

MODELAGEM DO GRADIENTE DE ENERGIA PARA AVALIAR A PERFORMANCE DE LINHAS LATERAIS EM MICRORRIGAÇÃO

Laís Barreto Franco¹, Uriel Calisto Moura Pessôa², Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida³,
João Audifax Cezar de Albuquerque Filho⁴, Gustavo Barreto Franco⁵,
Martiliana Mayani Freire⁶

RESUMO: A irrigação quando bem utilizada passa a ser um instrumento muito eficaz para o aumento da produtividade das culturas. Diante disso, o manejo da mesma consiste em aplicar a quantidade de água correta no momento certo. Este trabalho tem como objetivo, simular por meio de modelos matemáticos, o comportamento hidráulico do gradiente de pressão de dois tipos de microaspersores fabricados pela Naandanjain, ao longo da linha lateral em nível, utilizando dados obtidos do catálogo do fabricante. A uniformidade de distribuição foi avaliada pelas equações propostas para uniformidade de emissão (UE) e uniformidade de emissão absoluta (EUa). Os resultados das simulações matemáticas para dois diferentes bocais da Naandanjain (black e orange) na linha lateral refletem um gradiente de pressão (H_i) e a vazão (q_i) com comportamento semelhante, logo, se a pressão do sistema for afetada por algum entupimento ou inclinação na lateral, conseqüentemente, a vazão também será afetada. A UE e EUa para a pressão e vazão foram classificadas como excelente para ambos os bocais, e neste sistema, a uniformidade de aplicação de água ao longo da linha lateral está intimamente relacionada com a variação de pressão e vazão dos emissores.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação localizada; coeficiente de uniformidade; vazão-pressão.

ENERGY GRADIENT MODELING TO EVALUATE THE PERFORMANCE OF LATERAL LINES IN MICRORRIGATION

¹ Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP 52171-900, Recife, PE. Fone (73) 991221138. E-mail: laisfranco.agro@yahoo.com.br.

² Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

³ Profª. Doutora, Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas, UFRPE, Recife, PE

⁴ Prof. Doutor, Departamento de Tecnologia Rural, UFRPE, Recife, PE.

⁵ Prof. Doutor, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, UNEB, Salvador, BA.

⁶ Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

ABSTRACT: Irrigation when well used becomes a very effective instrument for increasing crop productivity. Thus, the irrigation management consists of the application of the right amount of water at the right time. The objective of this work is to simulate the hydraulic behavior of the pressure gradient of two types of micro sprinklers manufactured by Naandanjain along the lateral line using data obtained from the manufacturer's catalog. The distribution uniformity was evaluated by the equations proposed for emission uniformity (UE) and absolute emission uniformity (EUa), indicated to analyze the efficiency of the water distribution by the irrigation system. The results of the mathematical simulation for two nozzles manufactured by Naandanjain (black and orange) on the lateral line reflect a pressure gradient (H_i) and the flow (q_i) with similar behavior, so if the system pressure is affected by some clogging or the design is not at level, the flow rate will also be affected. The emission uniformity coefficient for the pressure and flow was classified as excellent for both nozzles, and in this system, the water application uniformity along the lateral line is closely related to the pressure and emitters flow variation.

KEYWORDS: microirrigation; uniformity coefficient; pressure-flow.

INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de água, devido ao crescimento populacional e atividades produtivas, contribuiu para escassez desse recurso natural em muitas regiões do mundo, que modificou hábitos, especialmente na agricultura irrigada. Diante disso, a otimização dos sistemas de irrigação aliada ao planejamento da agricultura irrigada tornou-se indispensável, no sentido de compatibilizar os vários usos da água, monitorando a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos (SILVA et al., 2016; PAZ et al., 2000). Nesse contexto, a irrigação localizada é o método que permite aplicar água diretamente ao solo e próximo ao sistema radicular, em alta frequência e pequena intensidade, contribuindo para a economia de água, o que resulta em maior eficiência de aplicação (SANTANA et al., 2004).

A verificação de parâmetros como, vazão e volume total de água disponível durante o ciclo da cultura, possuem importância na agricultura irrigada, sobretudo, quando relacionados à uniformidade de distribuição de água (LEVIEN & FIGUEIRÊDO, 2013). A irrigação localizada acaba reduzindo perdas, tanto por evaporação, quanto por percolação, em função do menor umedecimento de volume de solo, em comparação com outros sistemas (RIBEIRO et al., 2010). A microaspersão é um sistema intermediário entre a aspersão convencional e o

gotejamento, funcionando com vazões de emissores variando de 20 a 150 L h⁻¹, sendo maiores do que as dos gotejadores 1 a 20 L h⁻¹ (DANTAS et al., 1997).

De acordo com Botrel (1984), a relação entre vazão e pressão na entrada do microaspersor, a perda de carga localizada na inserção da linha lateral, o alcance do jato, o diâmetro e a forma dos bocais constituem as principais características hidráulicas do microaspersor. Sendo assim, a utilização de equações explícitas que dimensionam hidráulicamente os sistemas de irrigação têm sido estudados com a finalidade de simplificar os cálculos e comparar metodologias que sejam mais adequadas para condições de ensaios hidráulicos (SOUSA & DANTAS NETO, 2014).

O dimensionamento de linhas laterais de microaspersão deve seguir critérios que possibilitem alta uniformidade de distribuição de água. Para os emissores não compensados de pressão, a uniformidade de vazão ao longo da linha lateral depende da variação de pressão decorrente da perda de carga na tubulação (CARDOSO & FRIZZONE, 2007). Usualmente, os diâmetros nominais das tubulações de polietileno, para dimensionamento de linhas laterais são de 13, 16, 20, 26, 32 ou 40 mm, considerados diâmetros pequenos (GOMES 1999; SOUSA & DANTAS NETO, 2014). Diante do exposto, objetivou-se simular por meio de modelos matemáticos o dimensionamento da linha lateral instalada em nível com microaspersores, como alternativa para o conhecimento do desempenho de distribuição de pressão ao longo da mesma.

MATERIAL E MÉTODOS

O gradiente de energia para avaliar o desempenho da linha lateral, neste estudo, foi dimensionado a partir de simulações matemáticas para os emissores fabricados pela Naandanjain, bocais Black com diâmetro de 0,64 mm e vazão média de 24,5 L h⁻¹, e Orange, com diâmetro de 1,5 mm e vazão de 33,17 L h⁻¹. O conjunto dos dados iniciais para o desenvolvimento do trabalho foi oriundo do catálogo técnico fornecido pelo fabricante dos microaspersores (Tabela 1). A linha lateral simulada tem como características ser de polietileno, com diâmetro nominal de 13 mm, em condição de tubo liso, com comprimento máximo ajustado para pressão de 7 e 10 mca para os bocais Black e Orange, respectivamente. O critério de uniformidade considerado foi de 10% para variação de pressão ao longo da linha lateral.

Tabela 1. Dados utilizados para simular a distribuição de energia na linha lateral

Bocais	Pressão de serviço (P.S.)	Número de microaspersores (N)	Espaçamento (S)	Temperatura da água (T)	m*	Diâmetro (m)
Black	20 mca	20	3,3 m	20 °C	1,75	0,013
Orange		19				

* Expoente da equação de perda de carga.

Para processamento dos dados desenvolveu-se um programa em linguagem MATLAB®, (versão R2007b licença 347698 Classroom UFRPE), que fornece o comprimento máximo da linha lateral, com base nas equações propostas por Denículi e Ramos (1992), em função da perda de carga admissível, levando-se em consideração certos critérios de uniformidade, da perda de carga contínua, do fator de correção de perda de carga apresentado por Wu e Gitlin (1975), da vazão nominal do emissor operando na pressão de serviço de 20 mca, do espaçamento, das características hidráulicas do emissor e do diâmetro interno da tubulação de polietileno. Denículi e Ramos (1992) salientam que as perdas de carga acidentais podem ser negligenciadas, em face de seu pequeno valor diante da perda de carga contínua.

A modelagem do programa é alicerçada em bases teóricas apresentados por Detomini e Frizzone (2008). Assim, para o cálculo do comprimento da linha lateral (L) o programa se baseia na eq. (1), formulada pela combinação da equação de perda de carga de Darcy-Weisbach, com a equação de Blasius, para tubos lisos, e as adaptações para os distintos coeficientes (C) e (m) propostos por Sousa e Dantas Neto (2014), que é função do número de Reynolds e o diâmetro interno da tubulação (Di), bem como combinada com a eq. (2), para estimativa da perda de carga admissível na linha lateral em nível (h'_f), o fator de correção (F) modificado na eq. (3) e, por fim, a descarga total, estimada pela descarga nominal do emissor (q) e o comprimento (L), eq. (4).

$$h'_f = \frac{8 \cdot C}{\pi^{(2-m)} \cdot 9,81} \cdot \left(\frac{4}{v}\right)^{(2-m)} \cdot \left(\frac{q}{S_e}\right)^{(2-m)} \cdot D_i^{-(5-m)} \cdot L^{(3-m)} \cdot F \quad (1)$$

$$h'_f = dH = \frac{dq}{q} \frac{PS}{x} \quad (2)$$

$$F = \frac{1}{3-m} \quad (3)$$

$$Q = \frac{q \cdot L}{S_e} \quad (4)$$

Em que:

h'_f - perda de carga admissível na linha lateral de múltiplas saídas (mca); L - comprimento da linha lateral (m);

dq - variação de vazão ($L h^{-1}$);

q - vazão nominal ($L h^{-1}$);

dH - variação de pressão nos extremos da linha lateral, ou seja, a diferença entre a pressão máxima e a mínima (mca);

PS - pressão de serviço (mca);

x - expoente de descarga do emissor;

ν - viscosidade cinemática da água ($m^2 s^{-1}$), foi considerada $1,01 \times 10^{-6} m^2 s^{-1}$ para temperatura a $20^\circ C$.

Finalmente, calculado o valor do comprimento (L), devidamente ajustado e múltiplo do espaçamento entre emissores (Se), o comprimento relativo do ponto de inserção de cada emissor em relação ao início da lateral (CR_i) pode ser encontrado através da eq. (5), e posteriormente substituído na equação proposta por Wu e Gitlin (1975) resulta na eq. (6), para simulação da linha do gradiente de energia, representado pelo vetor (H_i), ao longo da tubulação lateral. Por conseguinte, calcula-se o vetor (q_i), que representa a linha de distribuição de vazão dos emissores ao longo da tubulação lateral, sendo estimado pela equação vazão-pressão do microaspersor selecionado para este estudo eq. (7).

$$CR_i = \frac{i \cdot Se}{L} \quad (5)$$

$$H_i = H - [1 - (1 - CR_i)^{m+1}] \cdot h'_f \quad (6)$$

$$q_i = K \cdot H_i^x \quad (7)$$

Em que:

Se - espaçamento entre emissores (m);

q_i - vazão ($L h^{-1}$);

H - pressão máxima na entrada da lateral (mca);

m - expoente da vazão da equação de perda de carga em uso (Darcy-Weisbach);

K - coeficiente de descarga da equação vazão pressão do emissor ($L h^{-1} mca$);

x - expoente de descarga que caracteriza o regime de fluxo do emissor. Para o microaspersor selecionado, neste estudo, regime turbulento $x = 0,5324$.

A uniformidade de distribuição, foi avaliada, pela eq. (8) proposta por Favetta & Botrel (2001), para uniformidade de emissão (UE) e uniformidade de emissão absoluta (EUa), indicadas para avaliação da eficiência da distribuição de água pelo sistema de irrigação (Tabela 2).

$$CU_s = 100 (1 - CV_q) = 100 \left(1 - \frac{S_q}{\bar{q}} \right) \quad (8)$$

Em que:

CU_s – coeficiente de uniformidade estatística (%);

CV_q – coeficiente de variação da vazão do emissor;

S_q – desvio padrão da vazão do emissor (L h⁻¹);

\bar{q} – média das vazões (L h⁻¹).

Tabela 2. Critérios para classificação da UE e EUa.

UE e EUa (%)	Classificação
≥ 90	Excelente
80 - 90	Bom
70 - 80	Regular
< 70	Ruim

Fonte: Favetta (2001)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo da linha lateral foi verificada variação de pressão para o bocal Black de 22,08 a 19,08mca (Figura 1A) e para o Orange de 22,54 a 18,86mca (Figura 1B). Os microaspersores Naandanjain bocal Black e Orange apresentaram excelente uniformidade na distribuição de água ao longo da linha lateral com coeficientes de uniformidade 99,91% e 99,30%, respectivamente. Em relação à uniformidade da pressão, os valores foram de 99,76% e 98,84%, respectivamente. Segundo Silva & Silva (2005), a uniformidade da aplicação da lâmina de irrigação ao longo da linha lateral, em sistemas de irrigação localizada, está

diretamente relacionada com a variação da pressão e vazão dos emissores, desta forma, alteração na pressão ocasionará variação de vazão.

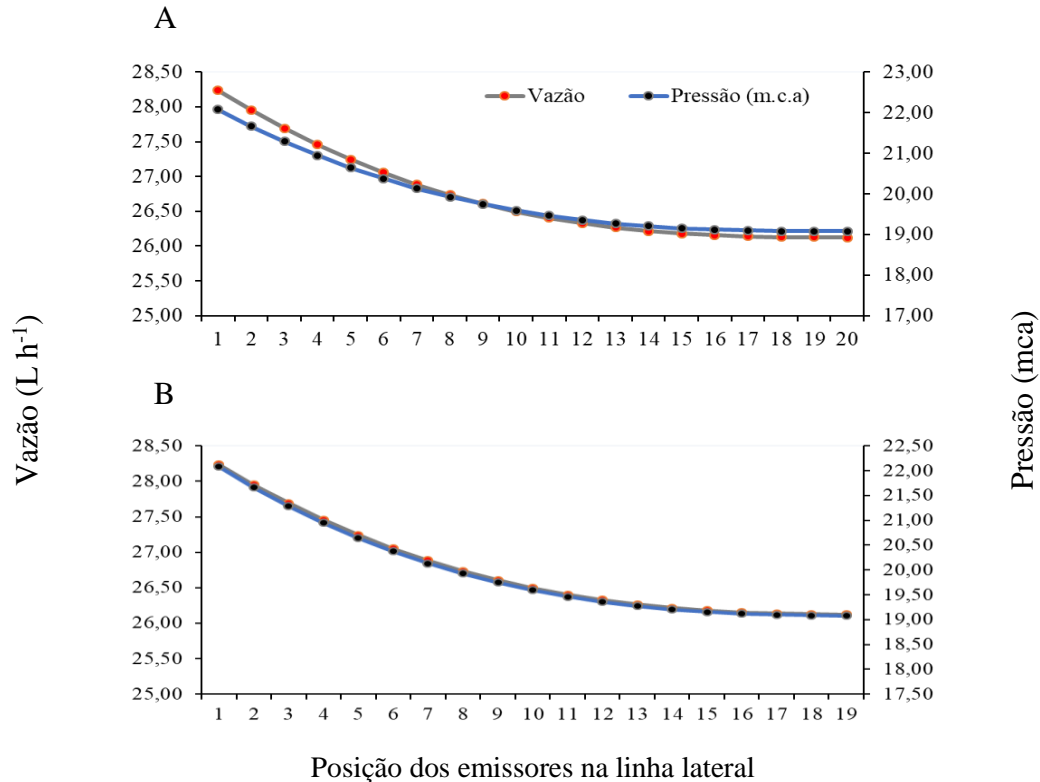


Figura 1. Variação da pressão e vazão na linha lateral em função da posição dos microaspersores. (A) Microaspersor Naandanjain Bocal Black; (B) Microaspersor Naandanjain Bocal Orange.

Resultado semelhante com microaspersor do mesmo fabricante deste estudo foi encontrado por Batista et al. (2017). Eles simularam o comportamento hidráulico do microaspersor de bocal violeta, diâmetro de 0,82 mm e vazão média de 39 L h⁻¹ para uma pressão de serviço de 25mca. A relação vazão-pressão decresceu ao longo da linha lateral, apesar de haver excelente uniformidade na distribuição de água ao longo da mesma, com coeficiente de uniformidade para a pressão e vazão de 94,42 e 75,22 %, respectivamente. Resultados próximos, também foram obtidos, por Bortoluzzi e Prado (2017), estudando a uniformidade de distribuição de água do microaspersor Naan 7110, fazendo uso de quatro diâmetros de bocais (0,9; 1,0; 1,1 e 1,2 mm), obtendo uniformidade de vazão próxima a 80 % para pressão de serviço de 15mca. Ainda segundo os referidos autores, o resultado positivo da uniformidade de vazão, é função dos raios efetivamente irrigados entre 0,8 a 0,9. Para Silva & Silva (2005), a pressão de serviço deve funcionar dentro dos limites de pressão especificados pelo fabricante, para não ocorrer diminuição do raio de alcance do microaspersor.

CONCLUSÕES

O algoritmo desenvolvido neste estudo foi capaz de fornecer o comprimento máximo ajustado da linha lateral, o número de emissores para tubulação lateral de polietileno e avaliar a performance dos sistemas de microirrigação, podendo ampliar as alternativas de projeto hidráulico de sistemas de irrigação localizada a partir de informações das características hidráulicas de vários emissores, gotejadores ou microaspersores, podendo subsidiar a decisão sobre o modelo do emissor.

Os microaspersores, Naandanjain Black e Orange, apresentaram excelente uniformidade na distribuição de água ao longo da linha lateral em nível, com coeficientes de pressão de 99,76% e 98,84%, e vazão 99,91% e 99,30%, respectivamente. Os resultados são promissores para os microaspersores estudados, uma vez que, os coeficientes de uniformidade para vazão e pressão aproximaram-se de 100%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, P. H. D.; BARROS, B. E. A.; SILVA, J. L. B. da.; PINHEIRO, A. B.; COUTINHO, A. S. Simulação do comportamento hidráulico de microaspersores e microtubos ao longo da linha lateral. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.11, n.1, p. 67-71, 2017.

BORTOLUZZI, D. D. O.; PRADO, G. Modelagem da distribuição de água de microaspersores. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 7, p.2063-2075, 2017.

BOTREL, T.A. **Hidráulica de microaspersores e linhas laterais para irrigação localizada**. (1984). Dissertação. Piracicaba: ESALQ/USP, 78p., 1984.

CARDOSO, G.G.G.; FRIZZONE, J.A. Perda de carga em linhas laterais de microirrigação. **BloEngenharia**, v. 1, n. 2, p. 147-162, 2007.

DANTAS, J.N.; MEDEIROS, M. G. A.; AZEVEDO, C.A.V.; AZEVEDO, H.M. Performance hidráulica e perfil de distribuição de água do microasporador na NA 7110, sob

diferentes condições de ventos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.1, n. 1, p.57-61, 1997.

DENICULI, W.; RAMOS, M. M. Perda de carga continua em tubulações dotadas de múltiplas saídas. **Revista Ceres**, v. 39, n. 222, p.129-152, 1992.

DETOMINI, E. R.; FRIZZONE, J. A. Bases teóricas e fundamentos para otimização hidráulica do comprimento de linhas laterais em microirrigação. **Revista Brasileira Agricultura Irrigada**, v. 2, n. 1, p.16-23, 2008.

FAVETTA, G.M.; BOTREL, T.A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.427-430, 2001.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 3.ed., 412p., Campina Grande: Ed. UFPB, 1999.

LEVIEN, S. L. A.; FIGUEIRÊDO, V. B. Metodologia simplificada para a estimativa em campo da uniformidade de sistemas de irrigação por gotejamento superficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 5, p. 290-299, 2013.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONCA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p. 465-473, 2000.

RIBEIRO, M. D.; KLEIN, M. R.; SZEKUT, F. D.; PALHARI JÚNIOR, M.; VILAS BOAS, M. A. **Uniformidade de um sistema de irrigação familiar na cultura do morango por meio de 16 e 32 pontos de amostragem**. Anais do XIX Encontro Anual de Iniciação Científica, UNICENTRO, Guarapuava, PR, 2010.

SANTANA, M.S.; OLIVEIRA, C.A.S.; QUADROS, M. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada. **Revista Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p.644-653, 2004.

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

SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; NETO, J. D.; GOMES, R. C. B.; LIMA, V. L. A. Characterization of the hydraulic performance of self-compensating emitters with water of different salt concentrations. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.2, p. 639-650, 2016.

SOUSA, R. O. R. M.; DANTAS NETO, J. Equação explícita para cálculo do fator de atrito de Darcy-Weisbach em projetos de irrigação pressurizada. **Irriga**, v.19, n.1, p. 137- 148, 2014.

WU, I. P.; GITLIN, H. M. Energy gradient line for drip irrigation laterals. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 101, n. 4, p. 323-326, 1975.