

Teresina, PI / Dezembro, 2025

## Injetores de fertilizantes para uso em pequenos sistemas de irrigação

Francisco José de Seixas Santos<sup>(1)</sup>, Braz Henrique Nunes Rodrigues<sup>(1)</sup>, Newton de Lucena Costa<sup>(2)</sup>, João Avelar Magalhães<sup>(1)</sup> e Humberto Umbelino de Sousa<sup>(1)</sup><sup>(1)</sup>Pesquisador, Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. <sup>(2)</sup>Pesquisador, Embrapa Roraima, Boa Vista, RR.

### Introdução

O crescimento populacional, o aumento do consumo per capita, a expansão urbana e as restrições ao uso do solo estão criando um cenário de crescente demanda por alimentos, o que exige soluções inovadoras e sustentáveis para garantir a segurança alimentar global (Saath; Fachinello, 2018). Dessa forma, torna-se imprescindível ampliar a produtividade por unidade de área cultivada, visando atender a essa expansão.

No cenário atual, a agricultura irrigada ocupa uma área superior a 300 milhões de hectares, representando menos de 25% da superfície agrícola global. No entanto, essa fração responde por mais de 40% da produção agrícola total, evidenciando o papel crucial da irrigação na segurança alimentar mundial (Carvalho et al., 2020).

A técnica da fertirrigação se caracteriza pela integração simultânea dos processos de irrigação e de fertilização, promovendo a distribuição precisa e uniforme de nutrientes diretamente na zona radicular das plantas. Tal estratégia favorece a absorção eficiente dos elementos essenciais ao metabolismo vegetal, reduzindo perdas no perfil e na superfície do solo, além de contribuir para um manejo mais sustentável dos recursos naturais.

A fertirrigação surgiu concomitantemente com os avanços tecnológicos nos sistemas de irrigação e com a necessidade de aprimorar a eficiência na aplicação de fertilizantes. Atualmente, a fertirrigação tem sido amplamente integrada a diversos sistemas de produção agropecuários, promovendo aumentos na produtividade, na qualidade dos cultivos e na eficiência do uso de insumos. Seu avanço contínuo está fortemente vinculado ao desenvolvimento de formulações de fertilizantes solúveis e à evolução das tecnologias de monitoramento e controle da irrigação, consolidando-se como uma estratégia na agricultura irrigada moderna (Debbarma et al., 2018; Shukla et al., 2018). Além disso, estudos recentes indicam que a fertirrigação desempenha um papel fundamental na otimização da eficiência do uso de fertilizantes, reduzindo impactos ambientais decorrentes da lixiviação e volatilização, enquanto potencializa a absorção dos nutrientes pelas culturas agrícolas (Zheng et al., 2023).

Segundo Trani et al. (2011), a fertirrigação é considerada a técnica mais eficiente de adubação de culturas agrícolas, por causa da sua capacidade de integrar a aplicação de água e nutrientes, fatores essenciais ao crescimento e à produtividade vegetal, juntamente com a luz solar. Essa técnica fundamenta-se nos princípios da fisiologia vegetal e da química do solo, promovendo uma nutrição equi-

librada e um manejo hídrico eficiente, visando otimizar o crescimento e a produtividade das plantas.

A técnica da fertirrigação requer a utilização de equipamentos especializados que garantam a adequada solubilização e homogeneização dos nutrientes na solução nutritiva antes de sua distribuição na zona radicular das plantas (Santos; Lima, 2000; Trani et al., 2011). Entre esses dispositivos, os injetores de fertilizantes desempenham papel essencial, assegurando a homogeneização das soluções fertilizantes e a precisão na sua aplicação. Existem diferentes tipos de injetores utilizados na fertirrigação, incluindo os de pressão diferencial, os modelos venturi e os de bombeamento, cada um adaptado às especificidades dos sistemas de irrigação e às demandas nutricionais das culturas (Santos; Lima, 2000; Pinto; Brito, 2010).

A fertirrigação, embora demande investimentos iniciais em infraestrutura e capacitação técnica para manejo adequado, apresenta-se como uma alternativa economicamente viável em médio e longo prazos. Autores como Shukla et al. (2018) e Debarma et al. (2018) reportaram que essa técnica reduz a demanda por mão de obra e equipamentos destinados à aplicação de fertilizantes, além de otimizar o uso de água e aumentar a eficiência dos insumos agrícolas.

Assim, a fertirrigação não apenas promove uma nutrição mais eficiente das plantas, como também melhora a sustentabilidade da produção agrícola, reduzindo desperdícios e proporcionando condições ideais para o desenvolvimento vegetal. O uso adequado da fertirrigação aliado à escolha do sistema de injeção mais adequado a cada cultivo, é um fator determinante para o sucesso da agricultura irrigada.

O objetivo deste trabalho foi a avaliação de sistemas injetores de fertilizantes para uso em pequenos sistemas de irrigação baseados na maior eficiência hidráulica de distribuição de água e nutrientes pelo sistema de irrigação e no menor custo de aquisição/construção e operacionalização do injetor.

O trabalho está alinhado aos ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), 6 (Água Potável e Saneamento) e 12 (Consumo e Produção Sustentáveis) nas metas 2.4, 6.4 e 12.4, respectivamente.

## Cabeçal de controle e sistemas de injeção testados

O trabalho foi desenvolvido na Embrapa Meio-Norte/UEP de Parnaíba, em uma área experimental com cultivo de aceroleiras. O sistema de irrigação instalado, onde foram testados os injetores de fertilizantes, foi microaspersão com emissores autocompensantes, rotativos, proteção contra insetos, com redutor de raio, vazão de 40 Lh<sup>-1</sup> e um emissor por planta; tubulações laterais num total de 12, de polietileno PEBD, DN 16, DE 20 mm, parede de 1,2 mm, PN 400 KPa, material não reciclado, comprimento de 30 m, com o início das laterais em aranhas de 3/4" com seis saídas e um registro/aranha; cada linha lateral continha 15 microaspersores; espaçamento dos microaspersores de 3,5 x 2,0 m, totalizando 360 emissores na área irrigada; tubulações de derivação (dividindo ao meio a área irrigada) e principal de tubo PVC DN 50 mm, PN 40, soldável, e comprimento total de 50 m. O sistema de irrigação foi instalado em agosto de 2022 e realizada uma avaliação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) que resultou em um valor igual a 95,46% do coeficiente de variação igual a 4,25%.

O cabeçal de controle (Figura 1) foi colocado na tubulação principal, de tal forma que a água proveniente da fonte passasse por ele antes de chegar aos microaspersores. O cabeçal foi constituído de tubulação roscável de 1 1/2", registros de globo de 1 1/2" (controle de pressão no início do cabeçal e acionamento do injetor de fertilizante venturi), registro de globo 3/4" (fluxo de água aos injetores, injeção do fertilizante e manuseio dos manômetros). O filtro instalado foi de disco com dimensões 1 1/2" e capacidade de 15 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Durante as avaliações, as pressões foram registradas pelos manômetros na entrada do cabeçal (ENC), no ponto de acionamento do injetor (PAI), no ponto de entrada do fertilizante (PEF) e na entrada do filtro (ENF). Os manômetros foram calibrados e seus valores, ajustados. Na avaliação do injetor do tipo tubos de pitot foi instalado um hidrômetro (vazão nominal de 1,5 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, precisão em mL) para o registro do volume de água que passa pelo tanque de abastecimento hermeticamente fechado. Na avaliação dos outros três tipos de injetores, foi utilizado um reservatório graduado aberto (pressão atmosférica) para a determinação da taxa de aplicação da solução fertilizante.



Foto: Francisco José de Seixas Santos

**Figura 1.** Cabeçal de controle com filtro de disco, manômetros e registros.

### Os sistemas injetores de fertilizantes foram os seguintes:

I1 – bomba injetora com acionamento por energia solar, constituído por uma bomba de diafragma 80 W/12 V (pressão nominal 0,9 Mpa, vazão nominal de 5,5 L min<sup>-1</sup>), placa solar de 90 W, controlador e bateria de 12 V/7 A, que possibilitam a introdução da solução fertilizante (que se encontra à pressão atmosférica) no sistema de irrigação (Figura 2);

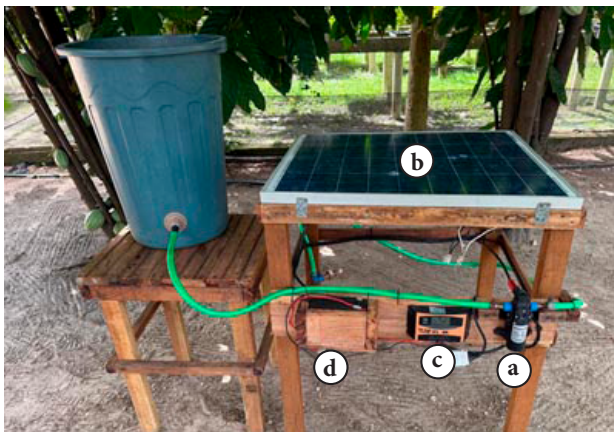


Foto: Francisco José de Seixas Santos

**Figura 2.** Sistema injetor com acionamento por energia solar: bomba de diafragma (a); placa solar (b); controlador (c); bateria (d).

I2 – injetor do tipo venturi ¾" sem pressurização adicional; equipamento fabricado de fibra de vidro com as partes internas de plástico resistente a substâncias químicas; funciona aumentando-se a velocidade da água que passa por uma seção estrangulada, provocando um vácuo na tubulação capaz de succionar a solução fertilizante de um reservatório aberto, sem pressão, para a linha de irrigação (pressurizada). O tubo venturi foi colocado em paralelo com a tubulação de irrigação (Figura 3);



Foto: Francisco José de Seixas Santos

**Figura 3.** Injetor do tipo enturi ¾" (peça verde) sem pressurização adicional.

I3 – injetor do tipo venturi ¾" com pressurização adicional, utilizando uma bomba periférica de 370 W/220 V (rotor de bronze, entrada e saída de 1", vazão máxima 2,4 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>), para reduzir as grandes perdas de cargas do sistema descrito anteriormente (Figura 4).



Foto: Francisco José de Seixas Santos

**Figura 4.** Injetor do tipo venturi ¾" com pressurização adicional (eletrobomba azul).

I4 – injetor com tubos de pitot, que utiliza dois desses aparelhos na tubulação de irrigação, um voltado contra o fluxo d'água e o outro a seu favor, criando um diferencial de pressão que força a passagem de parte do líquido pelo tanque de abastecimento, que é hermeticamente fechado e apresenta a mesma pressão do sistema de irrigação. O dois tubos de pitot foram confeccionados com joelhos (90°) de 16 mm (utilizados nas tubulações de polietileno) inseridos e fixados em uma tubulação de PVC roscável de 1½" (40 cm comprimento) (Figura 5).



**Figura 5.** Injetor com tubos de pitot e tanque hermeticamente fechado.

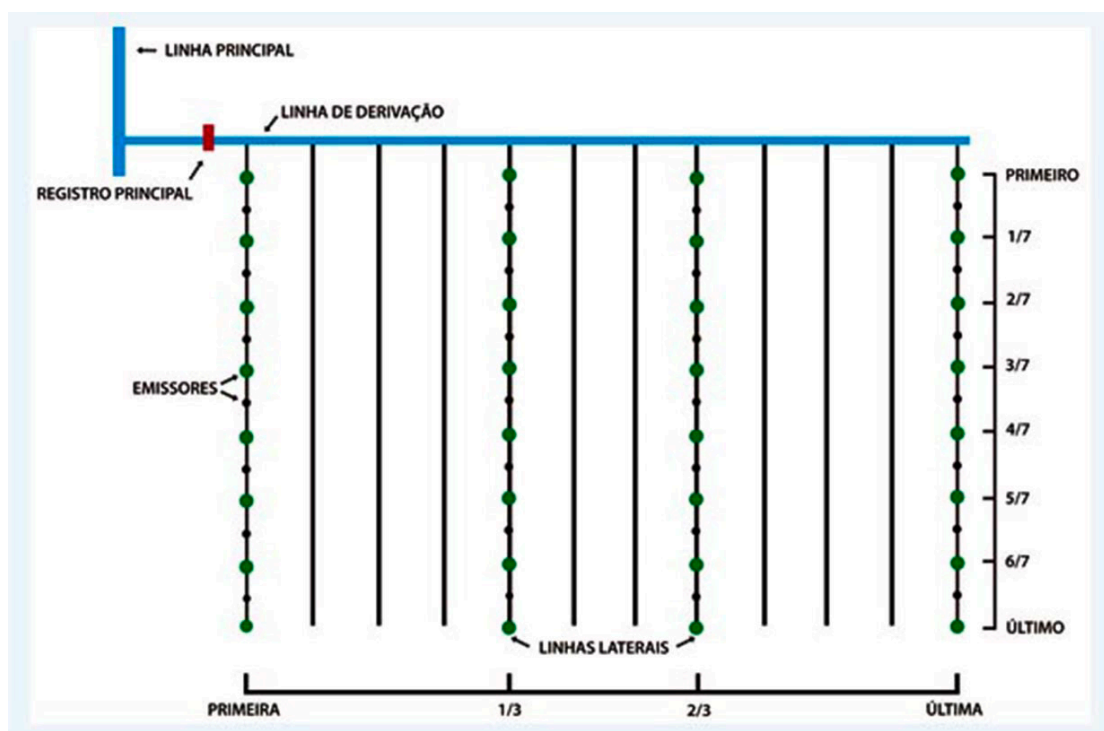
## Avaliação dos coeficientes de uniformidade e variação

A metodologia para coleta da vazão dos emissores, necessária à realização dos cálculos dos coeficientes de uniformidade e de variação, foi a de Keller e Karmeli (1975), modificada por Denículi et al. (1980) e apresentada por Bernardo et al. (2019). As avaliações foram feitas medindo-se a vazão de oito emissores ao longo de quatro linhas laterais, em cada setor de irrigação, totalizando 32 emisso-

res amostrados. As linhas laterais selecionadas ao longo da linha de derivação foram: a primeira linha lateral, a linha situada a  $1/3$  do comprimento, a linha situada a  $2/3$  do comprimento e a última linha lateral. Dentro de cada linha lateral, os emissores selecionados foram: o primeiro emissor, os situados a  $1/7$ ,  $2/7$ ,  $3/7$ ,  $4/7$ ,  $5/7$ ,  $6/7$  do comprimento da linha lateral e o último emissor (Figura 6).

O tempo de coleta em cada emissor selecionado foi de 15 segundos, fazendo-se uso de um direcionador de jato d'água (Figura 7); foram realizadas três repetições e os volumes foram coletados em recipientes com tampa, simultaneamente, em todos os emissores testados na linha lateral. Em seguida, os volumes foram medidos em proveta graduada em mililitro (mL) para determinação da vazão de cada emissor em litros por hora ( $L h^{-1}$ ); uma parte desse volume foi depositada em recipientes específicos para as análises laboratoriais de determinação da concentração do nutriente. Em cada teste dos diferentes injetores foi utilizada uma solução constituída de 6 kg de cloreto de potássio dissolvidos em 18 litros de água. O teor de potássio foi determinado em fotômetro de chama no Laboratório da UEP de Parnaíba.

De acordo com dados coletados, foram determinadas as uniformidades de distribuição de água e de fertilizante por meio do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e do coeficiente de variação (CV) conforme as seguintes equações:



**Figura 6.** Esquema de escolha dos emissores para coleta de vazões.



Foto: Francisco José de Seixas Santos

**Figura 7.** Coletor do jato d'água.

$$CUD = q_{25} \div q_m \dots\dots\dots(1)$$

Em que

**CUD:** coeficiente de uniformidade de distribuição de água (%)

$q_{25}$  : média de 25% das menores vazões (L h<sup>-1</sup>).

$q_m$ : média de todas as vazões (L h<sup>-1</sup>).

$$CV = Sd \div q_m \dots\dots\dots(2)$$

Em que

**CV:** coeficiente de variação (%).

**Sd:** desvio padrão dos valores de vazões (L h<sup>-1</sup>).

$q_m$ : média das vazões coletadas nos microaspersores (L h<sup>-1</sup>).

A uniformidade de distribuição da água (CUD) é um dos principais parâmetros para avaliação

da irrigação localizada e é crucial para o planejamento e operação do sistema (Bernardo et al., 2019). O coeficiente de variação (CV) permite o uso de conceitos estatísticos para obtenção de conclusões quantitativas devido a variações nas vazões resultantes de falhas na construção dos emissores com orifício de pequenas dimensões utilizados na irrigação localizada (Borssoi et al., 2012).

A interpretação dos valores de CUD e de CV foi realizada com base na metodologia apresentada por Mantovani (2001) e na norma ASAE (American Society of Agricultural Engineers), nos sistemas de irrigação e fertirrigação, citado por Borssoi et al. (2012), e apresentada na Tabela 1.

Os sistemas injetores de biofertilizantes foram avaliados por meio da determinação do CUD, do CV, das perdas de carga no cabeçal de controle e dos custos de implantação e utilização. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores dos coeficientes de uniformidade e de variação dos sistemas injetores de fertilizantes avaliados quanto à distribuição da água e do teor de nutrientes estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 1.** Classificação dos valores do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e do coeficiente de variação (CV) para sistemas de irrigação localizada.

Classificação	CUD (%)	CV (%)
Excelente	> 90	< 5
Bom	80 – 90	5 – 7
Razoável	70 – 80	7 – 11
Ruim	< 70	11 – 15
Inaceitável	-	> 15

Fonte: Mantovani (2001) e Borssoi et al.(2012).

**Tabela 2.** Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de variação (CV) dos sistemas injetores avaliados quanto à distribuição da água e de fertilizantes.

Injetor	Água (%)		Teor de nutriente (%)	
	CUD (%)	CV (%)	CUD (%)	CV (%)
Bomba solar	92,47 a	6,10 a	98,00 a	1,70 a
Venturi	93,29 a	5,69 a	97,92 a	2,20 a
Venturi + Bomba	92,02 a	7,05 a	96,43 a	4,35 a
Pitot	93,43 a	5,44 a	98,60 a	1,13 a

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Não houve diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os CUD e os CV dos diferentes sistemas injetores estudados tanto para distribuição de água quanto para distribuição de fertilizantes no sistema por microaspersão em estudo. Os CUDs de distribuição de água estão todos abaixo do valor encontrado na avaliação logo após a instalação (95,46%), assim como os CVs estão acima do valor encontrado em agosto de 2022 (4,25%). Fato justificado pelo desgaste natural de uso, com passagem de água e resíduos sólidos, que ocorre nas estruturas dos microaspersores, principalmente nos orifícios de saída.

Segundo Silva et al. (2019), a uniformidade é influenciada pelas diferenças de pressão, desgaste do sistema e entupimento, principalmente quando utilizados fertilizantes. Sandri et al. (2003) expuseram que as condições hidráulicas e a durabilidade dos equipamentos diante das diferentes condições de uso são fatores importantes a serem considerados no desempenho de sistemas de irrigação e que devem ser avaliados permanentemente.

Todos os valores encontrados de CUD para os sistemas injetores avaliados, tanto para distribuição de água quanto de fertilizantes, são classificados como “excelente” de acordo com Mantovani (2001). Para os padrões trabalhados por Borssoi et al. (2012), todos os CVs dos injetores, quanto à distribuição dos fertilizantes, são também classificados como “excelente”. Com relação à distribuição de água, os CVs variaram de “bom” (5,44; 5,69; 6,10) a “razoável”, com um valor um pouco acima do limite (7,05), referente ao injetor “venturi + bomba”.

Borssoi et al. (2012), ao avaliarem o CUD e o CV de um conjunto de irrigação familiar, encon-

taram em relação ao tratamento com irrigação a melhor pressão de 16 kPa classificado como “excelente” para CUD (91,2%) e “razoável” para CV (7,68%), enquanto na fertirrigação, a melhor pressão também foi de 16 kPa e classificado como “excelente” para CUD (91,03%) e “razoável” para CV (7,47%). Segundo os mesmos autores, quanto menor o CV, menor dispersão quando comparado à média e, em consequência, melhor será a distribuição uniforme de água e fertilizantes, resultando numa menor variabilidade espacial entre as lâminas. Em trabalho de Souza et al. (2017) de avaliação da uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por gotejamento, o CUD (73,8%) e o CV (9,4%) foram classificados como “razoável”. Em avaliação de um sistema de irrigação localizada por microaspersão, Martins et al. (2013) encontraram um CUD igual a 85,5%.

### Perdas de carga e taxas de aplicação da solução fertilizante

Na Tabela 3, são expostas as pressões nos diversos pontos do cabeçal de controle no momento da coleta de dados para avaliação de desempenho hidráulico dos sistemas injetores de fertilizantes, bem como as taxas de aplicação da solução fertilizante.

O sistema injetor de fertilizantes constituído apenas pelo venturi apresenta a maior perda de carga entre ENC e ENF com valor igual a 6,0 mca, além de ter a menor taxa de aplicação da solução fertilizante (22,5 L h<sup>-1</sup>). Os sistemas que apresentam as menores perdas de carga (1,0 mca) são venturi + bomba e tubos de pitot. O sistema injetor com bomba solar apresenta maior taxa de aplicação da solução fertilizante e perda de carga de 2,0 mca entre os dois pontos extremos do cabeçal de controle.

**Tabela 3.** Taxa de aplicação da solução fertilizante e pressão nos diferentes pontos do cabeçal de controle.

Injetor	Taxa de aplicação (L h <sup>-1</sup> )	Manômetro (mca)			
		ENC	PAI	PEF	ENF
Bomba solar	420,0	20,0	-	18,0	18,0
Venturi	22,5	20,0	17,5	14,0	14,0
Venturi + bomba	102,8	20,0	17,5	19,0	19,0
Tubos de pitot	282,3	15,0	-	-	14,0

Entrada do cabeçal (ENC); ponto de acionamento do injetor (PAI); ponto de entrada do fertilizante (PEF); entrada do filtro (ENF).

A eficiência do sistema de irrigação está relacionada à qualidade dos seus componentes e ao correto dimensionamento hidráulico do sistema. A determinação da perda de carga dos componentes do cabeçal de controle assume papel importante no que se refere ao funcionamento hidráulico do sistema (Oliveira, 2006).

A maior perda de carga no funcionamento do venturi, mesmo utilizando-se o esquema de *by pass*, é por causa da necessidade de perda localizada por meio da instalação de um registro na linha de irrigação para desviar parte do fluxo de água para o venturi. A perda de carga provocada pelo estrangulamento da tubulação, dependendo do modelo, pode variar de 10 a 50% da pressão de entrada (Almeida et al., 2011).

A bomba solar e o venturi + bomba fazem uso de pressão positiva para introdução da solução fertilizante no cabeçal de controle, a primeira usando a energia fotovoltaica (80 W/12 V) e a segunda utilizando energia convencional (370 W/220 V). A taxa de injeção da bomba solar (420

L h<sup>-1</sup>) é quatro vezes maior do que a taxa do venturi + bomba, mas o valor está acima da faixa de funcionamento (5 a 360 L h<sup>-1</sup>) das bombas injetoras comerciais acionadas pela pressão e/ou fluxo d'água de irrigação (Santos; Lima, 2000).

O princípio de funcionamento dos tubos de pitot é baseado na transformação de energia, em que os componentes de pressão e velocidade estão envolvidos, criando um pequeno diferencial de pressão entre a entrada e a saída do tanque de abastecimento (Almeida et al., 2011), portanto justificando a pequena perda de carga (1,0 mca) durante a avaliação do injetor.

### Custo dos sistemas de injeção

Os custos atualizados com individualização dos materiais utilizados na montagem dos sistemas injetores de fertilizantes avaliados estão expostos na Tabela 4. Todos os sistemas são de operacionalização e manutenção manual, sem automação.

**Tabela 4.** Custo dos sistemas injetores de fertilizantes.

Especificação	Un.	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
<b>I1 – Bomba injetora com acionamento por energia solar</b>				<b>760,00</b>
Bomba diafragma 80 W/12 V	un.	01	170,00	170,00
Placa solar 90 W	un.	01	310,00	310,00
Controlador de carga 30 A	un.	01	100,00	100,00
Bateria 12 V/7A	un.	01	100,00	100,00
Filtro 5 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	un.	01	80,00	80,00
<b>I2 – Injetor do tipo venturi sem pressurização adicional</b>				<b>100,00</b>
Venturi 3/4"	un.	01	100,00	100,00
<b>I3 – Injetor do tipo venturi com pressurização adicional</b>				<b>360,00</b>
Venturi 3/4"	un.	01	100,00	100,00
Bomba periférica de 370 W/220 V	un.	01	210,00	210,00
Cabos elétricos	un.	01	50,00	50,00
<b>I4 – Injetor com tubos de pitot</b>				<b>220,00</b>
Tubos de pitot 1/2"	un.	01	20,00	20,00
Reservatório inox de alta pressão	un.	01	200,00	200,00

Valores atualizados em julho/2025.

O custo do sistema injetor do tipo venturi sem pressurização adicional (I2) é o menor entre os avaliados, correspondendo a 13,15% do valor do sistema com maior custo (bomba injetora com acionamento por energia solar - I1). Os outros dois sistemas, injetor com tubos de pitot (I4) e injetor do tipo venturi com pressurização adicional (I3), apresentam custos respectivamente 120 e 260% maiores que o injetor do tipo venturi sem pressurização adicional (I2).

No experimento, todos os sistemas injetores foram classificados como “excelente”, quanto à distribuição de fertilizantes nos dois parâmetros avaliados (CUD e CV). O sistema venturi sem pressurização adicional (I2) apresenta a maior perda de carga no cabeçal de controle e baixa taxa de aplicação de fertilizantes, podendo trazer problemas de funcionamento em sistemas de irrigação onde a pressão de serviço seja menor do que 10 mca ou onde o manejo da fertirrigação requeira menor tempo de aplicação do fertilizante. A mobilidade de uso do venturi é muito limitada, a não ser que sejam usadas conexões extras para o seu uso em vários cabeçais distribuídos na área irrigada. A limitação de uso do injetor do tipo venturi com pressurização adicional (I3) é a necessidade de fonte de energia elétrica disponível distribuída nos vários cabeçais.

O sistema injetor com tubos de pitot (I4) pode ser fabricado pelo produtor e, pelo baixo custo, colocado nos vários cabeçais de uma área irrigada; o deslocamento será realizado apenas com o reservatório. Esse sistema de injeção é mais adaptado a produtores que trabalham com baixa pressão (menos de 10 mca).

O sistema bomba injetora com acionamento por energia solar (I1) apresenta maior taxa de aplicação de fertilizante e pequena perda de carga; sua mobilidade é completa, podendo ser usado em vários cabeçais da área trabalhada ou ser compartilhado com outros produtores. A bomba solar pode funcionar sem o controlador de carga e à bateria, entretanto a injeção perde estabilidade devido à presença ou ausência de nuvens.

## Considerações finais

Os quatro sistemas injetores de fertilizantes estudados (bomba injetora com acionamento por energia solar; injetor do tipo venturi ¾" sem pressurização adicional; injetor do tipo venturi ¾" com pressurização adicional; injetor com tubos de pitot) podem ser utilizados na operacionalização da técnica de fertirrigação em sistemas de irrigação localizados, com pressão no cabeçal de controle variando entre 15 e 20 mca.

O sistema injetor de menor custo de instalação (injetor do tipo venturi ¾" sem pressurização adicional) apresenta maiores problemas no manejo da fertirrigação.

## Referências

- ALMEIDA, O. A. de; SOUSA, V. F. de; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. de S. Métodos e equipamentos para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 289-316.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG: UFV, 2019. 545 p.
- BORSSOI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; REISDÖRFER, M.; HERNÁNDEZ, R. H.; FOLLADOR, F. A. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 4, p.718-726, Aug. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000400011>.
- CARVALHO, D. F. de; MARTINS, R. da C. F.; SANTOS, J. J. S. dos; TELES, G. C.; GENTILE, M. A. D.; OLIVEIRA, M. S. de. Evolution and current scenario of irrigated area in Brazil: systematic data analysis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 8, p. 505-511, Aug. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n8p505-511>.
- DEBBARMA, S.; BENIWAL, D.; SINGH, T. C.; DANIEL, G. R. Drip fertigation in vegetable crops for higher crop productivity and resource use efficiency: a review. **Chemical Science Review and Letters**, v. 7, n. 28, p. 971-977, 2018.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v. 27, n. 50, p. 155-162, 1980.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARTINS, C. L.; BUSATO, C.; SILVA, S. F. da; RODRIGUES, W. N.; REIS, E. F. dos. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação no sul do Estado do Espírito Santo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 236-241, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i2.1069>.

OLIVEIRA, C. F. de. **Perda de carga em filtros de tela e de discos utilizados na irrigação localizada**. 2005. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. DOI:10.11606/D.11.2006.tde-22022006-140618.

PINTO, J. M.; BRITO, R. A. L. **Equipamentos para aplicação de fertilizantes via irrigação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 27 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 231).

SAATH, K. C. D. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, Apr./Jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Metodologia para avaliação do desgaste por abrasão de bocais de aspersores rotativos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 7-12, abr. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000100002>.

SANTOS, F. J. de S.; LIMA, R. N. de. **Fertirrigação**: injetores. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Instruções técnicas, 7).

SHUKLA, M.; SADHU, A. C.; CHINCHMALATPURE, A. R.; PRASAD, I.; KUMAR, S.; CAMUS, D. Fertigation-modern technique of fertilizer application. **Indian Farmer**, v. 5, n. 9, p. 1062-1071, Sept. 2018.

SILVA, M. V. da; DIAS, I. C. G. M.; ALMEIDA, G. L. P. de; BATISTA, P. H. D.; SILVA, R. A. B. da. Modelagem do comportamento hidráulico de microaspersores ao longo da linha lateral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 68-76, abr. 2019.

SOUZA, M. H. C.; SANTOS, R. D. C.; BASSOI, L. H. Avaliação da uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 4.; CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 26.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE, 3., 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI: ABID: UFC, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res4020655>.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 51 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196).

ZHENG, J.; ZHOU, M.; ZHU, B.; FAN, J.; LIN, H.; REN, B.; ZHANG, F. Drip fertigation sustains crop productivity while mitigating reactive nitrogen losses in Chinese agricultural systems: evidence from a meta-analysis. **The Science of the Total Environment**, v. 886, p. 163804, Aug. 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163804.

#### Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5.650,  
Bairro Buenos Aires  
Caixa Postal 01  
64008-480, Teresina, PI  
[www.embrapa.br/meio-norte](http://www.embrapa.br/meio-norte)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações

Presidente: *José Almeida Pereira*

Secretária-executiva: *Edna Maria Sousa Lima*

Membros: *Orlane da Silva Maia, Maria Eugênia Ribeiro, Kaesel Jackson Damasceno e Silva, Lígia Maria Rolim Bandeira, Alexandre Kemenes, Ana Lúcia Horta Barreto, Carlos Antônio Ferreira de Sousa, Carlos César Pereira Nogueira, Francisco de Brito Melo, Ricardo Montalvan Del Aguila, Robério dos Santos Sobreira, Sérgio Luiz de Oliveira Vilela e Valdemir Queiroz de Oliveira*

#### Comunicado Técnico 276

ISSN 0104-7647

Dezembro, 2025

Edição executiva: *Lígia Maria Rolim Bandeira*

Revisão de texto: *Francisco de Assis David da Silva*

Normalização bibliográfica: *Orlane da Silva Maia*  
(CRB-3/915)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Jorimá Marques Ferreira*

Publicação digital: PDF



Ministério da  
Agricultura e Pecuária

Todos os direitos reservados à Embrapa.