%, por exemplo, observou-se um diâmetro superficial superior a 60 cm. Diferença que pode ser explicada pela topografia do local da experimentação, enquanto naquele o terreno era plano, neste havia as inclinações. Evidenciando a importância da declividade nas dimensões do bulbo molhado.

A maior profundidade alcançada pela água nas aplicações ocorreu na vazão de $4\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ e inclinação de 0% (figura 1A), chegando ao valor de 30 cm. Sendo que, de acordo com Santana et al. (2011), a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura do tomate é, de modo geral, de 40 cm. Concluindo que mesmo na aplicação que alcançou profundidade maior, 30 cm, não

haveria, caso a cultura do tomate estivesse implantada, perda de água por percolação profunda.

CONCLUSÕES

Para as condições de estudo, conclui-se que a inclinação do terreno afetou a geometria do bulbo molhado no solo, sendo que incrementos na inclinação do terreno proporcionaram maiores tendência de deslocamento da frente de molhamento do bulbo no sentido da declividade; incrementos nas vazões do emissor resultaram em maior migração radial da água na superfície do solo, formando bulbos mais abertos. Por outro lado, incrementos na vazão e a inclinação resultaram em menores valores de profundidade alcançados pela água. Para as condições de estudo, as diferentes inclinações do terreno e vazões dos gotejadores influenciaram a geometria do bulbo molhado e a distribuição de umidade na sua região, evidenciando a importância do relevo no posicionamento dos emissores na irrigação por gotejamento.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, C. V. G.; SAKAI, E.; PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B. Técnica de avaliação de bulbo úmido por múltiplos cortes em trincheira. *Irriga*, v. 13, n. 2, p. 160-169, abril-junho, 2008.
- BARROS, A. C.; FOLEGATTI, M. V.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. L. Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 6, p. 700-707, 2009.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8 ed. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 2006. 625 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: AVI Book, 1990. 640p.
- LAFOLIE, F.; GUENNELON, R.; VAN GENUTCHEN, M. Th. Analysis of water flow under trickle irrigation: I Theory and numerical solution. *Soil Science Society American Journal*, n. 53, p. 1310-1318, 1989.

MACEDO, J. R.; CAPACHE, C. L.; MELO, A. S.; BHERING, S. B. Recomendações técnicas para a produção do Tomate Ecologicamente cultivado – TOMATEC. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2005. 10p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 33).

MAIA, C. E.; LEVIEN, S. L. A.; MEDEIROS, J. F.; DANTAS NETO, J. Dimensões de bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 1, p. 149-158, jan-mar, 2010.

NOGUEIRA, C. C. P.; COELHO, E. F.; LEÃO, M. C. S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 3, p. 315-320, 2000.

RIVERA, R. N. C. Modelagem da dinâmica da água e do potássio na irrigação por gotejamento superficial. 2004. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

SANTANA, M. J.; PEREIRA, U. C.; BEIRIGO, J. D. C.; SOUZA, S. S.; CAMPOS, T. L.; VIEIRA, T. A. Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. Irriga, v. 16, n.1, p. 11-20, jan-mar, 2011.

SANTOS, F. L. V.; DELMOND, J. G.; VIDAL, V. M. et al. Dimensões de bulbo molhado em sistema de irrigação por gotejamento. WRIM, v.4, n.1-3, 2015