

## **AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE MICROASPERSONORES COM QUATRO ANOS DE USO SOB PRESSÃO NOMINAL E DE CAMPO**

Clayton Moura de Carvalho<sup>1</sup>, Cicero Lima de Almeida<sup>2</sup>, Manoel Valnir Júnior<sup>2</sup>, João Paulo Alves da Rocha<sup>3</sup>, Aldênia Mendes Mascena de Almeida<sup>4</sup>, Ana Kelliane Silva do Nascimento<sup>5</sup>

**RESUMO:** A irrigação localizada promove economia de água e energia, sendo os microaspersores uma das peças chaves para uma eficiente aplicação de água as culturas. Desse modo, objetivou-se avaliar o desempenho hidráulico de quatro microaspersores com quatro anos de uso submetidos pressão nominal e de campo. Os resultados mostram que o tempo de uso não alterou o coeficiente de variação de fabricação (CVF) que foi inferior a 5%, classificando-os como excelentes. O tempo somente alterou a vazão nominal dos emissores da Naandanjain e N.A Representações, que foram superiores em 29 e 18%, respectivamente em relação a de catálogo. Os microaspersores em geral apresentaram um desempenho de razoável a ruim quando submetidos a baixas pressões e desempenho de bom a razoável quando operados em pressão nominal (PN). O tempo de uso dos microaspersores afetou menos as características hidráulicas do que a sua operação sob baixas pressões.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coeficiente de variação de fabricação, Irrigação localizada, Pressão de serviço.

## **HYDRAULIC EVALUATION OF MICROSPRINKLERS WITH FOUR YEARS OF USE UNDER NOMINAL AND FIELD PRESSURE**

**ABSTRACT:** Localized irrigation promotes water and energy savings, with microsprinklers being one of the key pieces for an efficient application of water to crops. Thus, the objective was to evaluate the hydraulic performance of four microsprinklers with four years of use subjected to nominal and field pressure. The results show that the time of use did not change

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, FUNCAP, carvalho\_cmc@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, IFCE Sobral, cicero.almeida@ifce.edu.br; valnir@ifce.edu.br

<sup>3</sup> Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, FUNCAP, j.paulo25ipueis@gmail.com

<sup>4</sup> Doutora em Agronomia, FUNCAP, ald\_m\_m@hotmail.com

<sup>5</sup> Doutora em Ciências e Engenharia Agrícola, FUNCAP, anakelliane02@gmail.com

the manufacturing variation coefficient (CVF), which was less than 5%, classifying them as excellent. Time only changed the nominal flow of the Naandanjain and N.A Representações emitters, which were 29 and 18% higher, respectively, in relation to the catalog. Microsprinklers in general presented a fair to poor performance when subjected to low pressures and good to fair performance when operated at nominal pressure (PN). The time of use of the microsprinklers affected less the hydraulic characteristics than its operation under low pressure.

**KEYWORDS:** Manufacturing Coefficient of Variation, Localized irrigation, Service pressure.

## INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um grande potencial para expansão de suas áreas irrigadas que conta atualmente com apenas 8,2 milhões de hectares e previsão de aumento de mais 4,2 milhões de hectares até 2040. Contudo, isso representará apenas 22,5% dos 55,8 milhões de ha com potencial físico-hídrico do país. Por outro lado, a agricultura irrigada brasileira, altamente intensiva no uso de recursos hídricos, representa cerca de 70% da água consumida, tornando-se necessário quantificar adequadamente a necessidade hídrica das culturas. segundo ao Atlas da Irrigação (ANA, 2021; VALNIR JÚNIOR et al., 2022).

As políticas públicas têm impulsionado a expansão das áreas irrigadas nos últimos anos, onde os perímetros irrigados apresentam-se como essenciais no desenvolvimento do semiárido brasileiro (PONTES et al., 2013; SILVA et al., 2020).

Nesse contexto de expansão, a irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) terá papel importante, pois ela promove economia de água e energia (CARVALHO et al., 2006; POLONI et al., 2018). Garantidos por emissores que aplicam volumes d'água reduzidos e ideais às culturas e pelas baixas pressões exigidas no sistema em decorrência da possibilidade de fracionamento da área irrigada.

Muito embora os inúmeros benefícios, a irrigação localizada não está imune a ocorrência de baixas eficiências, especialmente a microaspersão, que, para expressar toda a aptidão, se faz necessário sua correta utilização. Dito isto, vê-se claramente o pressuposto de diagnosticar a irrigação para possíveis ajustes e/ou correções (ALVES et al., 2008).

Dentre os recursos para mensurar a qualidade e desempenho da irrigação, tem-se os parâmetros hidráulicos que permitem quantificar a variação de fluxo ocorrida em linhas laterais de irrigação, como o coeficiente de variação de fabricação do emissor (CVF). É oportuno frisar

a inclinação quase que unânime de pesquisadores na utilização destes coeficientes para avaliar sistemas de irrigação.

O CVF é uma medida estatística que avalia a variação do processo de fabricação dos emissores. Keller & Karmeli (1974) embora destaquem a impossibilidade da fabricação de um grupo de emissores com a mesma vazão, apontam que a variação resultante do processo de fabricação normalmente tende a se distribuir em torno de um valor médio.

A irrigação localizada permite o uso da fertirrigação, contudo alguns cuidados devem ser tomados como a escolha de emissores com baixo CVF e o tipo de injetor. Li et al. (2007) observaram que emissores com maior CVF resultaram em uma distribuição menos uniforme tanto da água, como dos fertilizantes e que para obter uma boa uniformidade de distribuição na fertirrigação o injetor deve injetar os fertilizantes à uma taxa constante.

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar as características hidráulicas em quatro microaspersores com quatro anos de uso submetidos pressão nominal e de campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ensaio e Equipamento de Irrigação - LEEI, do IFCE – Campus Sobral. Os emissores avaliados tinham quatro anos de uso segundo informações dos irrigantes das áreas avaliadas. Após avaliação dos emissores em campo retirou-se quatro microaspersores por área avaliada em quatro áreas do Distrito de Irrigação Araras Norte – DIPAN.

Os emissores foram retirados de diferentes posições, no início, a 1/3, a 2/3 e o último emissor da linha lateral. Esses foram encaminhados ao LEEI para avaliação de suas características hidráulicas. Na Tabela 1 estão as principais características dos microaspersores coletados.

**Tabela 1.** Características técnicas dos microaspersores avaliados com quatro anos de uso no Distrito de Irrigação Araras Norte – DIPAN.

Microasporador	Modelo	Cor	φ bocal (mm)	Pressão (kPa)		Vazão (L h <sup>-1</sup> )	
				Máx	Mín	Máx	Mín
Azud	Raintec	Amarelo	1,65	200	150	127	109
Naandanjain	HADAR 7110	Azul	1,40	300	150	103	
N.A Representações	Bocal cruz	Laranja	1,80	300	100	157	91
Netafim	GYRONET™ LR	Vermelho	1,57	200		120	

Fonte: Próprios autores.

A água utilizada nas avaliações no LEEI foi proveniente do sistema de abastecimento do IFCE – Campus Sobral com as seguintes características: Sólidos totais = 180 mg L<sup>-1</sup>; Dureza total = 100 mg L<sup>-1</sup>; CE = 1,40 dS cm<sup>-1</sup>; Ca = 20 mg L<sup>-1</sup> e pH = 8,6.

A determinação da curva pressão – vazão dos microaspersores com quatro anos de uso foi obtida por meio de um sistema composto por uma cisterna de 0,8 m<sup>3</sup>, duas motobombas de 1,0 cv, que funcionavam de maneira simples ou em série a depender da demanda de pressão no sistema que podia variar de 50 kPa a 450 kPa. O sistema ainda contava com um filtro de disco de 120 mesh e um sistema de resfriamento da água para mantê-la entre 15 e 30°C, exigência normativa do teste.

Para a determinação da pressão mínima (P<sub>mín.</sub>) de início da avaliação de desempenho dos microaspersores na geração da curva pressão – vazão foi adotada a menor pressão segundo dois critérios: i) a menor pressão observada em campo no momento da avaliação do sistema; ou ii) o critério recomendado segundo a NBR 15084 (ABNT, 2004), no qual preconiza medir a vazão a partir de 0,8 x P<sub>mín.</sub> de catálogo para o emissor em questão. A partir da pressão mínima foram realizados incrementos de pressão de no máximo 50 kPa, de maneira a obter no mínimo quatro conjunto de pontos de pressão-vazão para cada emissor avaliado. Em cada conjunto de pontos foram realizadas três repetições, com tempo de 30 segundos cada, desde que a massa obtida fosse superior a 200 g, caso não observado este valor, o tempo era ampliado para 60 segundos.

Os quatro microaspersores foram dispostos em uma linha lateral a 1,34 m acima do eixo central da motobomba, espaçados em 0,4 m. A pressão de serviço foi obtida por meio de um manômetro digital, com precisão de ± 1 kPa, instalado no início da linha lateral na mesma altura dos emissores.

A massa de água obtida em cada avaliação foi determinada por uma balança de precisão de ± 1,0 g, sendo posteriormente convertida em volume ao dividi-la pela massa específica correspondente à temperatura da água observada em cada pressão testada. Já os parâmetros, temperatura da água, temperatura do ar e umidade relativa foram registrados, o primeiro, por um termômetro de mercúrio, e os demais, por um termohigrômetro, para cada pressão testada.

A vazão de cada emissor correspondente a cada ponto de pressão avaliado foi determinada pela razão entre o volume e o tempo.

De posse do conjunto de dados de pressão e vazão foi calculado a vazão média e o coeficiente de variação de fabricação para cada ponto de pressão avaliados, conforme as equações 1 e 2, respectivamente.

$$\bar{q}_j = \frac{\sum_{i=1}^n q_{ji}}{n} \quad (1)$$

$$CVF_j = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_{ji} - \bar{q}_j)^2}{n-1}}}{\bar{q}_j} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:  $\bar{q}_j$  – vazão média para a pressão j, L h<sup>-1</sup>;  $q_{ji}$  – vazão obtida em cada repetição i, para a pressão j, L h<sup>-1</sup>; n – número de repetições para cada pressão j, adimensional; e CVF<sub>j</sub> – coeficiente de variação, %.

Para classificar quanto ao coeficiente de variação de fabricação em sistemas de irrigação localizada, a ASABE (2008) define CVF como: < 5% - excelente; 5 a 7% - médio, 7 a 10% - baixo, 10 a 15% - marginal; e >15% inaceitável.

Em seguida foi obtida a equação da curva pressão x vazão por meio de análise de regressão do tipo potencial conforme representado pela equação 3.

$$q = K \cdot H^\alpha \quad (3)$$

Em que: q – vazão do emissor, L h<sup>-1</sup>; K – constante de proporcionalidade, relacionado com a área do orifício e com o coeficiente de descarga, adimensional; H – pressão de operação, kPa; e  $\alpha$  – expoente característico do regime de fluxo, adimensional.

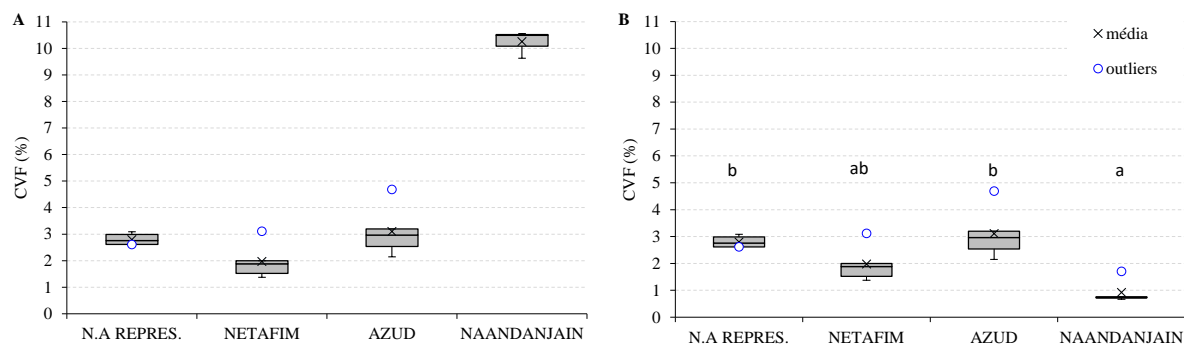
Cabello (1996) classifica como emissor perfeito (autocompensante) quando o expoente  $\alpha = 0$ , os de regime laminar quando  $\alpha = 1$  e nos de regime turbulento quando  $\alpha < 1$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura da água entre os ensaios de curva pressão x vazão variou de 27 a 28°C que está dentro da faixa permitida pela NBR 15084 (ABNT, 2004). Já a temperatura ambiente variou de 29,5 a 36,4°C e a umidade relativa variou de 46 a 80%.

A manutenção da temperatura da água é importante, pois há uma tendência de aumento linear da vazão dos emissores não regulados com o aumento da temperatura, que é o caso dos microaspersores avaliados. Já para emissores regulados, a vazão diminuiu linearmente com a redução da temperatura (MOSTAFAZADEH & KAHNOUJI, 2002).

O coeficiente de variação de fabricação dos microaspersores com quatro anos de uso variou de 2,0% a 10,3% (Figura 1A). O alto valor de CVF observado no microasporador Naandanjain foi causado por um único emissor, quando excluído da análise, o CVF apresentou um valor médio de 0,9% (Figura 1B), o menor entre os microaspersores avaliados.



\* médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Dunn.

**Figura 1.** Coeficiente de variação de fabricação – CVF de microaspersores com quatro anos de uso. Fonte: Próprios autores.

O maior CVF na primeira análise do microaspersor Naandanjain (Figura 2A) possivelmente deva-se a entupimentos, pois na avaliação pressão-vazão a vazão registrada nesse emissor foi cerca de 21% menor em relação aos demais emissores avaliados para todas as pressões aplicadas. Essa redução possivelmente se deva aos quatro anos de uso, que associado ao manejo inadequado da irrigação da área, além de sua suspensão no período chuvoso (fevereiro a junho), somada a qualidade da água com tendência alcalina ( $\text{pH} > 8,0$ ) e a prática de fertirrigação podem ter contribuído para sua obstrução, devido a formação de crostas em seu bocal (ALMEIDA, 2009; SOUZA & RIBEIRO, 2019).

Embora seja observado outliers nas avaliações realizadas em todos os microaspersores (Figura 2B), os valores de CVF sempre se apresentam inferiores a 5%, o que os caracterizam de excelente qualidade segundo ASABE (2008). Contudo, vale destacar que o melhor resultado foi observado pelo microaspersor Naandnjain que apresentou CVF médio de 0,9%, seguido pelo emissor da Netafim com CVF médio de 2,0%. Sandri et al. (2010), Valnir Júnior et al. (2011) e Andrade et al. (2015) observaram um aumento do CVF entre os microaspersores novos e usados, todavia, os emissores sempre se mantiveram na classificação de excelente.

Trabalhos realizados com emissores novos também corroboram com os resultados observados para CVF. Mazzer et al. (2008) ao avaliarem 25 microaspersores dispostos de maneira sequencial na bancada e testados três sistemas diferentes de fluxo, concluíram que a disposição dos emissores do tipo linha lateral apresentou o menor CVF com média de 2,8%. Soares et al. (2014) ao avaliarem um microaspersor submetido a diferentes pressões obtiveram um CVF que variaram de 4,3 a 4,6%. No entanto, Poloni et al. (2018) ao avaliarem um emissor do tipo microjet novo submetido a diferentes pressões, de 100 a 300 kPa, obtiveram valores de CVF que variaram de 6,8 a 4,1%, já sendo classificados com de médio desempenho segundo ASABE (2008).

É oportuno admitir que no processo de fabricação de emissores, razões como matéria prima, calibração de equipamentos e acurácia no procedimento, representam pontos cruciais na qualidade final do produto. Imperfeições em quaisquer destes ou na soma, fazem com que até emissores de um mesmo modelo se distingue entre si, com efeitos, dentre outros, no coeficiente e expoente de descarga e consequente variação de fluxo e na lâmina de água aplicada às plantas.

A Tabela 2 apresenta as características gerais dos microaspersores obtidas no catálogo do produto e as geradas em laboratório. Observa-se que ocorreram diferenças entre os parâmetros das equações de descarga dos microaspersores, bem como da vazão nominal dos emissores.

**Tabela 2.** Parâmetros da equação pressão-vazão dos microaspersores de catálogo e com quatro anos de uso e suas correspondentes vazões nominais.

Microasporador	Catálogo				Laboratório				$\Delta q$ (%)
	K	$\alpha$	PN (kPa)	qn (L h <sup>-1</sup> )	K <sup>c</sup>	$\alpha$	R <sup>2</sup>	qnl (L h <sup>-1</sup> )	
Azud <sup>a</sup>	21,54 0	0,55 0	200,0	127,0	10,68 3	0,47 6	0,998 9	132,7	4
Naandanjain			200,0	103,0	7,557	0,49 9	0,998 8	133,3	29
N.A Representações <sup>b</sup>	28,89 6	0,49 9	147,0	112,0	12,61 6	0,47 0	0,993 8	131,6	18
Netafim <sup>*</sup>	28,80 0	0,50 0	170,0	120,0	9,376	0,49 3	0,999 7	118,2	-2

<sup>a</sup> parâmetro K de catálogo ajustado com a pressão em bar; <sup>b</sup> parâmetro K de catálogo ajustado com a pressão em mca; <sup>c</sup> parâmetro K ajustado com a pressão em kPa. PN – pressão nominal; qn – vazão nominal obtida no catálogo; R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação; qnl - vazão nominal obtida com a equação determinada neste trabalho;  $\Delta q$  – variação entre as vazões nominais. Fonte: Próprios autores.

As equações de ajuste apresentaram um coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) superior a 99,3%, sendo o expoente de descarga dos emissores avaliados e classificados como de regime de fluxo turbulento variando de 0,47 a 0,50 (CABELLO, 1996). A diferença observada entre os valores de  $\alpha$  de catálogo e os estimados nesse trabalho se deve, principalmente, a faixa de vazões utilizadas para geração dos pontos pressão-vazão utilizadas na regressão potencial que dão origem a equação da curva características dos microaspersores.

Quanto as vazões nominais (qn) observa-se que as maiores diferenças foram observadas nos microaspersores da Naandanjain e N.A Representação com redução de vazão de 29% e de 18%, respectivamente, classificando-os como fora das especificações conforme a ABNT (2004), que estabelece um limite de variação de 7% para emissores não regulados. Já os microaspersores da Azud e Netafim mantiveram praticamente a mesma vazão, estando dessa forma dentro dos limites aceitáveis.

Sandri et al. (2010) ao avaliarem o desempenho hidráulico de microaspersores não regulados novo e usado observaram uma redução média da vazão de 8,6% a 15% nos emissores novos e uma redução média de 9,3% nos emissores usados. Além disso, a variação entre a vazão

dos microaspersores novo e usado alteraram no estudo de 0,2% a 4,5%, no qual para baixas pressões (150 a 250 kPa) as vazões dos emissores usados foram menores, e para altas pressões (300 a 350 kPa) elas foram maiores do que dos microaspersores novos. Resultado similar obtido por Alves et al. (2008) que observaram uma redução na vazão média dos microaspersores não regulados usados de 10,8% em ensaios realizados em campo. Contudo, Andrade et al. (2015) também ao avaliarem microaspersores regulados novos e usados em laboratório observaram uma diferença na vazão entre os emissores novos e usados inferior a 2,5%.

Os trabalhos acima validam os resultados obtidos neste trabalho, no qual a resposta dos emissores pode seguir padrões distintos de variação da vazão ao longo do tempo de uso.

## CONCLUSÕES

Os microaspersores com quatro anos de uso apresentaram baixo coeficiente de variação de fabricação ( $CVF < 5\%$ ). A vazão nominal foi indiferente em relação ao catálogo, apenas nos emissores da Azud e Netafim. O tempo de uso dos microaspersores afetou menos as características hidráulicas do que a sua operação sob baixas pressão.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Agência de Desenvolvimento do Ceará (ADECE), Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho (SEDET - Ceará), Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC), Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), ao Programa Cientista-Chefe, pelo suporte financeiro e pela concessão de bolsas de estudo, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sobral (IFCE – Sobral) e ao Distrito de Irrigação Araras Norte (DIPAN) pelo apoio logístico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Irrigação localizada – microaspersores – requisitos gerais e métodos de ensaios**. NBR 15084, 2004. 14p.



ALMEIDA, O. A. **Entupimento de emissores em irrigação localizada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 61 p.

ALVES, W. W. A. et al. Variabilidade espacial de vazão e pressão em subunidade de microaspersão com emissores usados e novos. **Ambiente & Água**, v.3, n.3, p.67-80, 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2 ed., Brasília: ANA, 2021

ANDRADE, S. M. et al. Hydraulic performance of new and used self-compensating micro-sprinklers. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.6, p.3517-3528, 2015.

ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Design and Installation of Microirrigation Systems**. ASABE STANDARDS 2008, EP405.1 APR1988 (R2008). St. Joseph, 2008.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersion, exudacion**. 3. ed. Madri: Ed. Mundi 1996. 513p.

CARVALHO, C. M. et al. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Irriga**, v. 11, n. 1, p. 36-46, 2006.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.4, p.678-684, 1974.

LI, J. et al. Field evaluation of fertigation uniformity as affected by injector type and manufacturing variability of emitters. **Irrigation Science**, v.25, n.2, p.117-125, 2007.

MAZZER, H. R. et al. Avaliação de desempenho do microaspersor Amanco em bancada de testes. **Irriga**, v.13, n.3, p.426-437, 2008.

MOSTAFAZADEH, B.; KAHNOUJI, M. The Effect of irrigation water temperature on discharge for some Iranian Emitters in trickle irrigation. **Journal of Water and Soil Science**, v. 6, n. 1, p. 31-43, 2002.

POLONI, C. M. M. et al. Caracterização hidráulica de emissores microspray em diferentes pressões de serviço. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v.4, n.3, p.345-348, 2018.

PONTES, A. G. V. et al. Os perímetros irrigados como estratégia geopolítica para o desenvolvimento do semiárido e suas implicações à saúde, ao trabalho e ao ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, n. 11, p. 3213-3222, 2013.

SANDRI, D. et al. Influência do tempo de uso sobre as características hidráulicas do microaspersor do grupo modular. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.6, p.1089-1100, 2010.

SILVA, A. J. et al. Redução da salinidade e sodicidade de solo salino-sódico em condições de campo na região semiárida brasileira. **Scientia Plena**, v. 16, n. 9, p. 1-14, 2020.

SOARES, C. A. et al. Desempenho hidráulico e perfil de distribuição de água do microaspersor Twister em duas posições de instalação. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., 2014, Fortaleza. **Anais eletrônicos ...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014.

SOUZA, M.; RIBEIRO, A. A. Qualidade da água para fins de irrigação em regiões áridas e semiáridas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 13, n.4, p.355-359, 2019.

VALNIR JÚNIOR, M. et al. Análise de desempenho em laboratório de linha gotejadora antes e após sua utilização em campo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, n.4, p.351 - 360, 2011.

VALNIR JÚNIOR, M. et al. Irrigation demand of economically significant crops in the Araras Norte and Baixo Acaraú districts, Ceará, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, e6011930816, 2022.