



Performance da irrigação no perímetro Jacaré-Curituba, Sergipe

Irrigation performance in the Jacaré-Curituba Irrigation District, Sergipe

Clayton Moura de Carvalho ¹, Antenor Oliveira Aguiar Netto ², Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas ², Raimundo Rodrigues Gomes Filho ², Manoel Valnir Júnior ³

RESUMO

A agricultura irrigada é muito importante para o desenvolvimento de uma região. Trata-se de uma atividade que só é rentável e sustentável se realizada de forma adequada através de técnicas que maximizem a eficiência do uso da terra e da água. Sendo assim, é importante a avaliação dos parâmetros que afetam a qualidade da irrigação, especialmente aqueles relacionados à uniformidade de distribuição de água. Mediante o exposto, objetivou-se avaliar o desempenho do sistema de irrigação no Perímetro Irrigado Jacaré-Curituba, obtendo assim a real situação da prática de irrigação. Para a avaliação foram observadas as diferenças de pressão e vazão dos sistemas, bem como calculado o coeficiente de uniformidade e a eficiência de aplicação de água. A situação da prática de irrigação no local é preocupante, visto que o coeficiente de uniformidade foi classificado apenas como razoável e eficiência de aplicação de água como inaceitável. E foi constatado que os irrigantes mesmo utilizando o sistema de irrigação localizada não possuem conhecimento tecnológico necessário para a sua correta operação, não se preocupando com a avaliação periódica do mesmo, além da inexistência de alguma prática de manejo podendo agravar ainda mais o problema de salinização do solo evidenciando a carência de assistência técnica.

Palavras-chave: Avaliação de irrigação; Coeficiente de uniformidade; Eficiência de aplicação; Irrigação localizada; Agricultura irrigada.

ABSTRACT

Irrigated agriculture is very important for the development of a region. It is an activity that is only profitable and sustainable if carried out properly using techniques that maximize the efficiency of land and water use. Therefore, it is important to evaluate the parameters that affect the quality of irrigation, especially those related to the uniformity of water distribution. Given the above, the objective was to evaluate the performance of the irrigation system in the Jacaré-Curituba Irrigated Perimeter, thus obtaining the real situation of irrigation practice. For the evaluation, the differences in pressure and flow of the systems were observed. Additionally, the uniformity coefficient and the efficiency of water application were calculated. The situation of irrigation practice in the location is worrying, since the uniformity coefficient was classified only as reasonable and the efficiency of water application as unacceptable. And it was found that irrigators, even when using the localized irrigation system, do not have the technological knowledge necessary for its correct operation, and are not concerned with its periodic evaluation, in addition to the lack of any management practice, which could further aggravate the problem of soil salinization, highlighting the lack of technical assistance.

Keywords: Irrigation assessment; Uniformity coefficient; Application efficiency; Localized irrigation; Agricultural irrigation.

¹ Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe;

² Universidade Federal de Sergipe;

³ IFCE Campus Sobral;

Autor correspondente 1: carvalho_cmc@yahoo.com.br

Recebido em: 18/03/2025. Aceito em: 29/06/2026.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada apresenta-se como importante estratégia para otimização da produção de alimentos, proporcionando um desenvolvimento sustentável no campo, com geração de emprego e renda (Valnir Júnior *et al.*, 2016).

Em contrapartida, a disponibilidade hídrica tem se tornado cada vez mais limitante, especialmente no Nordeste brasileiro, exigindo um manejo criterioso e preciso. Essa abordagem fundamenta-se não apenas na otimização da produtividade e da qualidade comercial das culturas, mas também no uso sustentável dos recursos hídricos. Para tanto, tornam-se indispensáveis a quantificação precisa da necessidade hídrica das plantas, por meio de um manejo eficiente, e a correta operação técnica dos sistemas de irrigação (Valnir Júnior *et al.*, 2016; Bernardo *et al.*, 2019; Valnir Júnior *et al.*, 2022; Dal Ri, *et al.*, 2025).

Devido às especificidades climáticas do semiárido, a atividade agrícola dependente do regime pluvial apresenta baixa previsibilidade, alto risco e produtividade limitada (Araújo *et al.*, 2021). Como estratégia para mitigar essa vulnerabilidade, a irrigação localizada é amplamente adotada no cultivo de frutíferas, pois assegura elevada eficiência de aplicação de água e viabiliza a produção em condições de escassez hídrica severa (Vidal *et al.*, 2025; Figueredo Júnior *et al.*, 2025).

Apresentando-se como essencial para o desenvolvimento regional, a agricultura irrigada só atinge viabilidade econômica e sustentabilidade quando executada adequadamente, aplicando técnicas que otimizam o uso dos recursos hídricos e do solo (Carvalho *et al.*, 2025).

Os parâmetros associados às boas práticas de irrigação são determinantes no planejamento e na operação de sistemas irrigados. Por essa razão, recomenda-se a manutenção anual dos sistemas de irrigação e a determinação da uniformidade de distribuição de água, a fim de monitorar o desempenho operacional e corrigir eventuais distorções. Os resultados desses testes subsidiam tanto o manejo diário quanto o diagnóstico de necessidades de reparos no sistema de irrigação. Consequentemente, a uniformidade de aplicação deve ser considerada um indicador essencial para aferir o estado de conservação e a eficiência global do sistema (Martins Filho e Farias, 2020; Fina e Rosa-Andino, 2024).

A avaliação da irrigação é uma importante etapa para se obter as informações relacionadas à eficiência de uso da água do sistema de irrigação, perdas durante a aplicação, a uniformidade de distribuição de água, o funcionamento real do sistema (vazão, pressão, lâmina, entupimento, etc.) e a necessidade de manutenção, podendo-se evitar problemas como baixa uniformidade e eficiência, obtendo-se assim valores de aplicação aceitáveis (Alves *et al.*, 2020; Andrade *et al.*, 2021; Elhussiny *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023; Cunha *et al.*, 2023; Cunha *et al.*, 2024; Carvalho e Aguiar Netto, 2025).

O desempenho operacional de sistemas de irrigação localizada é rotineiramente avaliado por meio de coeficientes de uniformidade, destacando-se o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) como o índice mais usual. Essa preferência fundamenta-se na capacidade do CUD de aplicar um tratamento estatístico mais rigoroso às variações na aplicação de água que ocorrem ao longo da linha lateral (Araquam & Campeche, 2012; Cunha *et al.*, 2024; Vilela *et al.*, 2025).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a performance de sistemas de irrigação em lotes agrícolas do Perímetro Jacaré-Curituba, SE, estabelecendo um diagnóstico real e atualizado da irrigação na região.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em novembro de 2024, no Perímetro Irrigado Jacaré-Curituba, localizado no noroeste do Estado de Sergipe, entre os municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo, na região semiárida do Alto Sertão Sergipano (Figura 1).

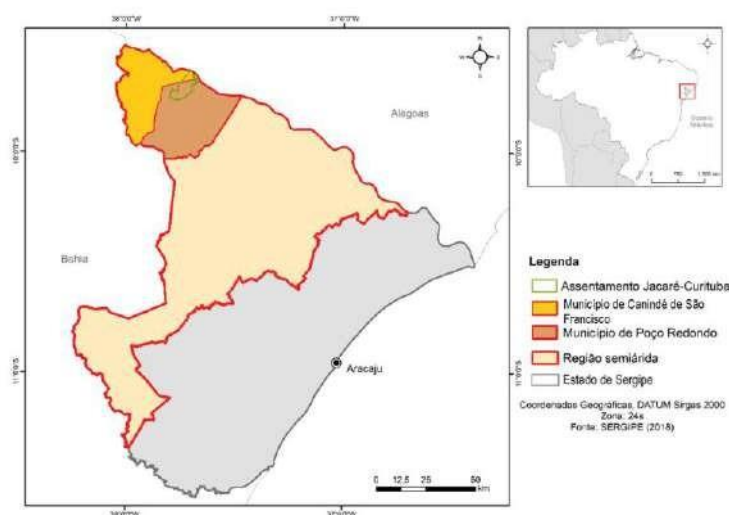


Figura 1. Localização da área de estudo no Estado de Sergipe, Brasil.

Fonte: Lucas *et al.* (2021).

Segundo Menezes *et al.* 2015, a área total irrigada do perímetro de irrigação é de 1.860 ha, distribuídos em 630 lotes e cada lote com dimensões variando de 2,5 a 3 ha, configurando assim, o maior perímetro irrigado da América Latina destinado à agricultura familiar, com cerca de 700 famílias beneficiadas. Onde os sistemas de irrigação localizada por microaspersão e gotejamento são predominantes e as principais culturas exploradas são quiabo, feijão, milho, mandioca, frutas e hortaliças em geral.

O perímetro de irrigação é distribuído em 4 setores numerados de 0 a 3, sendo estes setores destinados para irrigação e pecuária. Para a avaliação do sistema de irrigação, selecionou-se uma amostra de 16 lotes no Perímetro Irrigado Jacaré-Curituba, definida conforme a metodologia de Barbetta (2002). A indicação e seleção das unidades foram realizadas diretamente pela Codevasf, distribuindo os lotes entre os setores pressurizados

1, 2 e 3 para garantir representatividade espacial e operacional. O setor 0 foi excluído por operar por gravidade, sem dependência de bombas elevatórias. Os critérios priorizaram pequenos e médios produtores com mão de obra familiar e predisposição à adoção tecnológica, que utilizassem irrigação por microaspersão ou gotejamento, cujas áreas não apresentassem problemas aparentes de salinização do solo.

Na realização dos testes hidráulicos de campo, os equipamentos usados para medir as vazões dos emissores em campo foram: um cronômetro digital e provetas graduadas de 500 e 1.000 mL, enquanto para medir as pressões de serviço dos emissores foram utilizados: manômetro glicerinado com unidade em kgf cm^{-2} e conectores.

Os emissores de irrigação foram selecionados de acordo com metodologia descrita por Keller & Karmelli (1975), ou seja, foram selecionadas quatro linhas laterais sobre a linha de derivação/secundária em funcionamento, as quais se encontravam nas seguintes posições: primeira linha; 1/3 do comprimento da linha de derivação/secundária; a 2/3 da linha derivação/secundária e última linha. Após selecionar as quatro linhas laterais ao longo da derivação/secundária, foram selecionados quatro pontos ao longo da linha lateral, nas seguintes disposições: primeiro emissor, emissor a 1/3 do comprimento da linha lateral, emissor a 2/3 do comprimento da linha lateral e o último emissor, totalizando assim 16 emissores.

As avaliações dos emissores selecionados, de acordo com a metodologia acima descrita, foram realizadas com três repetições de coleta dos volumes de água, para obtenção da média, com uma duração de tempo de 30 segundos para cada. Posteriormente, com ao auxílio de planilha eletrônica desenvolvida pelo próprio autor, calculou-se a vazão média em L h^{-1} e, por fim, foram medidas as pressões de serviço em cada um dos microaspersores selecionados.

Com os valores de vazão e pressão foi possível determinar as variações médias de vazão (ΔQ) e pressão (ΔP) ao longo das linhas laterais de cada lote avaliado, conforme as equações 1 e 2:

$$\Delta Q = \frac{Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}}{Q_{\text{máx}}} \times 100 \quad (1)$$

Onde: ΔQ – variação de vazão em %; $Q_{\text{máx}}$ – valor máximo de vazão em L h^{-1} ; $Q_{\text{mín}}$ – valor mínimo de vazão em L h^{-1}

$$\Delta P = \frac{P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}}}{P_{\text{máx}}} \times 100 \quad (2)$$

Onde: ΔP – variação de pressão em %; $P_{\text{máx}}$ – valor máximo de pressão em kgf cm^{-2} ; $P_{\text{mín}}$ – valor mínimo de pressão em kgf cm^{-2} .

Através dos dados coletados em campo foi possível verificar o desempenho dos sistemas de irrigação do perímetro avaliado por meio do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição – CUD e da Eficiência de Aplicação de Água – Ea, conforme as equações 3 e 4.

$$CUD = \frac{Q_n}{Q_a} \times 100 \quad (3)$$

Onde: *CUD* – coeficiente de uniformidade de distribuição em %; *Q_n* – média das 25% menores vazões dos emissores em L h⁻¹; *Q_a* – média das vazões de todos os emissores avaliados em L h⁻¹.

$$Ea = Ks \times CUD \quad (4)$$

Onde: *Ea* – eficiência de aplicação de água em %; *Ks* – coeficiente de transmissividade em decimal. Para este estudo utilizou-se o valor de 0,90 (90%), sendo que o *Ks* desejável está em torno de 85 a 90% segundo Vermeiren & Jobling (1997).

Os cálculos do coeficiente de uniformidade e da eficiência de aplicação foram realizados via planilha eletrônica própria, seguindo os critérios de desempenho de Mantovani *et al.* (2009) e Bernardo *et al.* (2019). Assim, o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (*CUD*) é classificado como excelente ($\geq 84\%$), bom (68% a 84%), razoável (52% a 68%), ruim (36% a 52%) ou inaceitável ($< 36\%$). Já a Eficiência de Aplicação (*Ea*) é considerada ideal ($> 95\%$), aceitável (80% a 95%) ou inaceitável ($< 80\%$).

Durante a coleta de dados de vazão e pressão dos emissores em campo, através de formulário específico, também foram coletadas informações sobre a prática da irrigação, tais como: idade de sistema, periodicidade da avaliação dos sistemas de irrigação, manejo de irrigação adotado, tempo de irrigação adotado, frequência de irrigação adotado e existência de assistência técnica para o manejo da irrigação e adubação.

A coleta de dados técnicos com os irrigantes foi conduzida em conformidade com os princípios éticos de pesquisa e sigilo profissional. Todos os produtores participaram voluntariamente e assinaram um formulário simples de anuência prévia antes da aplicação dos diagnósticos em campo. Garantiu-se o anonimato total dos participantes e a confidencialidade das informações coletadas sobre as práticas de manejo. Por fim, as informações foram codificadas na matriz de resultados e utilizadas unicamente para fins científicos, sem qualquer exposição individual ou comercial dos agricultores. Por se tratar de um diagnóstico estritamente técnico-operacional de engenharia de irrigação, o estudo está dispensado de submissão ao sistema CEP/CONEP, conforme a Resolução CNS nº 510/2016.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. DIAGNÓSTICO DO MANEJO E DA PRÁTICA DA IRRIGAÇÃO

A totalidade dos lotes avaliados no Perímetro Irrigado Jacaré-Curituba utiliza o sistema de microaspersão para atender a uma ampla diversidade de culturas (Tabela 1), padrão que valida o panorama produtivo regional traçado por Meneses *et al.* (2015). No entanto, a homogeneidade tecnológica contrasta com o severo déficit de gestão operacional: 87,5% dos sistemas possuem mais de 8 anos de uso e nenhum lote realiza avaliações periódicas de desempenho da irrigação.

Tabela 1. Informações gerais sobre a irrigação e culturas cultivadas nos lotes avaliados

Lot	SI	Id	Cult	Ater	Per	MI	TI	TR
L ₁	microaspersão	9 anos	abóbora	não	nenhum	nenhum	4 horas	dias alternados
L ₂	microaspersão	9 anos	macaxeira	não	nenhum	nenhum	4 horas	dias alternados
L ₃	microaspersão	9 anos	quiabo	não	nenhum	nenhum	4 horas	dias alternados
L ₄	microaspersão	9 anos	capim	não	nenhum	nenhum	4 horas	dias alternados
L ₅	microaspersão	9 anos	quiabo	não	nenhum	nenhum	4 horas	dias alternados
L ₆	microaspersão	13 anos	acerola	não	nenhum	nenhum	4 horas	dias alternados
L ₇	microaspersão	13 anos	macaxeira	não	nenhum	nenhum	6 horas	dias alternados
L ₈	microaspersão	5 meses	banana	não	nenhum	nenhum	2 horas	diário
L ₉	microaspersão	13 anos	feijão	não	nenhum	nenhum	2 horas	dias alternados
L ₁₀	microaspersão	11 anos	feijão	não	nenhum	nenhum	2 horas	dias alternados
L ₁₁	microaspersão	11 anos	milho	não	nenhum	nenhum	3 horas	2 vezes por semana
L ₁₂	microaspersão	1 ano	banana	não	nenhum	nenhum	3 horas	dias alternados
L ₁₃	microaspersão	13 anos	quiabo	não	nenhum	nenhum	9 horas	a cada 3 dias
L ₁₄	microaspersão	13 anos	milho	não	nenhum	nenhum	8 horas	dias alternados
L ₁₅	microaspersão	11 anos	capim	não	nenhum	nenhum	8 horas	dias alternados
L ₁₆	microaspersão	11 anos	pimenta	não	nenhum	nenhum	2 horas	diário

Lot – lotes avaliados; SI – sistema de irrigação utilizado; Id – idade do sistema de irrigação; Cult – cultura cultivada no lote avaliado; Ater – existência de assistência técnica no manejo da irrigação e adubação; Per – periodicidade da avaliação do sistema de irrigação; MI – manejo de irrigação adotado; TI – tempo de irrigação adotado e TR – turno de rega adotado.

Fonte: os autores (2025)

A literatura preconiza que a avaliação de sistemas de irrigação localizada deve abranger desde o dimensionamento inicial até a fase operacional. Diagnósticos frequentes e manutenções anuais são indispensáveis para aferir a uniformidade de distribuição de água, identificar anomalias hidráulicas e corrigir distorções de fluxo (Moura, 2005; Alves *et al.*, 2008; Meneses *et al.*, 2015; Alves *et al.*, 2020; Andrade *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023).

O uso prolongado de emissores sem manutenção periódica acentua a obstrução física de seus orifícios. Essa falha operacional gera a despadronização do desenvolvimento das culturas e a consequente queda no rendimento comercial da produção (Nascimento *et al.*, 2009).

Esta lacuna de manutenção preventiva decorre, fundamentalmente, da escassez de informação técnica. Embora utilizem uma tecnologia de irrigação localizada intrinsecamente eficiente, os produtores carecem de capacitação para compreender os retornos econômicos da avaliação preventiva (Valnir Júnior *et al.*, 2016). Conforme pontua Moura (2005), o desconhecimento dos limites funcionais do equipamento inviabiliza sua

operação correta, o que precipita o desgaste precoce da infraestrutura hidráulica e consolida uma rotina de desperdício de água e energia elétrica.

O reflexo prático dessa desassistência é evidenciado nos distúrbios físicos identificados em campo (Figura 2):

- Falta de reposição técnica: Fechamento inadequado de finais de linha e cortes na tubulação lateral geram vazamentos contínuos.
- Improvisação operacional: Não substituição de emissores danificados, ocorrendo a interrupção manual do fluxo por meio da dobra ou vedação rudimentar dos microtubos.
- Deterioração de componentes: Registros de linha defeituosos e conexões frouxas operam sem reparos, mascarados ou encobertos por pedras.
- Colapso por entupimento: Há obstrução total de microaspersores por material particulado e biofilme, sem qualquer intervenção de limpeza.



A – Vazamento no final de linha em decorrência de fechamento inadequado; B – Não substituição de emissor na área de cultivo, efetuando simplesmente o interrompimento de água no microtubo; C – Vazamento em registro de linha com defeito; D – Vazamento em linha lateral encoberto com pedras; E – Vazamento em linha lateral na conexão no microtubo do microaspersor; F – Vazamento decorrente de corte na linha lateral; G – Entupimento total do microaspersor com causas de fácil visualização; H – Entupimento total do microaspersor sem causas de fácil visualização.

Figura 2. Problemas constantes nos lotes avaliados que afetam negativamente o desempenho da prática da irrigação

Fonte: os autores (2025)

Essa desordem técnica é agravada pelo fato de 100% dos irrigantes operarem sem assistência técnica e sem ferramentas de manejo hídrico (Tabela 1). A aplicação de água e fertilizantes ocorre de forma empírica. Os tempos e turnos de rega arbitrários geram lâminas excessivas que catalisam processos de erosão hídrica e lixiviação de nutrientes. Segundo Barreto *et al.* (2004), em regiões semiáridas, esse padrão acelera a degradação ambiental por problemas de drenagem e salinização progressiva do solo. Lucas *et al.* (2019) alertam que o risco salino em Jacaré-Curituba é cumulativo; a persistência de práticas inadequadas induzirá a toxicidade radicular, inviabilizando economicamente a agricultura irrigada local a médio prazo.

3.2 ANÁLISE DA VARIABILIDADE HIDRÁULICA: VAZÃO E PRESSÃO DE SERVIÇO

Os parâmetros hidrodinâmicos médios obtidos no perímetro foram de 49,53 L h⁻¹ para vazão e 105,32 kPa para pressão de serviço (Tabela 2). Esses números revelam um severo descompasso em relação às especificações de projeto. O emissor original (Supernet Lr da Netafim) possui vazão nominal projetada de 35 L h⁻¹ e exige uma faixa operacional de 150 a 400 kPa para ativar seu mecanismo autocompensante (Meneses *et al.*, 2015). Como 14 dos 16 lotes avaliados ainda operam com a infraestrutura implantada originalmente há mais de 9 anos, o sistema funciona fora da zona de controle do fabricante.

Tabela 2. Vazão e pressão dos lotes avaliados

Lot	Q _{méd}	P _{méd}	LP		L1/3		L2/3		LU	
			ΔQ	ΔP	ΔQ	ΔP	ΔQ	ΔP	ΔQ	ΔP
L ₁	42,56	81,40	73,79	50,00	29,11	0	18,03	28,57	19,35	10
L ₂	49,20	152,00	55,00	37,50	66,85	41,18	84,69	22,22	73,60	5
L ₃	29,33	49,03	72,30	66,67	35,59	75,00	100	62,5	43,84	77,78
L ₄	55,73	120,62	100,00	66,67	17,95	0	100	60	25,61	64,71
L ₅	27,45	40,21	100,00	88,89	100,00	88,89	100	80	58,82	83,33
L ₆	54,00	202,02	56,77	8,70	22,35	15,00	7,95	0	51,88	9,09
L ₇	42,90	118,66	11,84	20,00	61,49	25,00	10,14	15,38	30,67	21,43
L ₈ *	157,16	-	15,51	-	17,50	-	34,90	-	43,71	-
L ₉	50,29	102,97	65,19	7,69	75,00	63,64	60,74	41,67	55,88	21,43
L ₁₀	49,50	195,15	26,88	9,52	3,45	13,04	16,47	15,79	13,19	13,64
L ₁₁	35,21	105,91	44,26	10,00	22,58	10,00	40	10	27,03	47,37
L ₁₂	29,93	86,30	100,00	46,15	100,00	45,45	100	54,55	100	45,45
L ₁₃	38,48	34,32	63,89	0,00	67,54	0	61,29	60	44,76	37,5
L ₁₄	25,91	35,30	17,78	33,33	14,63	60,00	34,62	60	62,77	50
L ₁₅	46,20	101,01	53,17	45,45	61,78	16,67	76,82	9,09	100	20
	58,69	154,95	39,39	5,88	48,67	16,67	17,43	14,29	47,06	35,29
Média	49,53	105,32	55,99	33,10	46,53	31,37	53,94	35,60	49,29	36,13

Lot – lotes avaliados; Q_{méd} – vazão média observada no sistema (L h⁻¹); P_{méd} – pressão de serviço média do sistema (kPa); LP – linha lateral posicionada no início da linha de derivação/secundária; L1/3 – linha lateral posicionada a 1/3 do comprimento da linha de derivação/secundária; L2/3 – linha lateral posicionada a 2/3 do comprimento da linha de derivação/secundária; LU – linha lateral posicionada no final da linha de derivação/secundária; ΔQ – variação de vazão ao longo da linha lateral (%); ΔP – variação de pressão ao

longo da linha lateral (%). * Lote onde não foi possível medir a pressão de serviço devido ao diâmetro do microtubo instalado no microaspersor e falta de conexão existente no local.

Fonte: os autores (2025)

Embora a amplitude de vazão real medida em campo (25,91 a 58,69 L h⁻¹) seja mais estreita do que a reportada histórica e localmente por Meneses *et al.* (2015) (13,2 a 90,6 L h⁻¹), isso não traduz uma evolução técnica da área. Além de vazamentos e entupimentos, constatou-se uma grave descaracterização das subunidades de irrigação:

- Heterogeneidade de emissores comerciais: Coexistem microaspersores de marcas, modelos e vazões nominais distintas em uma mesma linha lateral.
- Adulteração de emissores: Há remoção intencional do diafragma de silicone autocompensante por parte dos agricultores.

O produtor retira o diafragma na tentativa empírica de elevar a vazão do sistema. Todavia, essa alteração anula a capacidade do emissor de amortecer as flutuações de pressão, o que resulta em extrema desuniformidade hidráulica e estabelece padrões de acentuada variabilidade de distribuição de água na área cultivada (Figura 3).

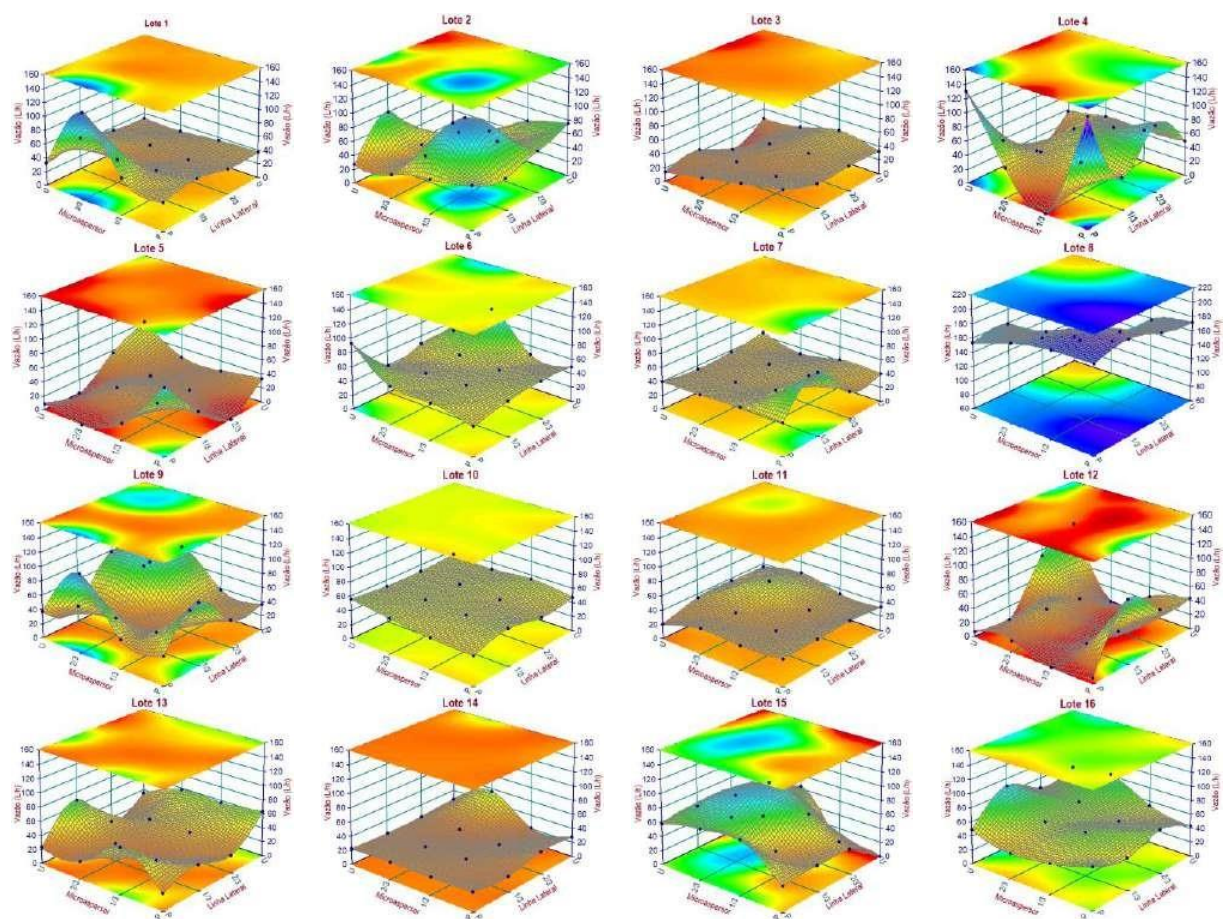


Figura 3. Comportamento da variação de pressão e vazão observada nos lotes avaliados

Fonte: os autores (2025)

A variação média de vazão entre os lotes atingiu 51,44%. Esse índice supera drasticamente o limite máximo de 10% preconizado por Keller e Karmeli (1974). Apenas seções isoladas (L10 a 1/3 do comprimento e L6 a 2/3 da linha secundária) demonstraram conformidade técnica. Esse desvio crítico converge com os achados de Alves *et al.* (2008) no Perímetro de São Gonçalo-PB, onde a degradação de componentes usados elevou a variação de vazão a 36,36%.

Quanto à pressão de serviço, apenas 28,57% das unidades com tempo de operação igual ou superior a 9 anos mantêm pressões acima do mínimo técnico de 150 kPa. Ademais, 40% das propriedades funcionam abaixo do limiar crítico de 100 kPa, restrição que compromete o funcionamento básico de qualquer microaspersor, conforme Dwivedi e Pandya (2016).

Além dos vazamentos pontuais nas linhas de campo (Figura 2), a gênese dessa subpressão generalizada repousa em uma falha de planejamento macroestrutural. O Perímetro Jacaré-Curituba foi dimensionado hidraulicamente para atender a grandes lotes empresariais; contudo, a área sofreu posterior reordenamento fundiário para o assentamento da agricultura familiar. Como o fracionamento dos lotes originais não foi acompanhado pela readequação das redes de distribuição secundárias e terciárias, o sistema colapsou por sobrecarga e incompatibilidade hidráulica.

Dessa forma, somente 13,33% dos lotes (L6 e L10) mantêm a variação de pressão dentro do limite tolerável de 20% preconizado por Keller e Karmeli (1974). Em contrapartida, 26,67% (L3, L5, L12 e L14) excedem integralmente essa margem. Um fenômeno analítico notável ocorre quando as linhas laterais apresentam variação de pressão nula (0%), mas registram oscilações extremas de vazão ao longo da mesma tubulação (Figura 4). Essa contradição técnica comprova que a variabilidade de vazão em Jacaré-Curituba já não depende unicamente da perda de carga hidráulica, mas é governada pelo entupimento em massa e pela inserção desordenada de emissores com diferentes coeficientes de descarga (K) na mesma linha de irrigação.

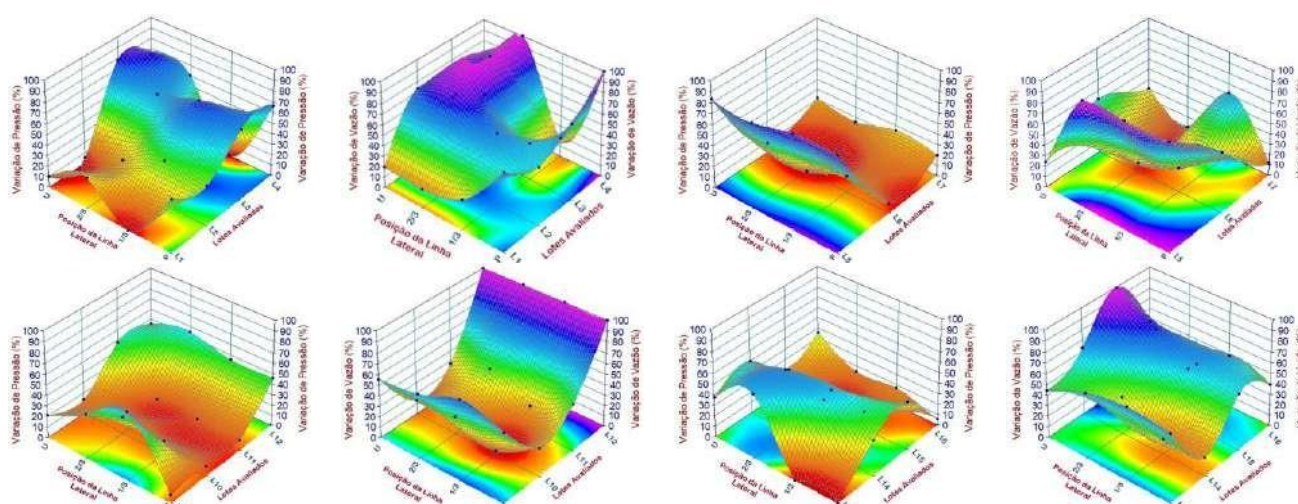


Figura 4. Comportamento da variação de pressão e vazão observada nos lotes avaliados

Fonte: os autores (2025)

Comportamento análogo de desconformidade na pressão de serviço foi reportado no mesmo perímetro por Meneses *et al.* (2015), cenário no qual apenas 25% dos lotes avaliados atendiam aos limites operacionais recomendados por Keller e Karmeli (1974).

3.2 COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE (CUD) E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO (Ea)

Os indicadores agregados revelam um cenário de degradação da eficiência hídrica.

O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) médio posicionou-se no limite da classificação "Razoável" (55,03%), enquanto a Eficiência de Aplicação de Água (Ea) média desabou para 49,53%, índice categorizado como "Inaceitável" (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de CUD e Ea com suas respectivas classificações

Lot	Q _{méd}	P _{méd}	CUD		Ea	
			%	Classificação ¹	%	Classificação ²
L1	42,56	81,40	72,6	Bom	65,34	Inaceitável
L2	49,20	152,00	41,77	Ruim	37,59	Inaceitável
L3	29,33	49,03	52,69	Razoável	47,42	Inaceitável
L4	55,73	120,62	33,65	Inaceitável	30,28	Inaceitável
L5	27,45	40,21	8,2	Inaceitável	7,38	Inaceitável
L6	54,00	202,02	80,28	Bom	72,25	Inaceitável
L7	42,90	118,66	80,77	Bom	72,69	Inaceitável
L8*	157,16	-	71,87	Bom	64,68	Inaceitável
L9	50,29	102,97	51,3	Ruim	46,17	Inaceitável
L10	49,50	195,15	87,88	Excelente	79,09	Inaceitável
L11	35,21	105,91	80,94	Bom	72,84	Inaceitável
L12	29,93	86,30	0	Inaceitável	0	Inaceitável
L13	38,48	34,32	54,58	Razoável	49,12	Inaceitável
L14	25,91	35,30	81,04	Bom	72,94	Inaceitável
L15	46,20	101,01	11,36	Inaceitável	10,23	Inaceitável
L16	58,69	154,95	71,57	Bom	64,41	Inaceitável
Média	49,53	105,32	55,03	Razoável	49,53	Inaceitável

Lot – lotes avaliados; Q_{méd} – vazão média observada no sistema (L h⁻¹); P_{méd} – pressão de serviço média do sistema (kPa); CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição (%); Ea – eficiência de aplicação de água (%); ¹ Mantovani *et al.* (2009); ² Bernardo *et al.* (2019); * Lote onde não foi possível medir a pressão de serviço devido ao diâmetro do microtubo instalado no microaspersor e falta de conexão existente no local.

Fonte: os autores (2025)

A desagregação dos dados de CUD, balizada por Mantovani *et al.* (2009), aponta que 43,75% dos lotes sustentam um nível "Bom" e somente 6,25% alcançam a excelência. Contudo, o dado alarmante reside na eficiência real no campo: 100% dos lotes avaliados (16 propriedades) operam sob regime inaceitável de aplicação de água (Bernardo *et al.*, 2019).

O cruzamento temporal desses dados com o estudo de Meneses *et al.* (2015), conduzido no mesmo perímetro com uma década de antecedência, evidencia um retrocesso estrutural. Naquele período, 50% dos lotes detinham CUD satisfatório e

67,5% falhavam na eficiência de aplicação. Atualmente, o quadro de perdas generalizadas por vazamentos, entupimentos e déficit tecnológico não apenas persistiu, mas expandiu-se para a totalidade da área avaliada, tornando insustentável a manutenção do atual modelo operacional.

A baixa performance hidráulica de Jacaré-Curituba assemelha-se aos gargalos operacionais observados em escala internacional no Irã por Maroufpoor *et al.* (2010) e Zamaniyan *et al.* (2014), onde sistemas de irrigação localizada registraram CUDs médios de 51% (razoável a ruim). O mesmo foi observado na Angola por Fina e Rosa-Andino (2024) que constataram que o desempenho dos sistemas de irrigação no Perímetro Irrigado do Mucoso está longe do desejado, com valores dos coeficientes de uniformidade abaixo dos índices aceitáveis.

Esse mesmo padrão de degradação técnica converge com o panorama estadual traçado por Valnir Júnior *et al.* (2025) nos polos agrícolas do Ceará, onde a totalidade dos sistemas de irrigação localizada avaliados operava com índices de desempenho abaixo do mínimo recomendado pela literatura. Em ambos os cenários, a subpressão na rede, a ausência de tratamento de água contra entupimentos e o déficit de capacitação dos irrigantes constituem as causas primárias do colapso do método.

Inversamente, os resultados deste estudo destoam de perímetros nacionais consolidados e bem geridos. Em Petrolina-PE (Perímetro Nilo Coelho), Araquam e Campeche (2012) mapearam que 90% dos lotes de microaspersão operavam com CUD "Bom" ou "Excelente". Comportamento de alta performance também foi validado por Moura (2005) em

Paranapanema-SP, Farrapeira *et al.* (2023) no Perímetro Poção da Ribeira e Barreto Filho *et al.* (2000) em São Gonçalo-PB. Nestes dois últimos casos, mesmo diante de oscilações na pressão de serviço, o dimensionamento hidráulico original correto e a manutenção rigorosa dos emissores garantiram elevados índices de uniformidade e eficiência regulamentar, expondo que o colapso verificado em Jacaré-Curituba é fruto direto da ausência combinada de engenharia de readequação de rede e extensão rural.

4 CONCLUSÃO

Com base nos indicadores hidrodinâmicos e operacionais avaliados no Perímetro Irrigado Jacaré-Curituba, conclui-se que:

- Inabilidade técnico-operacional: Embora disponham de sistemas de irrigação localizada de alta eficiência intrínseca, os produtores locais carecem de capacitação tecnológica para a operação correta e mitigação de falhas da infraestrutura hidráulica.
- Comprometimento da performance hídrica: O desempenho do perímetro é severamente limitado pela descontinuidade das avaliações preventivas, resultando em um Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) classificado como

"Razoável" e uma Eficiência de Aplicação de Água (Ea) classificada como "Inaceitável".

- Riscos de degradação edáfica: A ausência de ferramentas de manejo e o empirismo na determinação dos turnos de rega induzem a aplicação de lâminas excessivas de água, fator que eleva o risco cumulativo de salinização do solo na região semiárida.
- Gargalo na extensão rural: O severo comprometimento operacional e técnico verificado nos lotes evidencia a carência crônica de serviços de assistência técnica contínua aos irrigantes da região.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) pelo financiamento desta pesquisa (Edital FAPITEC/SE/FUNTEC nº 03/2024, Processo: 019203.02810/2024-5). O reconhecimento é estendido ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) pelo suporte acadêmico; à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) pelo auxílio técnico, operacional e pela mobilização dos irrigantes nas etapas de campo; e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE – *Campus Sobral*), por meio do Laboratório de Ensaio de Equipamentos de Irrigação (LEEI), pela viabilização dos ensaios laboratoriais dos emissores.

6 REFERÊNCIAS

- ALVES, D. K. M.; TEIXEIRA, M. B.; CUNHA, F. N.; CABRAL FILHO, F. R.; SOARES, J. A. B.; GOMES, L. F. Grau de entupimento em um sistema de irrigação localizada submetido a diferentes tempos de funcionamento. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e210985622, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5622>
- ALVES, W. W. A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, V. L. A. Variabilidade espacial de vazão e pressão em subunidade de microaspersão com emissores usados e novos. **Revista Ambiente & Água**, v. 3, n. 3, p. 67-80, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.62>
- ANDRADE, A. R. S.; SILVA, E. G.; SILVA, E. T.; PEREIRA, R. G.; SILVA, J. F.; COSTA, C. M.; ZAMORA, V. R. O.; CRUZ, A. F. S.; FERREIRA, M. E. S.; SILVA, M. G. S.; NORONHA, D. A. Avaliação do desempenho de sistema de irrigação por gotejamento em cultivo de maracujá. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e21710414034, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14034>

ARAQUAM, W. W. C.; CAMPECHE, L. F. S. M. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação do perímetro irrigado Nilo Coelho em Petrolina-PE. **Revista Semiárido De Visu**, v. 2, n. 3, p. 303-316, 2012. DOI: <https://dx.doi.org/10.31416/rsdv.v2i3.179>

ARAÚJO, J. R. E. S.; SILVA, J. H. B.; BATISTA, M. C.; SABINO, B. T. S.; ALMEIDA, I. V. B.; ABREU, K. G.; ARAÚJO, E. F. B.; SANTOS, J. P. O. Agricultura de sequeiro e variabilidade produtiva de uma cultura de subsistência em Gado Bravo, Semiárido da Paraíba. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 3, p. 2905-2918, 2021. DOI: https://doi.org/10.48017/Diversitas_Journal-v6i3-1862

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. 5. ed. Florianópolis: UFSC, 2002.

BARRETO FILHO, A. A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A.; GOMES, E. M. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. G. Eficiência do uso da água na agricultura irrigada. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, É. L. (Org.). **Irrigação e Drenagem na Empresa Agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. p. 173-204.

BERNARDO, S. MANTOVANI, E. C., SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9. ed. Viçosa: Editora UFV, 2019.

CARVALHO, C. M.; AGUIAR NETTO, A. O. **Avaliando o Sistema de Irrigação**. 1. ed. Coleção Prosa no Campo, v. 2. Aracaju: Criação Editora, 2025.

CARVALHO, C. M.; AGUIAR NETTO, A. O.; GOMES FILHO, R. R.; LUCAS, A. A. T.; VALNIR JÚNIOR, M., CARVALHO, L. L. S. Field analysis of emitters used in irrigated lots located in the Jacaré-Curituba public irrigation project. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 9., 2025, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza: Inovagri, 2025.

CUNHA, F. N.; CUNHA, G. N.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; MORAIS, W. A.; MIRANDA, H. A. Eficiência e desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento sob efeito de fertirrigação com fontes de nitrogênio. **Irriga**, v. 28, n. 2, p. 470-483, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2023v28n2p470-483>

CUNHA, F. N.; CUNHA, G. N.; TEIXEIRA, M. B.; LORA, J.; SILVA, N. F.; CAVALVANTE, W. S. S. Avaliação da funcionalidade e rendimento de gotejadores irrigando com água enriquecida com macro e micronutrientes. **Irriga**, v. 29, p. 1-13, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2024v29p1-13>

DAL RI, G. R.; FERREIRA, H. P.; LEITE, L. M.; APARECIDO, C. F. F. Avaliação da uniformidade de irrigação em diferentes sistemas na citrucultura. **Unifunec Científica Multidisciplinar**, v. 14, n. 16, p. 1–12, 2025. DOI: <https://dx.doi.org/10.24980/ucm.v14i16.6322>.

DWIVEDI, D. K.; PANDYA, P. A. Evaluation of hydraulic performance of micro-sprinkler system. **International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR)**, v. 6, n. 3, p. 397-406, 2016.

ELHUSSINY, K. T.; HASSAN, A. M.; HABSSA, A. A.; MOKHTAR, A. Prediction of water distribution uniformity of sprinkler irrigation system based on machine learning algorithms. **Scientific Reports**, v. 13, article 20885, p. 1-16, 2023.

FARRAPEIRA, R. O.; FACCIOLI, G. G.; SOUSA, I. F. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão no perímetro irrigado de Poção da Ribeira em Itabaiana/SE. **Revista Delos**, v. 16, n. 49, p. 3678-3692, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.55905/rdelosv16.n49-011>

FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M.; DUARTE, A. G. S.; ARRUDA, F. P. Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial. **Disciplinarum Scientia: Naturais e Tecnológicas**, v. 26, n. 1, p. 19-31, 2025. DOI: 10.37779/nt.v26i1.4875

FINA, E.; ROSA-ANDINO, A. A. Avaliação do desempenho do sistema de regado perímetro irrigado do Mucoso (Angola). **Revista Ingeniería Agrícola**, v. 14, n. 3, p. 1-8, 2024.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v. 17, p. 678-684, 1974. <https://dx.doi.org/10.13031/2013.36936>

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. California: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975.

LUCAS, A. A. T.; ARAUJO, R. R.; SILVA, A. J.; AGUIAR NETTO, A. O.; SANTOS, D. B. F. Soil salinity mapping in the irrigated perimeter Jacaré-Curituba, low São Francisco watershed, Sergipe, Brazil. *In*: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 5., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Inovagri, 2019. p. 1-7.

LUCAS, A. A. T.; SANTOS, J. M. S. M.; SILVA, A. J.; AGUIAR NETTO, A. O. Quality of water drainage in the northeast region of Brazil using electrical conductivity and sodium adsorption ratio. **Irriga**, v. 26, n. 2, p. 258-272, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.15809/irriga.2021v26n2p258-272>

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: Princípios e Métodos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009.

MAROUFPOOR, E.; FARYABI, A., GHAMARNIA, H., MOSHREFI, G. Y. Evaluation of uniformity coefficients for sprinkler irrigation systems under different field conditions in Kurdistan Province (northwest of Iran). **Soil and Water Research**, v. 5, n. 4, p. 139-145, 2010. DOI: <https://dx.doi.org/10.17221/42/2009-SWR>

MARTINS FILHO, J. B.; FARIAS, M. F. Desempenho de sistemas de irrigação localizada na cultura da batata doce em Guaraciaba do Norte-CE. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 8, p. 35-40, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/13420201023>

MENESES, T. N.; LIMA, I. S.; AGUIAR NETTO, A. O.; PEREIRA, F. A. C.; CARVALHO, C. M. Desempenho do sistema de irrigação por microaspersão, no perímetro irrigado Jacaré Curitiba- SE. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 3., 2015, Fortaleza. **Anais [...]** Fortaleza: Inovagri, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a192>

MOURA, E. N. Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação pressurizados em fruticultura. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 3, n. 1, p. 67-74, 2005. DOI: <https://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v3i1.8993>

NASCIMENTO, A. K. S.; SOUZA, R. O. R. M.; LIMA, S. C. R. V.; CARVALHO, C. M.; ROCHA, B. M.; LEITE, K. N. Desempenho hidráulico e manejo da irrigação em sistema irrigado por microaspersão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.7127/rbai.v3n100013>

SILVA, D. A.; MARIANO, A. B. R.; SILVA, D. R.; SOUSA, A. B. Application for evaluation of the uniformity of systems of pressurized irrigation. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 31, p. 31-42, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.13083/reveng.v30i1.14545>

VALNIR JÚNIOR, M.; ALMEIDA, C. L.; CARVALHO, C. M.; ROCHA, J. P. A.; GOMES FILHO, R. R. Performance da irrigação em polos agrícolas do estado do Ceará. **Irriga**, v. 30, p. 1-18, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2025v30p1-18>

VALNIR JÚNIOR, M.; LIMA, V. L. A.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M.; LIMA, S. C. R. V.; ROCHA, J. P. A. Qualidade e vida útil pós-colheita dos frutos de melão submetidos a diferentes lâminas de irrigação. **Research, Society and Development**, v.11, n.2, e1211225091, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25091>

VALNIR JÚNIOR, M.; ROCHA, J. P. A.; DEMONTIÊZO, F. L. L.; LIMA, L. S. S.; CARVALHO, C. M.; CARVALHO, L. L. S. Análise comparativa de metodologia de coleta de dados para avaliação de sistemas de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 5, p. 965-975, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.7127/rbai.v10n500477>

VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Irrigação Localizada**. Tradução de GHEY, H. R. Campina Grande. UFPB. 1997. 184 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 6).

VIDAL, V. V.; DANIEL, R.; MAGALHÃES, H. Q.; LOPES, M. A. S.; COELHO, E. J. N.; SILVA, M. O. Análise da distribuição de água utilizando coeficientes de uniformidade em área irrigada por microaspersão. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 9., 2025, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza: Inovagri, 2025.

VILELA, A. F. P. A.; NASCIMENTO, E. M. S.; PAULA, L. P. R.; RIBEIRO, N. M.; VIEIRA, W. A. S.; RIOS, A. S. Uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação por gotejamento em mudas de cafeeiro. **Revista DELOS**, v. 18, n. 63, p. 01-12, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.55905/rdelosv18.n63-197>

ZAMANIYAN, M.; FATAHI, R.; BOROOMAND-NASAB, S. Field performance evaluation of micro irrigation systems in Iran. **Soil and Water Research**, v. 9, n. 3, p. 135-142, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.17221/8/2013-SWR>