

MODELAGEM DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DE MICROASPERSORES AO LONGO DA LINHA LATERAL

Marcos Vinícius da Silva (UFRPE/PGEA) E-mail: marcolino_114@hotmail.com
Isabella Cristina Guerra Moreira Dias (UFRPE/PGEA) E-mail: isabella.md@hotmail.com
Gledson Luiz Pontes de Almeida (UFRPE/DEAGRI) E-mail: gledson81@hotmail.com
Pedro Henrique Dias batista (UFRPE/PGEA) E-mail: giga_pedro@hotmail.com
Rodes Angelo Batista da Silva (UFRPE/PGEA) E-mail: rodesangel@gmail.com

Resumo: A irrigação localizada apresenta destaque no cenário mundial mostrando-se um mercado promissor, quando comparado aos outros sistemas. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o comportamento hidráulico do gradiente de pressão e do comprimento ao longo da linha lateral de dois emissores tipo microaspersor, utilizando o modelo de Wu e Gitlin. O dimensionamento do projeto foi feito a partir de simulações matemáticas para dois microaspersores (bocal amarelo e laranja). Para simulação do perfil de pressão ao longo da linha lateral, adotou o modelo de dimensionamento proposto por Wu e Gitlin, em que, foram calculados a descarga do emissor, a descarga total da linha lateral composta por 30 microaspersores, a viscosidade cinemática da água, a perda de carga, o fator de correção, a perda de carga no trecho e a perda de carga unitária. Sendo, então, obtido o diâmetro da linha lateral, o comprimento da linha lateral e a declividade. O microaspersor amarelo apresentou regime plenamente turbulento, logo, o de bocal laranja varia de instável a laminar. Conclui-se que o modelo aplicado se apresentou eficaz no dimensionamento do gradiente de pressão ao longo da linha lateral para os microaspersores de acordo com o comportamento hidráulico do sistema.

Palavras-chave: irrigação localizada, pressão, simulações matemáticas.

MODELING THE HYDRAULIC BEHAVIOR OF MICROSPRINKLER ALONG THE LATERAL LINE

Abstract: The located irrigation presents prominence in the world-wide scene revealing a promising market, when compared with the other systems. Thus, it was objectified with this study to evaluate the hydraulic behavior of the gradient of pressure and the length throughout the lateral line of two senders microaspersor type, using the model of Wu and Gitlin. The sizing of the project was made from mathematical simulations for two microaspersores (yellow nipple and orange). For simulation of the profile of pressure throughout the lateral line, it adopted the model of sizing considered for Wu and Gitlin, where, the discharge of the sender, the total discharge of the composed lateral line for 30 microaspersores, viscosity kinematics of the water, the loss of load, the factor of correction, the loss of load in the stretch and the loss of unitary load had been calculated. Being, then, gotten the diameter of the lateral line, the length of the lateral line and the declivity. The microaspersor yellow presented turbulent regimen fully, then, of nipple the orange it varies of unstable plating. One concludes that the applied model if in accordance with presented efficient in the sizing of the gradient of pressure throughout the lateral line for the microaspersores the hydraulic behavior of the system.

Keywords: located irrigation, pressure, mathematical simulations.

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos da seca se apresentam sob diversas formas, seja pela perda da safra agrícola, pelo aumento do desemprego rural, pela falta de água para as populações ou pelas migrações campo-cidade que sempre estiveram presentes no semiárido. O semiárido nordestino apresenta elevadas taxas de insolação, elevadas temperaturas e baixas amplitudes térmicas. Os totais pluviométricos são baixos e apresentam alta variabilidade no tempo e no espaço. Ocorrem, ainda, elevadas taxas de evapotranspiração e elevado déficit hídrico (ZANELLA, 2014).

A redução da quantidade de água aplicada via irrigação nas condições semiáridas sem afetar a produção é desejada, principalmente nas situações de competição hídrica da agricultura com

outros setores nas regiões semiáridas (CASTRO TEIXEIRA et al., 2018).

A adoção da irrigação localizada vem crescendo destacadamente no cenário mundial mostrando-se um mercado promissor, quando comparado aos outros sistemas de irrigação. Particularmente no caso da região semiárida, a utilização de emissores de qualidade em sistemas de irrigação é importante para uniformidade, minimizar os riscos de salinização e proporcionar o uso eficiente da água. Os principais sistemas de irrigação localizada são microaspersão e gotejamento. As pequenas diferenças entre dois emissores de marca iguais ou diferentes podem causar variações significativas na vazão do sistema (SANTIAGO et al., 2012).

Segundo Keller e Bliesner (1992), para dimensionar corretamente um sistema de irrigação é necessário conhecer as características hidráulicas dos emissores. O manejo inadequado da irrigação incorre em prejuízos relativos a gastos excessivos com água, à lixiviação de nutrientes, com salinização do solo (VILAS BOAS et al., 2011b). Portanto, o uso correto da irrigação se torna indispensável, uma vez que pode ser ajustado às condições de cada cultura. Os sistemas de irrigação gotejamento e microaspersão são os de mais alta eficiência, requerem baixa pressão para funcionamento e apresentam facilidade de operação e bom controle da umidade e da aeração do solo (SOUZA et al., 2018).

Como principais benefícios da microaspersão, têm-se: a possibilidade de ser usada em qualquer tipo de solo; proporcionar uma maior eficiência no uso da água; promover uma maior eficiência no manejo da adubação (fertirrigação) e conseqüentemente, obtendo maior produtividade (VILAS BOAS et al., 2011a). Quanto ao gotejamento, além das já citadas, verificam-se vantagens como, maior controle fitossanitário, além de economia de mão de obra e conseqüente, redução dos gastos com energia (VILAS BOAS et al., 2011b).

Outro fator de grande relevância é a uniformidade de distribuição de água, informação importante para a avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de dimensionamento quanto na fase de operação do sistema (SANTOS et al., 2013). A uniformidade de distribuição é um dos principais fatores de influência na produtividade agrícola da área irrigada, sendo a alta uniformidade dos sistemas de irrigação localizada uma das principais vantagens. A uniformidade é influenciada pelas diferenças de pressão, desgaste do sistema e entupimento, principalmente quando utilizados fertilizantes. As variações de fabricação também afetam a uniformidade, assim como o espaçamento entre os emissores/aspersores e fatores externos, como o clima e a topografia (ANDRADE et al., 2017).

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho foi avaliar o comportamento hidráulico do gradiente de pressão e do comprimento ao longo da linha lateral de dois emissores tipo microaspersor, utilizando o modelo de Wu e Gitlin.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O dimensionamento do projeto foi feito a partir de simulações matemáticas para dois emissores do tipo microaspersor de bocal amarelo e bocal laranja.

Conforme catálogo do fabricante o emissor 1 (bocal amarelo) e o emissor 2 (bocal laranja) selecionados encontram-se na Tabela 1. O emissor 1 possui bocal amarelo, com diâmetro de 1,20 mm e vazão média de 73,00 L h⁻¹ e o emissor 2 possui bocal laranja, com diâmetro de 0,86 mm e vazão média de 40,00 L h⁻¹, ambos os emissores a uma pressão de serviço de 20 m.c.a.

Tabela 1 – Características dos emissores microaspersor de bocal amarelo e bocal laranja, conforme o catálogo do fabricante

Bocal Amarelo		Bocal Laranja	
H (m.c.a.)	q (L h ⁻¹)	H (m.c.a.)	q (L h ⁻¹)
10	52	10	28
15	63	15	34
20	73	20	40
25	81	25	45
30	90	30	49

H: pressão de serviço; q: vazão do microaspersor.

Os dados de entrada para o desenvolvimento do projeto dos microaspersores encontram-se na Tabela 2. A partir dos mesmos foram feitas as simulações hidráulicas para o dimensionamento da linha lateral, que por sua vez, utilizou-se de dados obtidos a partir do catálogo do fabricante do microaspersor.

Tabela 2 – Valores de entrada no dimensionamento dos emissores tipo microaspersor

Variáveis	Valores	Unidade de medida
H	20	m.c.a
N	30	-
S	3,3	m
T	20	°C
hf'	20	%
m	1,75	-

H: pressão de serviço; N: número de microaspersores; S: espaçamento entre os microaspersores; T: temperatura da água; hf': perda de carga na tubulação; m: expoente da vazão, adimensional.

Para simulação do perfil de pressão ao longo da linha lateral, foi adotado o modelo de dimensionamento proposto por Wu e Gitlin (1975). Conforme este modelo, os dados necessários para o dimensionamento do projeto foram calculados a partir do software Microsoft Excel 2016.

Os dados calculados foram: descarga do emissor (q) por meio da equação 1, com essa informação, pode-se determinar a descarga total da linha lateral (Q , m³ s⁻¹), composta por 30 microaspersores; calculou-se ainda a viscosidade cinemática da água (ν , m² s⁻¹), para uma temperatura de 20 °C, seguido da perda de carga (hf', m.c.a.), e o cálculo do fator de correção (Fc) por meio da equação 2, dessa forma, através da divisão dos mesmos (hf'/Fc) pode-se encontrar também a perda de carga no trecho (hf, m.c.a.), e por sua vez, a perda de carga unitária (J, m m⁻¹). Com os dados calculados, obteve-se, posteriormente, o diâmetro da linha lateral (D, mm), bem como o comprimento da linha lateral (L), em metros e a declividade assumindo o valor de 0.

De acordo com Keller e Karmeli (1974), no dimensionamento de emissores, a vazão depende diretamente da pressão de operação e pode ser determinada conforme a equação 1, onde k e x são os parâmetros de ajuste. Contudo, ressalta-se que quanto menor for o valor do expoente (x), a vazão terá menor influência das variações de pressão. Assim, um emissor perfeito teria o expoente $x = 0$, no caso para os microaspersores autocompensantes.

$$q = kH^x \quad (1)$$

onde: q – vazão do emissor, $L h^{-1}$; k – constante de proporcionalidade que caracteriza cada emissor, adimensional; H – pressão de serviço do emissor, m; x – expoente, determinado pelo regime de escoamento do emissor, adimensional

O fator de correção (F_c) proposto por Wu e Gitlin (1975) é apresentado na equação 2, em que, aplicado nesta simulação, foi possível obter a perda de carga na tubulação de múltiplas saídas.

$$F_c = \frac{1}{(m + 1)} \quad (2)$$

onde: F_c – fator de correção, adimensional; m – expoente da vazão na equação de perda de carga, adimensional

Assim, foi possível estimar a variação de pressão em cada microaspersor, de acordo com a equação 3, proposta por Wu e Gitlin (1975).

$$H = H_0 - \left(1 - \left(1 - \frac{1}{L}\right)\right)^{m+1} hf' \quad (3)$$

onde: H – pressão unitária; H_0 – pressão no início da linha lateral, m.c.a.; L – comprimento da linha lateral, m; m – expoente da vazão na equação de perda de carga, adimensional; e hf' – perda de carga numa tubulação de múltiplas saídas, m.c.a.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva característica do microaspersor de bocal amarelo está apresentada na figura 1, cujo ajuste resultou na equação $q = 16,518H^{0,4961}$, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9992.

Para Keller e Karmelli (1974), o expoente “ x ” caracteriza o regime de fluxo e a relação vazão versus pressão do emissor, de modo que, no intervalo de $0 < x < 0,5$ o regime de escoamento varia de turbulento a plenamente turbulento, e a vazão sofre menos influência da variação da pressão. No intervalo de $0,5 < x < 1,0$ o regime de escoamento varia de instável a laminar, verificando-se maior influência das variações de pressão sobre a vazão. Destaca-se que um microaspersor perfeito teria o expoente $x = 0$ (autocompensante). Nesse sentido, o fluxo em questão pode ser classificado como plenamente turbulento.

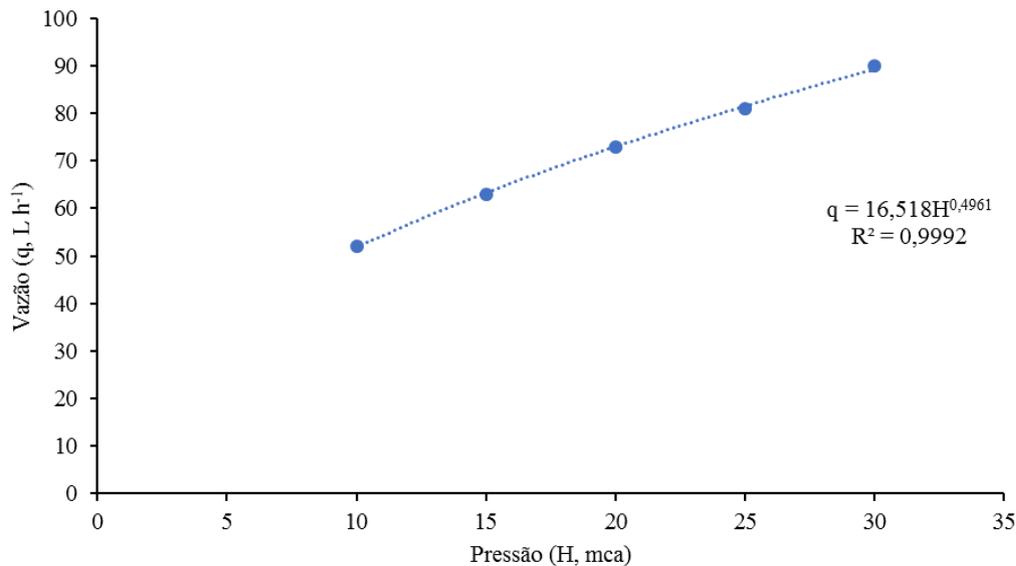


Figura 1 – Curva e equação característica vazão versus pressão do microaspersor bocal amarelo

A Figura 2 apresenta a curva característica do microaspersor de bocal laranja, cujo ajuste resultou na equação $q = 8,4896H^{0,5163}$, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9991 e com o valor do expoente de descarga $x = 0,5163$, caracterizando-se como um regime de escoamento que varia de instável a laminar e verificando-se maior influência das variações de pressão sobre a vazão.

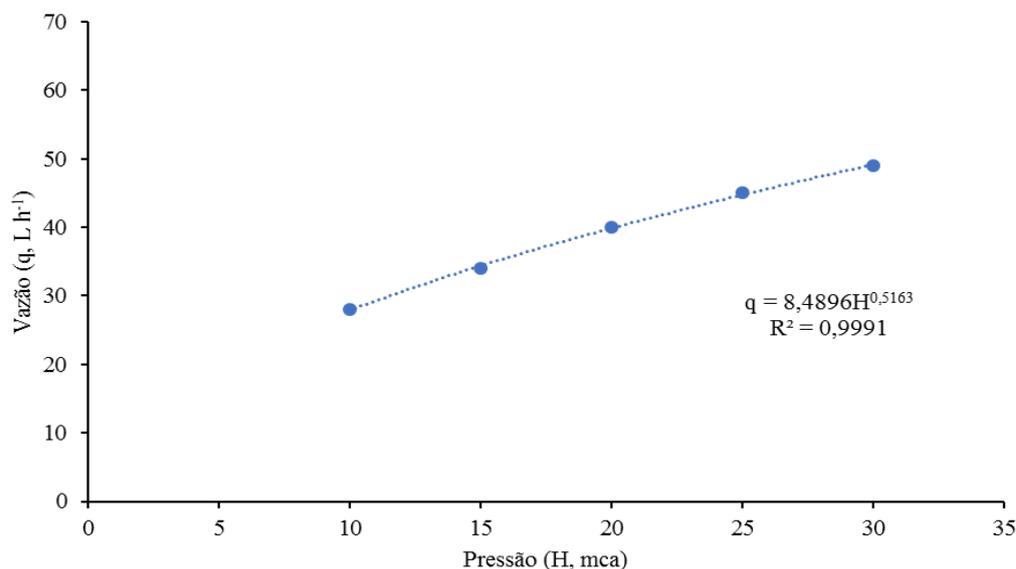


Figura 2 – Curva e equação característica vazão-pressão do microaspersor de bocal laranja

Na tabela 3 observam-se os resultados da simulação matemática para 30 microaspersores de bocal amarelo e 30 microaspersores de bocal laranja. A linha lateral foi projetada com comprimento de 99 m.

A simulação para o bocal amarelo resultou num gradiente de pressão (H) variando de 22,57 a 18,94 m.c.a., demonstrando uma tendência decrescente do valor da pressão. Já as vazões correspondentes (q), apresentaram comportamento semelhante, variando de 77,53 a 71,06 L h⁻¹. Observando o resultado da modelagem e a variação dos dados, é possível confirmar a relação diretamente proporcional entre a pressão exercida pela bomba e a vazão do sistema de irrigação.

Os valores do Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) para a pressão e vazão encontrados foram 94,42 e 97,27%, respectivamente. Tais valores podem ser classificados como excelentes de acordo com Bralts (1986), que determinou que os seguintes critérios: excelente ($\geq 90\%$); muito bom (80 – 90%); regular (70 – 80%); ruim (60 – 70%) e inaceitável ($< 60\%$).

A simulação para o bocal laranja resultou num gradiente de pressão (H) variando de 22,57 a 18,94 m.c.a., demonstrando uma tendência decrescente do valor da pressão. Enquanto as vazões correspondentes (q) apresentaram comportamento variando de 42,44 a 38,76 L h⁻¹. Confirmando novamente a relação diretamente proporcional entre a pressão exercida pela bomba e a vazão do sistema.

Os valores do Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) para a pressão e vazão encontrados foram 94,41 e 97,15%, respectivamente. Tais valores foram bem semelhantes ao microaspersor de bocal amarelo avaliado e também podem ser classificados como excelentes de acordo com Bralts (1986).

Tabela 3. Simulação matemática da pressão-vazão de acordo com Wu & Gitlin (1975)

N	S	Bocal Amarelo		Bocal Laranja	
		H (m.c.a.)	q (L h ⁻¹)	H (m.c.a.)	q (L h ⁻¹)
1	3,30	22,57	77,53	22,57	42,44
2	6,60	22,24	76,96	22,24	42,11
3	9,90	21,92	76,42	21,92	41,80
4	13,20	21,63	75,90	21,63	41,51
5	16,50	21,35	75,42	21,35	41,24
6	19,80	21,10	74,97	21,10	40,98
7	23,10	20,86	74,55	20,86	40,74
8	26,40	20,64	74,16	20,64	40,52
9	29,70	20,43	73,79	20,43	40,31
10	33,00	20,24	73,45	20,24	40,12
11	36,30	20,07	73,14	20,07	39,94
12	39,60	19,92	72,86	19,92	39,78
13	42,90	19,77	72,60	19,77	39,63
14	46,20	19,64	72,37	19,64	39,50
15	49,50	19,53	72,15	19,53	39,38
16	52,80	19,43	71,97	19,43	39,27
17	56,10	19,34	71,80	19,34	39,18
18	59,40	19,26	71,65	19,26	39,09
19	62,70	19,19	71,53	19,19	39,02
20	66,00	19,13	71,42	19,13	38,96
21	69,30	19,08	71,33	19,08	38,91

22	72,60	19,04	71,25	19,04	38,87
23	75,90	19,01	71,19	19,01	38,83
24	79,20	18,98	71,15	18,98	38,81
25	82,50	18,96	71,11	18,96	38,79
26	85,80	18,95	71,09	18,95	38,77
27	89,10	18,94	71,07	18,94	38,76
28	92,40	18,94	71,06	18,94	38,76
29	95,70	18,94	71,06	18,94	38,76
30	99,00	18,94	71,06	18,94	38,76
Média	19,93	72,87	-	39,78	-
DP	1,11	1,99	-	1,13	-
CV	0,06	0,03	-	0,03	-
CUE	94,42	97,27	-	97,15	-

N: número de microaspersores; S: espaçamento entre os microaspersores; H: pressão de serviço em cada emissor; q: vazão do emissor.

Sousa et al. (1998) em trabalho com sistema de microaspersão instalado numa área cultivada com banana encontraram coeficiente de uniformidade médio de 82%. Almeida et al. (2003) encontrou coeficientes de uniformidade elevados, variando de 91,2 a 97%, enquanto Benício et al. (2009) em área cultivada com goiaba encontraram valor médio de 85,6%.

A figura 3 representa o comportamento hidráulico da vazão e da pressão em cada ponto da linha lateral, para o microaspersor de bocal amarelo e figura 4 para o microaspersor de bocal laranja.

É possível perceber que a relação vazão versus pressão decresceu ao longo do comprimento da linha. A quantidade de água aplicada e a uniformidade de distribuição são informações importantes para o dimensionamento ideal de qualquer sistema de irrigação localizada.

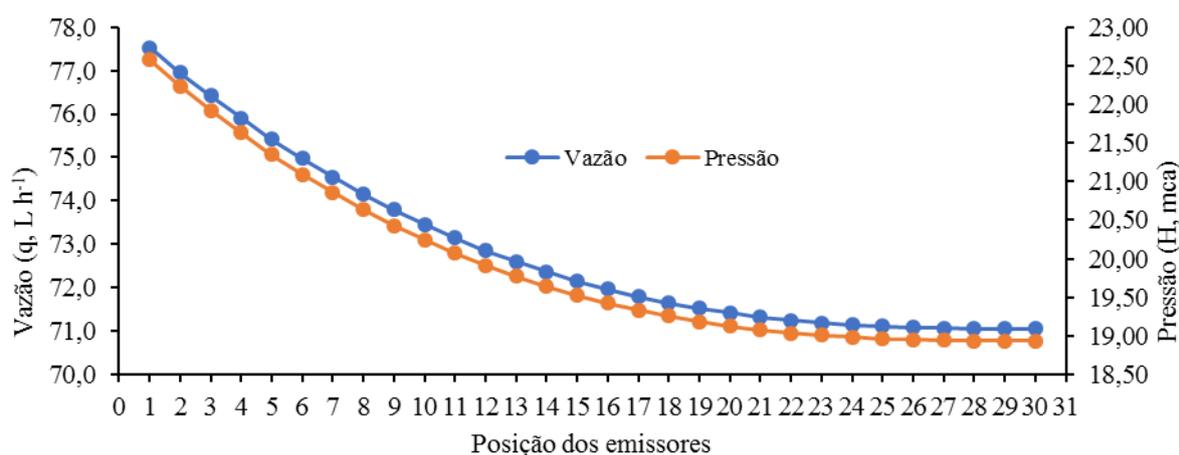


Figura 3 – Relação vazão versus pressão na linha lateral na posição dos microaspersores de bocal amarelo.

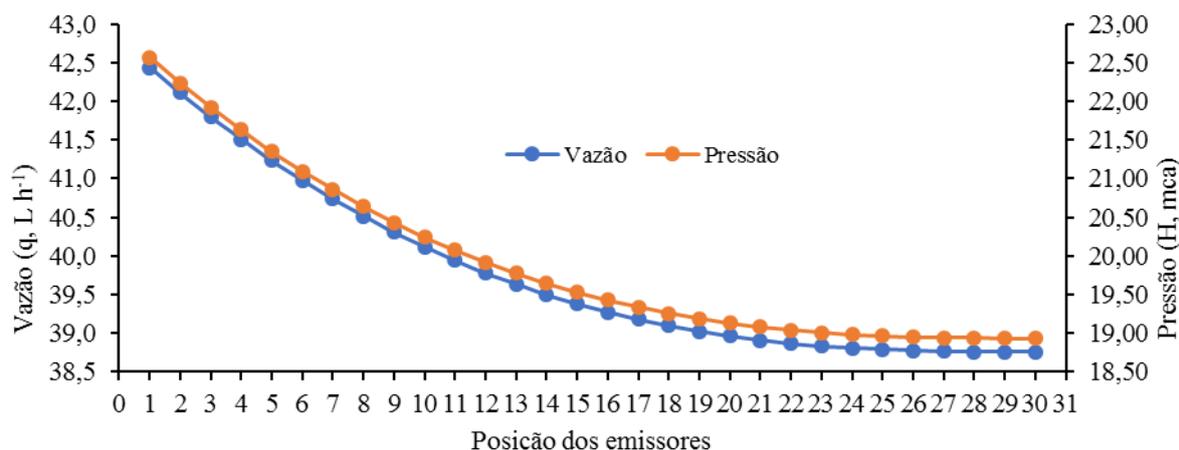


Figura 4. Relação vazão versus pressão na linha lateral na posição dos microaspersores de bocal laranja.

Nesse tipo de sistema, a variação de pressão e vazão dos emissores normalmente é consequência das perdas de energia resultantes do atrito e inserções dos emissores, ganho ou perda de energia devido à topografia do terreno, e da qualidade da matéria prima e dos processos de fabricação dos emissores (KELLER e KARMELI, 1974, ALMEIDA e BOTREL 2010).

4. CONCLUSÕES

Os emissores apresentaram boas características hidráulicas a partir dos coeficientes de descargas (x).

A aplicação do modelo de Wu e Gitlin (1975) mostrou-se eficaz no dimensionamento do gradiente de pressão ao longo da linha lateral para os microaspersores de acordo com o comportamento hidráulico do sistema.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. D. G. C. de.; BOTREL, T. A. *Determinação do diâmetro de microtubos em irrigação localizada*. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 5, n. 3, 2010.

ALMEIDA, F. T.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A.; MAENO, P. *Eficiência de irrigação na cultura da banana no projeto Gorutuba*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, p. 187-193, 2003.

ANDRADE, M. G. de.; VILAS BOAS, M. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; SATO, M.; DIETER, J.; HERMES, E.; MERCANTE, E. *Uniformity microsprinkler irrigation system using statistical quality control*. Ciência Rural, v. 47, n. 4, 2017.

BENÍCIO, F. R.; CARVALHO, C. M. de.; ELOI, W. M.; GONÇALVES, F. M.; BORGES, F. R. M. *Performance of a system of irrigated conditions in culture of guava in Barbalha-CE*. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 3, n. 2, 2009.

BRALTS, V. F. *Field Performance and evaluation: in Trickle Irrigation for Crop Production*. Desing, Operation and Management (Nakayama FS and Bucks SA, Eds.) Amsterdam. 1986.

CASTRO TEIXEIRA, A. H. de.; SILVA REIS, J. B. R. da.; LEIVAS, J. F.; SILVA, G. B. S. da.; STRUIVING, T. B. *Componentes da produtividade da água modelados por*

sensoriamento remoto em limoeiros irrigados de Minas Gerais. Agrometeoros, v. 25, n. 1, 2018.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. *Sprinkler and trickle irrigation* (p. 652). 1990.

KELLER, J.; KARMELI, D. *Trickle irrigation design parameters*. *Transactions of the ASAE*, v. 17, n. 4, p. 678-0684, 1974.

SANTIAGO, F. dos S.; FREITAS, R. R. L.; BLACKBURN, R. M.; SILVA, N. C. G. da.; RIBEIRO, G.A.; NANES, M. B.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. *Caracterização hidráulica de diferentes microaspersores para uso na agricultura familiar no Semiárido Nordeste*. In: XXII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Cascavel, Paraná, 2012.

SANTOS, C. S. dos.; SILVA, P. F. da.; ALVES, E. S. da.; SANTOS, M. A. L. dos. *Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento*. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, n. 3, p. 10-16, 2013.

SOUSA, V. D.; FOLEGATTI, M.; ARAGÃO, E.; REBELO, A.; BASTOS, E. *Uniformidade de emissão de água em um sistema de irrigação por microaspersão instalado numa área cultivada com banana*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Vol. 27, pp. 211-213, 1998.

SOUZA, M. A. de.; MESQUITA, A. C.; SIMÕES, W. L.; YURI, J. E. *Rendimento e qualidade da cebola cultivada em condições semiáridas sob diferentes sistemas de irrigação*. *MAGISTRA*, v. 29, n. 1, p. 64-70, 2018.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA JÚNIOR, J. A. D.; CONSONI, R. *Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola*. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011a.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J. de.; CONSONI, R. *Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 2, 2011b.

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.

ZANELLA, M. E. *Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino*. *Caderno Prudentino de Geografia*, n. 36, p. 126-142, 2014.