

PERFORMANCE DA IRRIGAÇÃO EM POLOS AGRÍCOLAS DO ESTADO DO CEARÁ

MANOEL VALNIR JÚNIOR¹; CICERO LIMA DE ALMEIDA¹; CLAYTON MOURA DE CARVALHO²; JOÃO PAULO ALVES DA ROCHA³; RAIMUNDO RODRIGUES GOMES FILHO²

¹ Eixo de Recursos Naturais, IFCE – Campus Sobral, Av. Dr. Guarani, 317 - Derby Clube, Sobral - CE, 62042-030, Brasil, e-mail: valnir@ifce.edu.br; cicero.almeida@ifce.edu.br; ORCID (0000-0001-7794-2184; 0000-0001-8333-1275)

² Departamento de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, S/N - Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 49100-000, Brasil, e-mail: carvalho_cmc@yahoo.com.br; rrgomesfilho@hotmail.com; ORCID (0000-0002-4382-5382, 0000-0001-5242-7581)

³ Bolsista da FUNCAP no programa Cientista – Chefe, Av. Dr. Guarani, 317 - Derby Clube, Sobral - CE, 62042-030, Brasil, e-mail: j.paulo25ipueis@gmail.com; ORCID (0000-0003-4081-3332)

1 RESUMO

O trabalho tem por objetivo avaliar a performance de sistemas irrigados nos seis principais polos agrícolas do Estado: DIBAU, DIPAN, DIJA, DISTAR, Serra da Ibiapaba e Cariri. Para tanto, estabeleceu-se avaliar de 10 a 16 áreas sob irrigação localizada em cada um dos polos. As informações coletadas em campo permitiram determinar os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), uniformidade de distribuição (CUD), uniformidade de pressão (CUP) e a eficiência de aplicação de água (Ea). Paralelamente, foi realizado o balanço hídrico anual em cada polo por meio da necessidade suplementar da cultura (NSC) e de irrigação (NSI). Observou-se que os sistemas irrigados nos polos apresentaram desempenho variando de “razoável” a “bom” segundo o CUC e CUD, porém, em todos eles, a Ea apresentou valores aquém do mínimo recomendado, sendo classificada como “inaceitável”. Os polos do DIPAN e do DIJA foram os que apresentaram melhor e pior uniformidade de distribuição da água, respectivamente. Em todos os sistemas de irrigação, o balanço hídrico evidenciou a falta de manejo e controle da água, acarretando déficits e/ou excessos hídricos em relação à NSI.

Palavras-chave: recursos hídricos, manejo de irrigação, balanço hídrico.

**VALNIR JÚNIOR, M.; ALMEIDA, C. L.; CARVALHO, C. M.; ROCHA, J. P. A.;
GOMES FILHO, R.R.**
**IRRIGATION PERFORMANCE IN AGRICULTURAL POLES IN THE STATE OF
CEARÁ**

2 ABSTRACT

This work aims to evaluate the performance of irrigated systems in the six main agricultural centers of the state, DIBAU, DIPAN, DIJA, DISTAR, Serra da Ibiapaba and Cariri. To this end, 10 to 16 areas under irrigation located in each of the poles were evaluated. The information collected in the field made it possible to determine the Christiansen uniformity coefficient

(CUC), distribution uniformity (CUD), pressure uniformity (CUP) and water application efficiency (Ea). Moreover, the annual water balance was carried out at each pole using the crop's water requirement (NSC) and irrigation (NSI). The performance of the irrigated systems at the poles ranged from "reasonable" to "good" according to the CUC and CUD; however, in all of them, the Ea presented values below the minimum recommended value and were classified as "unacceptable". The DIPAN and DIJA poles showed the best and worst uniformity of water distribution, respectively. In all the irrigation systems, the water balance revealed a lack of water management and control, resulting in water deficits and/or excesses in relation to the NSI.

Keywords: water resources, irrigation management, water balance.

3 INTRODUÇÃO

O estado do Ceará, a exemplo de outros que compõem a região semiárida do nordeste brasileiro, caracteriza-se por apresentar no período chuvoso, precipitações irregulares no tempo e espaço, que aliadas à alta demanda evaporativa proporcionam déficits hídricos na maioria dos meses do ano, impondo-lhe a necessidade de recargas artificiais suplementares (Valnir Júnior *et al.*, 2010). Além disso, a região está sujeita a ao menos um ciclo de seca a cada década (Araújo; Bronstert, 2015; Pereira; Cuellar, 2015), sendo o último ciclo observado entre os anos de 2012 e 2016, que resultou em grandes prejuízos na agricultura irrigada no estado (Silveira *et al.*, 2018).

Devido às características da região, a atividade agrícola pode ser considerada como de baixa previsibilidade, portanto, de alto risco e de baixa produtividade (Araújo *et al.*, 2021). A principal forma de reduzir os riscos da atividade e alçar incrementos na produtividade é por meio da irrigação. A principal fonte hídrica utilizada nos sistemas irrigados do estado é a proveniente dos reservatórios, que atendem também ao consumo humano e industrial (França *et al.*, 2018). Além disso, as perdas por evaporação são significativas diante de uma evaporação média anual superior a 2.000 mm (Araújo; Bronstert, 2015). Assim, a garantia do suprimento hídrico que assegure a manutenção do sistema, precede de duas

vertentes, a primeira, à revelia do homem, constitui-se da situação natural de regularidades de chuvas no tempo e espaço, já a segunda, repousa sob total intervenção do homem e trata do uso ambientalmente correto dos recursos hídricos disponíveis, especialmente quanto à irrigação, maior consumidor.

O uso eficiente e equitativo da água é de suma importância diante da limitação do recurso hídrico da região. Desse modo, deve-se promover políticas que levem a sistemas irrigados bem elaborados, executados e manejados (Ascough; Kiker, 2002). Se não pela água em si, segundo Kaneko *et al.* (2012) e Souza *et al.* (2019), a irrigação associada à quimigação, além de poder proporcionar um aumento de produtividade e qualidade do produto, também promove a redução de custos.

A eficiência da aplicação de água e de nutrientes às culturas depende entre outros fatores a uniformidade de distribuição, sendo os principais meios de avaliação de sistemas de irrigação os coeficientes de uniformidade de distribuição da água, principalmente o CUC e o CUD, e de pressão, CUP, que podem ser obtidos através da metodologia de Keller e Karmeli (1975) e/ou de Denículi *et al.* (1980).

No entanto, mesmo sendo garantidos bons níveis de distribuição e de eficiência de aplicação d'água às plantas pelos sistemas, a necessidade de manejo, quer seja via planta, clima, solo ou combinado ao longo do ciclo da cultura, se faz altamente necessária. Deste

modo, um sistema de irrigação, mesmo apresentando bom desempenho, se não estiver associado a um manejo adequado da irrigação, pode não atender a contento às necessidades da cultura e ser precursor de déficit ou excesso d'água. Agravando-se, especialmente, nesta última condição, pois não só contribui para decréscimos na produção, como eleva o desperdício deste importante recurso.

Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo apresentar a avaliação da performance da irrigação nos principais polos agrícolas do estado do Ceará.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido nos seis principais polos de produção agrícola irrigada do estado do Ceará, sendo quatro deles inseridos em distritos de irrigação e dois em regiões produtoras. Os distritos de irrigação avaliados foram do Araras Norte – DIPAN; do Baixo Acaraú – DIBAU; do Tabuleiro de Russas – DISTAR; e do Jaguaribe Apodi – DIJA. Já as regiões avaliadas foram a Ibiapaba e a do Cariri. As

avaliações foram conduzidas no período de 2021 a 2023.

4.1 Avaliação dos sistemas de irrigação

Em cada polo foram avaliados somente os sistemas sob irrigação localizada por microaspersão e gotejamento, sendo analisadas dez áreas na região do Cariri e 16 áreas em cada um dos polos mencionados. O número de amostras foi definido conforme a metodologia apresentada por Barbetta (2002).

A metodologia utilizada na coleta dos valores de vazão e pressão em nível de campo foi a de Keller e Karmeli (1975). O desempenho dos sistemas de irrigação foi avaliado por meio dos coeficientes de uniformidade de Christiansen – CUC, uniformidade de distribuição – CUD e da eficiência de aplicação de água – Ea, conforme apresentado por Saraiva, Rebouças e Souza (2014), bem como através do coeficiente de uniformidade de pressão – CUP (Merriam; Keller, 1978). A classificação de desempenho dos sistemas de irrigação pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação de desempenho de sistemas de irrigação segundo os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), Uniformidade de Distribuição (CUD), Uniformidade de Pressão (CUP) e Eficiência de Aplicação (Ea).

Classificação	CUC ¹ (%)	CUD ¹ (%)	Classificação	CUP ¹ (%)	Ea ² (%)
Excelente	> 90	> 84	Ideal		> 95
Bom	80 – 90	68 – 84			
Razoável	70 – 80	52 – 68	Aceitável	≥ 80	80 – 95
Ruim	60 – 70	36 – 52			
Inaceitável	< 60	< 36	Inaceitável	< 80	< 80

Fonte: ¹ Mantovani (2001); ² Bralts (1986)

4.2 Balanço hídrico

O balanço hídrico (BH) em cada polo de irrigação foi avaliado conforme as equações 1a e 1b, sendo considerado excedente quando BH for positivo e deficitário quando BH for negativo.

$$BH = P_{ef} - NSC; \text{ se } LA = 0 \text{ mm} \quad (1a)$$

Ou

$$BH = (P_{ef} + LA) - NSI; \text{ se } LA > 0 \text{ mm} \quad (1b)$$

Em que: NSI – necessidade suplementar de irrigação, mm; NSC – necessidade suplementar da cultura, mm; Pef – precipitação efetiva, mm; e LA – lâmina aplicada, mm.

O NSI foi determinado de acordo com as equações 2, 3a e 3b (Valnir Júnior *et al.*, 2022). Já a lâmina aplicada (LA) foi determinada segundo a equação 4.

$$NSI = \frac{NSC}{Ef_{\text{sistema irrigação}}} \times 100 \quad (2)$$

$$NSC = ETc - Pef; \text{ se } ETc > Pef \quad (3a)$$

ou

$$NSC = 0; \text{ se } ETc < Pef \quad (3b)$$

$$LA = \frac{Ti \times q_e \times Ne}{A_{pl}} \quad (4)$$

Em que: Ef_{sistema irrigação} – eficiência do sistema de irrigação, decimal; ETc – evapotranspiração da cultura, mm; Ti – tempo de irrigação, h; Ne – número de emissores por planta, adimensional; q_e – vazão do emissor, L h⁻¹; e A_{pl} – área da planta, m².

Todos os sistemas de irrigação avaliados integram o método localizado de irrigação, portanto, a ETc utilizada nas equações 3a e 3b se refere à evapotranspiração da cultura sob sistemas localizados (ETc_{loc}), segundo a metodologia de Keller e Bliesner, conforme equação 5 (Valnir Júnior *et al.*, 2022), que por sua vez deriva das equações 6 (Hargreaves; Samani, 1985) e 7, de Freeman e Garzoli (Frizzzone *et al.*, 2012).

$$ETc_{loc} = ETo \times Kc \times Ks \times K_L \quad (5)$$

$$ETo = 0,0023 \cdot Qo \cdot (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} \cdot (T_{\text{méd}} + 17,8) \quad (6)$$

$$K_L = Fc + 0,5(1 - Fc) \quad (7)$$

Em que: ETo – evapotranspiração de referência, mm; Kc – coeficiente da cultura, adimensional; Ks – coeficiente de estresse hídrico, adimensional; K_L – coeficiente de localização, adimensional; T_{máx} – temperatura máxima diária, °C; T_{mín} – temperatura mínima diária, °C; T_{méd} – temperatura média diária, °C; Qo – radiação extraterrestre no topo da atmosfera, mm dia⁻¹; e Fc – fator de cobertura do solo, decimal.

Na definição do coeficiente da cultura, utilizou-se um valor médio entre as fases de maior demanda (floração/produção) e final (maturação), de maneira a não superestimar ou mesmo subestimar a demanda hídrica anual das culturas, haja vista a variabilidade de cultivos e estádios fenológicos observados nas áreas avaliadas e o reduzido número de unidades amostrais para algumas culturas analisadas.

O coeficiente de estresse hídrico (Ks) foi definido como sendo igual a 1 (um), por tratar-se de irrigação de alta frequência, sem déficit aparente. Já o coeficiente de localização (K_L) foi calculado conforme a equação 7, quando o sistema é do tipo microaspersor, variou de acordo com a área de cobertura da planta, considerando-se como valor mínimo o valor de 33%; já para os sistemas de irrigação por gotejamento, adotou-se o valor de 1,00.

4.3 Planejamento da irrigação consultada nos polos

Os polos de irrigação apresentam características distintas e particulares no que concerne ao planejamento da irrigação.

O DIPAN, as regiões da Ibiapaba e do Cariri suspendem a irrigação no primeiro semestre (janeiro a junho) e passam a depender do período chuvoso para o suprimento hídrico das plantas. Condição ainda mais crucial para o primeiro, já que

neste, a distribuição d'água às áreas do Distrito se faz de forma coletiva, e o não aproveitamento de precipitações naturais onera muito os custos de produção com a energia de bombeamento, podendo, inclusive, inviabilizar toda a atividade.

No DIJA, a vazão disponibilizada aos irrigantes no 2º semestre é de $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e no 1º semestre é de $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, ou seja, as irrigações praticadas no primeiro semestre são reduzidas em 43%. No DISTAR, segundo informações coletadas junto aos produtores, em média, havendo precipitações superiores a 15 mm, não é realizada a irrigação no dia. Já no DIBAU,

esse limite de precipitação observado junto aos produtores foi em média de 10 mm.

4.4 Dados climáticos coletados e trabalhados

Os dados meteorológicos e de precipitação representativos de cada um dos polos de irrigação estudados foram obtidos em estações situadas nos locais ou próximos às áreas avaliadas, junto ao INMET e/ou Funceme, conforme podem ser observados na Tabela 2. Na estimativa do balanço hídrico, foi utilizada a média de anos de registros obtidos de estações meteorológicas e pluviométricas.

Tabela 2. Base de dados meteorológicos e pluviométricos para estimativa do balanço hídrico em polos de irrigação do estado do Ceará.

ID	Órgão	Variáveis	Município	Polo	Período	Uso ¹
A360	INMET	Temp.; Vv; UR	Acaraú	DIBAU	04/2009 – 12/21	Base
84	Funceme	P	Marco	DIBAU	04/2009 – 12/21	Base
2	Funceme	P	Acaraú	DIBAU	04/2009 – 12/21	Apoio
82392	INMET	Temp.; Vv; UR	Sobral	DIPAN	01/1988 – 03/20	Base
126	Funceme	P	Reriutaba	DIPAN	01/1988 – 03/20	Base
82588	INMET	Temp.; Vv; UR	Morada Nova	DIJA	01/1970 – 12/21	Base
124	Funceme	P	Quixeré	DIJA	01/1970 – 12/21	Base
82588	INMET	Temp.; Vv; UR; P	Morada Nova	DISTAR	01/2010 – 12/22	Base
62	Funceme	Temp.	Russas	DISTAR	04/2022 – 12/22	Apoio
127	Funceme	P	Morada Nova	DISTAR	01/2010 – 12/22	Apoio
A368	INMET	Temp.; Vv; UR;	Tianguá	Ibiapaba	03/2018 – 07/23	Base
35858	Funceme	Temp.	São Benedito	Ibiapaba	04/2022 – 07/23	Apoio
143	Funceme	P	Tianguá	Ibiapaba	03/2018 – 07/23	Base
132	Funceme	P	São Benedito	Ibiapaba	03/2018 – 07/23	Base
53	Funceme	P	Guaraciaba do Norte	Ibiapaba	03/2018 – 07/23	Base
82784	INMET	Temp.; Vv; UR; P	Barbalha	Cariri	01/2010 – 07/23	Base
A315	INMET	Temp.; Vv; UR; P	Barbalha	Cariri	01/2010 – 07/23	Apoio
35856	Funceme	Temp.	Missão Velha	Cariri	04/2022 – 07/23	Apoio
20	Funceme	P	Barbalha	Cariri	01/2010 – 07/23	Apoio
91	Funceme	P	Missão Velha	Cariri	01/2010 – 07/23	Apoio

¹ base – fonte principal de informação; Apoio – utilizada para preenchimento de falhas. Temp. – temperatura média, máxima e mínima; Vv – velocidade do vento; UR – umidade relativa do ar, P – precipitação.

Fonte: Autores

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação dos sistemas de irrigação

O balanço geral médio da avaliação da irrigação localizada no estado do Ceará apontou um grau de aceitabilidade “bom” com valores de CUC e CUD de 80,8% e 68,5%, respectivamente. Contudo, a Ea com média de 61,7% foi classificada como “inaceitável”. A pressão de serviço dos emissores foi de 110 kPa com CUP médio de 89,1% classificado como “Aceitável”.

A Tabela 3 apresenta o resumo da situação dos sistemas de irrigação dos polos de irrigação do estado do Ceará. A pressão de serviço (PS) se encontrou abaixo da pressão nominal (PN) da maioria dos emissores nos sistemas avaliados. A PS foi maior ou igual a PN em apenas uma área nos polos de irrigação do DIJA, DIPAN e Ibiapaba. Já no DIBAU, Cariri e DISTAR, o

percentual de sistemas com PS superior à PN foi de 37,5%; 36,3% e 31,2%, respectivamente. A região da Ibiapaba foi a que apresentou menor PS (Tabela 3), devido ao fato de 69% das áreas avaliadas apresentarem sistema de irrigação por gotejamento. Desse modo, os polos que apresentaram PS média mais distante da pressão nominal foram DIJA, DIPAN, Ibiapaba, Cariri e DISTAR. O DIBAU foi o único polo em que a PS média corresponde à pressão nominal, considerando como referência o valor de 150 kPa.

A pressão de serviço tem efeito direto sobre a uniformidade de aplicação de água, que implica na eficiência do sistema (Ascough; Kiker, 2002; Rather; Ahmad Baba, 2018). Dwivedi e Pandya (2016) consideram indesejável a operação de microaspersores com pressões abaixo de 100 kPa, que foi observado em quatro dos polos com microaspersores (Tabela 3).

Tabela 3. Média dos valores da pressão de serviço (PS), dos coeficientes de uniformidade de Christiansen – CUC, uniformidade de distribuição – CUD, uniformidade de pressão – CUP e da eficiência de aplicação de água – Ea e o percentual de áreas com classificação Bom+ ou Reg.- para o CUC e CUD e Ac. ou Inac. para CUP e Ea, dos sistemas de irrigação avaliados nos principais polos de irrigação do estado do Ceará, no período de 2021 a 2023.

Polos		PS (kPa)	CUC (%)	CUD (%)	CUP (%)	Ea (%)	Sist. Irr. ³
	Média		85,6	74,5	91,0	67,1	
DIBAU	Bom+ / Ac. ¹	152	81	69	88	6	Micro 100%
	Reg.- / Inac. ²		19	31	12	94	
	Média		90,0	83,1	92,5%	74,8	
DIPAN	Bom+ / Ac.	97	100	94	100	38	Micro 100%
	Reg.- / Inac.		0	6	0	62	
	Média		42,8	8,1	100	7,31	
DIJA	Bom+ / Ac.	100	0	0	100	0	Got. 6%
	Reg.- / Inac.		100	100	0	100	
	Média		79,0	62,2	86,7	56,0	
DIJA	Bom+ / Ac.	83	47	40	87	7	Micro 94%
	Reg.- / Inac.		53	60	13	93	
	Média		75,4	60,7	86,2	54,6	
DISTAR	Bom+ / Ac.	141	50	44	81	12	Micro 100%
	Reg.- / Inac.		50	56	19	88	
	Média		78,1	59,7	89,5	53,7	
Ibiapaba	Bom+ / Ac.	80	60	60	80	0	Micro 31%
	Reg.- / Inac.		40	40	20	100	
	Média		87,7	80,4	94,7	72,4	
Ibiapaba	Bom+ / Ac.	71	82	82	91	36	Got. 69%
	Reg.- / Inac.		18	18	9	64	
	Média		72,5	60,2	84,4	54,1	
Cariri	Bom+ / Ac.	126	55	45	82	9	Micro 100%
	Reg.- / Inac.		45	55	18	91	

¹ percentual de áreas avaliadas com classificação de bom a excelente (Bom+) para CUC e CUD e Aceitável (Ac.) para CUP e Ea; ² percentual de áreas avaliadas com classificação de Inaceitável a Regular (Reg.-) para CUC e CUD e Inaceitável (Inac.) para CUP e Ea; ³ Sist. Irr. – percentual de áreas avaliadas com sistema de irrigação por gotejamento (Got.) e por microaspersão (Micro).

Fonte: Autores

Conforme observado na Tabela 3, o polo de irrigação que apresentou melhor desempenho foi o DIPAN, no qual 100% e 94% dos sistemas avaliados apresentaram desempenho classificados de excelente a bom pelo CUC e CUD, respectivamente. Esse desempenho é corroborado pela menor variação de pressão observada no CUP, no qual 100% dos sistemas apresentaram

desempenho aceitável conforme classificação observada na Tabela 1. No DIPAN também foi observado o maior percentual de sistemas de irrigação classificados como Ea aceitável (38%), sendo seguido pelo polo da Ibiapaba, com 25% das áreas com Ea aceitável.

Muito embora o DIPAN tenha uma PS média abaixo de 100 kPa, este foi o único

polo avaliado em que o CUP é classificado como aceitável em 100% das áreas. Isso se deve tanto ao sistema de irrigação coletivo, que apresenta hidráulica bem dimensionada, oferecendo uma baixa variabilidade de pressão entre os sistemas. Como também pode ser resultado de uma estratégia dos irrigantes de utilizar emissores com maiores vazões, cuja média do DIPAN foi $88,8 \text{ L h}^{-1}$, sendo superior de 54% a 348% aos demais polos de irrigação avaliados. As maiores vazões devem-se principalmente ao maior diâmetro do orifício do emissor, o que reduz o risco de entupimento e diminui a variabilidade da pressão dentro do sistema de irrigação. Corrobora com esse resultado quando se comparam os sistemas de irrigação observados na Ibiapaba e no DIJA, no qual o desempenho da microirrigação com o gotejamento (Tabela 3).

O menor desempenho dos sistemas de irrigação foi observado no DIJA, seguido do Cariri e do DISTAR, que apresentaram desempenho bem semelhante. Já o DIBAU apresenta desempenho melhor a esses, pois mesmo apresentando menos de 10% das áreas com Ea classificada como inaceitável, apresentou CUC e CUD superior a estes.

Maroufpoor *et al.* (2010), ao avaliarem os sistemas de irrigação de dez fazendas localizadas na planície de Dehgolan da província do Curdistão, noroeste do Irã, observaram que as áreas apresentaram em média CUC e CUD de 66,5% e 51,0%, respectivamente, o que classifica os sistemas de razoável a ruim.

Zamaniyan, Fatahi e Boroomand-Nasab (2014) também observaram que os sistemas de microirrigação no Irã apresentam um desempenho baixo e ruim, cujas principais causas apontadas foram a pressão de serviço inadequada, o entupimento dos emissores e a falta de treinamento dos irrigantes.

Contudo, Barreto Filho *et al.* (2000), ao avaliarem três subunidades irrigadas por microaspersão no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, no estado da Paraíba, Brasil, concluíram que, embora a PS não esteja de acordo com o recomendado nas especificações técnicas dos equipamentos, os sistemas apresentaram altos coeficientes de uniformidade e um bom índice de eficiência. O que pode explicar em parte o melhor desempenho do DIPAN mesmo com PS abaixo do recomendado.

5.2 Balanço hídrico

Na Tabela 4, se apresenta o resumo das variáveis climáticas dos seis polos de irrigação avaliados de acordo com os dados obtidos junto às estações meteorológicas e pluviométricas dispostas na Tabela 2. Os distritos DIJA e DISTAR foram os que apresentaram maior déficit de chuva anual ($P - ET_o$) com valores superiores a $1.150 \text{ mm ano}^{-1}$ e amplitude térmica ($T_{\text{máx.}} - T_{\text{mín.}}$) superior a $11,5^\circ\text{C}$. Já a região da Ibiapaba apresentou o menor déficit pluviométrico anual, 145 mm ano^{-1} e amplitude térmica $9,1^\circ\text{C}$.

Tabela 4. Caracterização climática dos seis principais polos de irrigação do estado do Ceará.

Variáveis	Unid.	DIBAU	DIPAN	DIJA	DISTAR	Ibiapaba	Cariri
ET _o (Hargreaves e Samani)	mm ano ⁻¹	1.707	1.878	1.899	1.933	1.476	1.915
Precipitação média	mm ano ⁻¹	1.190	890	720	749	1.331	1.058
Temp. máxima média anual	°C	32,9	34,3	34,0	34,2	28,5	33,2
Temp. média anual	°C	26,7	27,2	26,2	27,4	23,0	26,0
Temp. mínima média anual	°C	23,0	22,2	22,2	21,9	19,4	20,4
Umidade relativa do ar média	%	75,9	68,5	71,4	71,7	78,6	73,5
Velocidade do vento média	m s ⁻¹	3,2	2,0	3,0	2,9	3,4	1,3

Fonte: Autores

Os dados obtidos para determinação da ET_c para sistema de irrigação localizada e para cada uma das culturas avaliadas nos diferentes polos foram resumidos na Tabela 5. Os dados foram obtidos em campo,

durante as avaliações, como espaçamento das culturas e do sistema de irrigação, bem como o levantamento de informações da literatura especializada como a determinação do coeficiente da cultura.

Tabela 5. Resumo das variáveis utilizadas no cálculo da evapotranspiração da cultura (ET_c) dos sistemas de irrigação localizada avaliados nos principais polos de irrigação do estado do Ceará no período de 2021 a 2023.

Polos	Cultura	N	Kc*	Ks	Apl (m ²)	Dc (m)	As (m ²)	Fc	K _L
DIBAU	Banana ¹	6	1,15	1,0	6,2	2,52	5,0	0,81	0,91
	Coco ⁶	10	1,00	1,0	51,6	7,00	38,0	0,75	0,87
DIPAN	Banana ¹	13	1,15	1,0	6,8	2,52	5,0	0,74	0,87
	Mamão ¹	3	1,05	1,0	6,8	1,8	2,5	0,37	0,68
DIJA	Banana ¹	14	1,15	1,0	6,2	2,52	5,0	0,81	0,91
	Pitaya ³	1	0,72	1,0	-	-	-	-	0,66
	Atemoia ⁴	1	0,90	1,0	-	-	-	-	1,00**
DISTAR	Banana ¹	5	1,15	1,0	7,2	2,5	5,0	0,70	0,85
	Acerola ²	2	1,05	1,0	20,0	4,0	12,6	0,63	0,81
	Goiaba ¹	4	0,80	1,0	34,3	4,5	15,9	0,46	0,73
	Pitaya ³	1	0,72	1,0	7,0	-	-	-	0,66
	Maracujá ¹	1	1,05	1,0	30,0	-	-	-	0,66
	Mamão ¹	1	1,05	1,0	5,5	1,8	2,5	0,46	0,73
	Uva ¹	1	0,65	1,0	9,0	-	-	-	0,66
	Hortaliças ¹	1	1,00	1,0	-	-	-	-	1,00
Ibiapaba	Pimentão ¹	3	1,15	1,0	0,4	-	-	-	1,00**
	Acerola ²	4	1,05	1,0	19,2	4,4	15,0	0,78	0,89
	Tomate ¹	4	0,80	1,0	1,3	-	-	-	1,00**
	Maracujá ¹	2	0,72	1,0	6,8	-	-	-	1,00**

	Morango ⁵	1	1,05	1,0	0,9	-	-	-	1,00**
	Abacate ¹	1	1,05	1,0	64,0	-	-	-	1,00**
	Couve ¹	1	0,65	1,0	0,3	-	-	-	1,00
Cariri	Banana ¹	8	1,15	1,0	7,7	2,5	5,0	0,65	0,82
	Chuchu ¹	2	0,95***	1,0	24,0	-	-	-	0,66

N – número de áreas avaliadas; Kc – coeficiente da cultura; Ks – coeficiente de umidade; K_L – coeficiente de localização; Apl – área da planta; Dc – diâmetro de cobertura; As – área sombreada; e Fc – fator de cobertura do solo.

* Adotou-se o Kc médio entre as fases de produção e final, de maneira não subestimar ou superestimar a demanda hídrica anual das culturas, já que as culturas apresentam diferentes fases fenológicas durante o ciclo. ** Sistema irrigados por gotejamento o que resulta em K_L = 1,0; *** Utilizou-se o Kc médio da cultura do pepino, da mesma família do chuchu.

¹ Marouelli *et al.* (2011); ² Paredes *et al.* (2024); ³ Divincola *et al.* (2019); ⁴ Simão (2004); ⁵ Bastos *et al.* (2013); e ⁶ Araújo *et al.* (2022).

Fonte: Autores

A necessidade hídrica das culturas, em geral, nos seis polos de irrigação, no primeiro semestre, foi atendida quase que integralmente pelo regime de chuvas (Figura 1), sendo necessária uma irrigação suplementar em dois ou três meses (janeiro, maio e junho). Nesse período, mesmo com a demanda hídrica sendo atendida pela chuva, a irrigação foi necessária para realizar o suprimento de nutrientes às culturas, por meio da fertirrigação. Essa foi uma das causas que justificou a irrigação nesse período no DIBAU, DIJA e DISTAR. Contudo, observou-se que em todos os polos há uma necessidade urgente da aplicação de medidas para avaliar o manejo de irrigação nos sistemas produtivos.

Considerando um sistema de irrigação com 100% de eficiência, o que representaria uma Necessidade Suplementar de Irrigação (NSI) igual à Necessidade Suplementar da Cultura (NSC), observou-se que somente dois meses a NSC não seria atendida nos polos da Ibiapaba (Figura 1E) e do DIPAN (Figura 1B) e um mês no polo Cariri (Figura 1F). Contudo, na Ibiapaba, esse déficit ocorreu no segundo semestre, diferente do DIPAN e do Cariri.

Analisando os dados dispostos na Figura 1 e considerando a manutenção do programa de irrigação que vem sendo utilizado, a melhoria da eficiência da irrigação poderá ser alcançada com medidas simples para a resolução de problemas observados durante as avaliações dos sistemas de irrigação. Entre as medidas

podem ser destacadas: i) melhoria do sistema de filtragem; ii) atendimento da pressão nominal dos emissores, que operam em geral com pressão abaixo da nominal; iii) avaliações do sistema de irrigação a cada três ou quatro meses, sendo que nos polos que irrigam somente no segundo semestre essa avaliação é essencial no início da utilização do sistema; iv) correção de outros problemas observados nas avaliações, como entupimentos, vazamentos e baixa pressão; e v) padronizar o tipo de emissor em cada setor, ou seja, não utilizar emissores diferentes no mesmo setor.

Ressalta-se que dentro do sistema de irrigação a alteração de um fator tem efeito sobre os demais. A título de exemplo, o sistema de filtragem tem efeito sobre a pressão de serviço, o entupimento dos emissores, a uniformidade de irrigação e a produção. Ribeiro *et al.* (2005), ao avaliarem dois sistemas de filtragem, observaram que a perda de carga podia chegar a mais de 100 kPa para um volume de 10 m³ de água filtrada, sendo que o filtro de manta sintética não-tecida foi mais eficiente, por apresentar uma evolução mais rápida de perda de carga em função do volume filtrado, sendo necessário, portanto, um maior número de retrolavagens em comparação com o de discos. Esse resultado corrobora a importância no manejo da irrigação, pois a redução da PS, em geral, reduz a vazão do emissor não compensado e que a menor remoção de partículas pelo filtro proporciona maior risco de entupimento dos

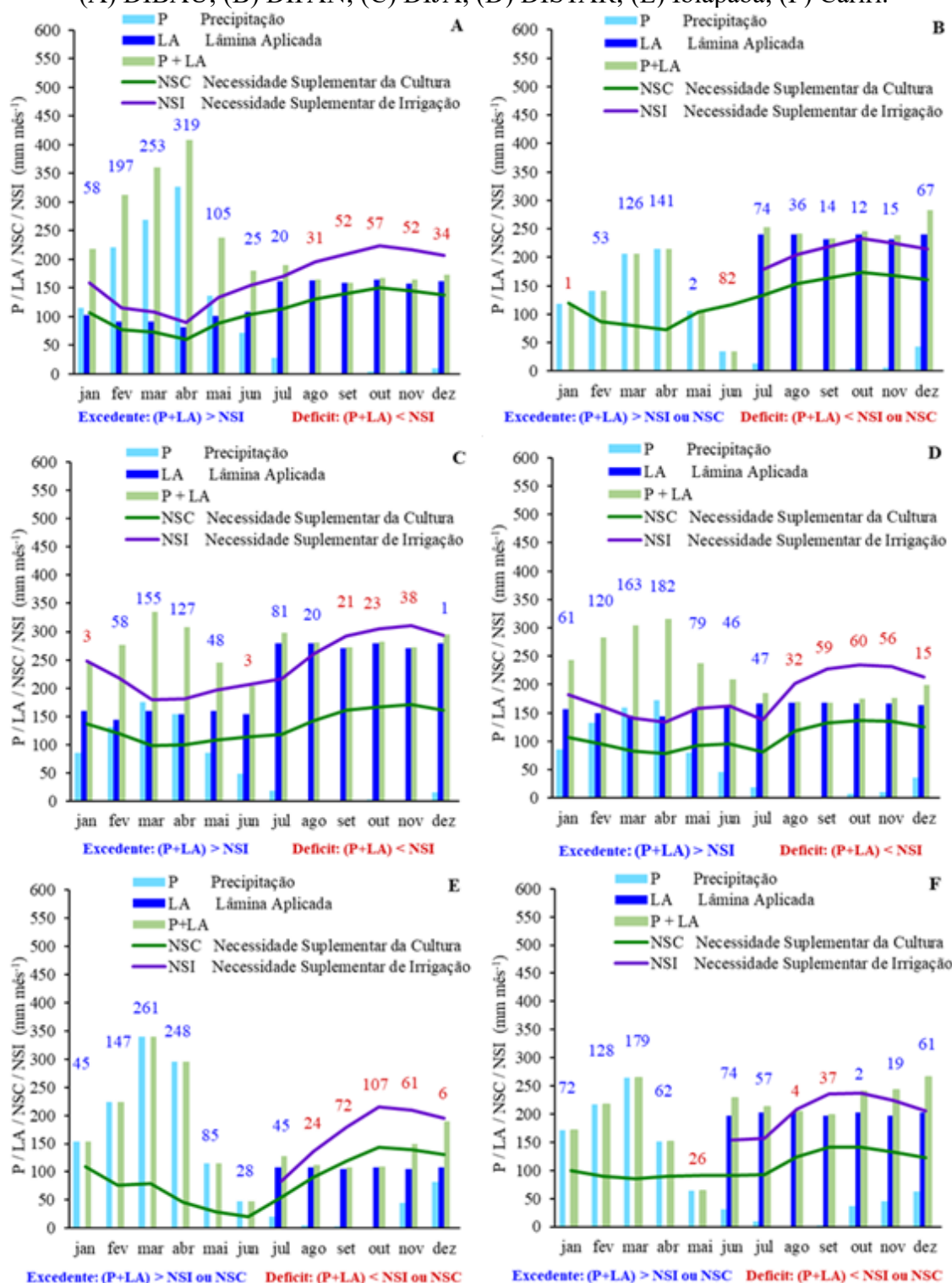
emissores, que impacta na uniformidade do sistema e nos fatores de produção.

Já Liu *et al.* (2022) observaram que a pressão de serviço é afetada pelo sistema de filtragem e que decréscimos de pressão de 80 kPa para 40 kPa reduziram significativamente a vazão relativa média dos emissores, bem como na uniformidade, pois o decréscimo do diferencial de pressão promoveu maior entupimento dos emissores. Esse resultado corrobora com Borssoi *et al.* (2012) e Dwivedi e Pandya (2016), que observaram que a pressão de serviço tem influência sobre o desempenho do sistema de irrigação, baixas ou altas pressões contribuem para reduzir a uniformidade do sistema. Além disso, a melhoria do sistema de irrigação, por meio

de um bom sistema de filtragem, proporciona ainda aumento de produtividade no campo, conforme resultados apresentados por Lamskova *et al.* (2021), que obtiveram um aumento de 9% de produtividade, quando utilizaram um sistema de hidrociclone em relação ao sistema padrão de filtragem.

Além disso, a hidráulica do sistema de irrigação é prejudicada pela utilização, não somente no mesmo setor, mas também na mesma linha lateral, emissores com características diferentes e com remoção de dispositivos como o diafragma e a bailarina. Esses problemas foram observados em mais de 60% das áreas do Cariri, em mais de 40% nas áreas do DIBAU, DIJA e DISTAR e em 12% das áreas do DIPAN e Ibiapaba.

Figura 1. Balanço hídrico médio anual dos principais polos de irrigação do estado do Ceará. (A) DIBAU; (B) DIPAN; (C) DIJA; (D) DISTAR; (E) Ibiapaba; (F) Cariri.



Fonte: Autores

A exceção do DIPAN, nos demais polos, os déficits observados em relação ao NSI poderiam ser minimizados com o aumento da eficiência dos sistemas de irrigação ao serem adotadas algumas das medidas sugeridas anteriormente. O polo que necessita de maior incremento na eficiência de aplicação (Ea) dos sistemas irrigados foi a Ibiapaba, que necessitaria de um incremento de 23% na Ea, conforme pode ser observado na Tabela 6. Já o DIJA necessitaria de um incremento na Ea de somente 8% para atender à necessidade suplementar de irrigação.

Contudo, alcançar o NSI dentro do sistema atual, ou seja, com o mesmo programa de irrigação, ainda implicará na aplicação de excedente de água, pois haverá apenas um deslocamento da linha do NSI para baixo na Figura 1, mantendo a mesma LA. Desse modo, é necessária a implementação do manejo de irrigação em todos os polos. Nos mais de 90 sistemas avaliados neste trabalho, foi observada a ausência de assistência técnica

especializada, sendo observado que apenas uma área realizava o manejo técnico da irrigação, obtendo um CUD igual a 94,7% e CUP igual a 100%, o que poderia ser um exemplo para as demais áreas. Assim, um fator preponderante para reduzir o excedente de água aplicado seria a contratação de pessoal especializado na manutenção e manejo do sistema de irrigação.

Conforme a Tabela 6, o polo de irrigação cuja precipitação tem maior peso sobre todo o excedente hídrico observado foi a região da Ibiapaba com 88%, seguido pelo DIBAU e DIPAN com 47% e 42%, respectivamente. Já o polo onde a água da chuva representou menor parcela do excedente total registrado foi no DIJA com 8%, seguido pelo DISTAR e o Cariri com 15% e 38%, respectivamente. Contudo, o excedente proveniente da água de chuva é algo que não se pode controlar, podendo-se sim, através de um manejo, aproveitar ao máximo esse recurso de maneira a reduzir a irrigação.

Tabela 6. Avaliação da eficiência de aplicação dos sistemas de irrigação (Ea) nos seis polos de irrigação avaliados e das lâminas de água média mensal referente à precipitação + lâmina aplicada (P+LA), a necessidade suplementar da cultura (NSC) e da irrigação (NSI), além do excedente de lâmina total (Exc.Total) e o promovido somente pela precipitação (Exc.P) e pela irrigação (Exc.LA).

Polos	Ea atual (NSI) ¹		ΔEa (P+LA)		NSC NSI		Exc. Total	Exc. P		Exc. LA	
	(%)		mm mês ⁻¹		mm mês ⁻¹		mm mês ⁻¹	(%)	mm mês ⁻¹	(%)	mm mês ⁻¹
	A	B	(A-B)	C	D	E	F = (C-D)	G	H = (G/F)	I = (F-G)	J = (I/D)
DIBAU	67	90	23	228	111	165	117	55	47	62	56%
DIPAN ²	75	75	0	193	128	213	65	27	42	38	30%
DIJA	55	63	8	276	133	242	143	12	8	131	98%
DISTAR	58	79	21	222	106	182	116	17	15	99	93%
Ibiapaba ²	67	94	27	164	87	170	77	68	88	9	11%
Cariri ²	60	71	11	205	108	203	97	37	38	60	55%

¹ valor de eficiência que o polo deve alcançar para suprir a demanda do NSI; ² A irrigação ocorre somente no segundo semestre, sendo de jun. a dez (Cariri) e jul. a dez. (Ibiapaba).

Fonte: Autores

A razão entre o excedente promovido somente pela lâmina aplicada com a NSC (Tabela 6, coluna J) é uma importante informação, pois retrata de forma mais coerente o polo que realiza a melhor gestão dos recursos hídricos. Nesse quesito, há de se destacar a Ibiapaba e o DIPAN, que apresentaram os menores percentuais de 11% e 30%, respectivamente. Contudo, o menor valor observado na Ibiapaba deve ser analisado com cuidado, tendo em vista que em dois meses do segundo semestre, onde a demanda hídrica das culturas foi atendida essencialmente pela irrigação, a oferta hídrica (P+LA) foi abaixo da NSC (Figura 1E). Esse resultado corroborou com o da avaliação dos sistemas, no qual também o melhor desempenho foi observado no DIPAN.

6 CONCLUSÃO

Todos os sistemas de irrigação avaliados nos diferentes polos de irrigação apresentaram índices de desempenho baixo e/ou aquém do mínimo recomendado para o método de irrigação localizada. As razões para esse desempenho insatisfatório são as mais diversas, indo desde negligências na operação e manutenção, como limpeza de filtros, correção de vazamentos, entupimentos de emissores e falta de avaliações periódicas dos sistemas, passando por causas hidráulicas como a ocorrência de emissores com vazões diferentes na mesma linha e/ou unidade de irrigação, pressões de operação incompatíveis com a demanda dos emissores e até mesmo falhas na confecção de sistemas, e, não menos importante e certamente preocupante, o quase, se não total, desconhecimento dos produtores em estratégias básicas de manejo e controle d'água, acarretando aplicações muitas vezes excessivas e por vezes deficitárias.

7 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Programa Cientista-Chefe em Agricultura do Governo do Estado do Ceará, Convênio 14/2022 SDE/ADECE/FUNCAP e Processo 08126425/2020/FUNCAP, pela concessão de bolsas de inovação e pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa; ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Sobral; às gerências dos Distritos de Irrigação Araras Norte – DIPAN; Baixo Acaraú – DIBAU; Tabuleiro de Russas – DISTAR; Jaguaribe Apodi – DIJA, às Secretarias Municipais de Agricultura dos municípios envolvidos nas regiões da Serra da Ibiapaba e do Cariri cearense e à Gerência Regional da COGERH de Limoeiro do Norte, pela receptividade do projeto e apoio logístico incondicional dispensado.

8 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, B. D. A.; MIRANDA, F. R. D.; BEZERRA, M. A.; RODRIGUES, A. J. O.; CALVET, A. S. F.; SILVA, E. S. D.; LIMA, G. C. M.; SANTOS, M. M. S. Sustained deficit irrigation on yield and fruit water quality of dwarf green coconut. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 52, n. 11, p. e20200674, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200674>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/XdYQTrNcs768mpxPMgvfPQB/?lang=en>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- ARAÚJO, J. C.; BRONSTERT, A. A method to assess hydrological drought in semi-arid environments and its application to the Jaguaribe River basin, Brazil. **Water International**, Philadelphia, v. 41, n. 2, p. 213-230, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2015.1113077>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.10>

80/02508060.2015.1113077. Acesso em: 15 fev. 2024.

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**, Santana do Ipanema, v. 6, n. 3, p. 2905-2918, 2021. DOI: https://doi.org/10.48017/Diversitas_Journal-v6i3-1862. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1862. Acesso em: 15 jun. 2023.

ASCOUGH, G. W.; KIKER, G. A. The effect of irrigation uniformity on irrigation water requirements. **Water AS**, v. 28, n. 2, p. 235-241, 2002. DOI: 10.4314/wsa.v28i2.4890. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242239784_The_effect_of_irrigation_uniformity_on_irrigation_water_requirements. Acesso em: 13 jun. 2021.

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**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000300001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/dXy3CDMNVVCJtyZ4BhxY7CNK/?lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2022.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; PIAUILINO, J. O.; SILVA, E. M. Coeficiente da cultura. *In*: AGUIAR

NETTO, A. O.; BASTOS, E. A. (ed.). **Princípios agronômicos de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

BORSSOI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; REISDÖRFER, M.; HERNÁNDEZ, R. H.; FOLLADOR, F. A. C. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 718-726. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000400011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/bXdJdXH69KCbKCFtkY8wnvz/?lang=en>. Acesso em: 13 já. 2021.

BRALTS, V. F. Field performance and evaluation. *In*: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.). **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p. 216-240. (Development in Agricultural Engineering, n. 9).

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 27, n. 150, p. 155-162, 1980.

DIVINCULA, J. S.; SILVA, C. B. D.; SANTOS, M. A. D.; SANTOS, D. P. D.; SANTOS, L. W. D. Crop coefficient and water requirement of prickly pear in the Agreste region of Alagoas state, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 12, p. 925-929, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n12p925-929>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/sKzqnbhrc7QHLQq59PKX6P/?lang=en>. Acesso em: 13 dez. 2023.

- DWIVEDI, D. K.; PANDYA, P. A. Evaluation of hydraulic performance of micro-sprinkler system. **International Journal of Agricultural Science and Research**, Mayiladuthurai, v. 6, n.3, 2016, p. 397-406. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2835356. Acesso em: 26 nov. 2023
- FRANÇA, J. M. B.; LUNA, R. M.; MONTEIRO, C. M. G.; SOUSA, J. A. C. de; CAPELO NETO, J. Panorama das outorgas de uso dos recursos hídricos no Estado do Ceará no período de estiagem 2009-2017. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 2, p. 210-217, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v32i2.29118>. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29118>. Acesso em: 13 mar. 2024.
- FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. Necessidade de irrigação. In: FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringa: Eduem, 2012. cap. 4, p. 141-198.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985.
- KANEKO, F. H.; HERNANDEZ, F. B. T.; SHIMADA, M. M.; FERREIRA, J. P. Estudo de caso-Análise econômica da fertirrigação e adubação tratorizada em pivos centrais considerando a cultura do milho. **Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 16, p. 161-165, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/1528/1034>. Acesso em: 07 mar. 2024.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975.
- LAMSKOVA, M. I.; NOVIKOV, A. E.; BORODYCHEV, S. V.; FILIMONOV, M. I. Evaluation of corn crops drip irrigation quality at different versions of the tillering zone. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 843, n. 1, p. 012060. 2021. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012060. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/843/1/012060>. Acesso em: 13 mar. 2022.
- LIU, C.; WANG, R.; WANG, W.; HU, X.; WU, W.; LIU, F. Different Irrigation Pressure and Filter on Emitter Clogging in Drip Phosphate Fertigation Systems. **Water**, London, v. 14, n. 6, article 853, p. 1-18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14060853>. Disponível em: <file:///C:/Users/IFCE/Downloads/water-14-00853-v2.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, Á. D.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. D. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 157-232.
- 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**, Prague, v. 5, n. 4, p. 139-145,

2010. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Houshang-Ghamarnia/publication/234143410>.

Acesso em: 13 nov. 2023

MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A guide for management**. Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, 1978.

PAREDES, P.; PETRY, M. T.; OLIVEIRA, C. M.; MONTOYA, F.; LÓPEZ-URREA, R.; PERREIRA, L. S. Single and basal crop coefficients for estimation of water requirements of subtropical and tropical orchards and plantations with consideration of fraction of ground cover, height, and training system. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 42, p. 1059-1097, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00271-024-00925-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00271-024-00925-7>. Acesso em: 10 jan. 2023

PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 115-137, 2015. DOI: 10.1590/S0103-40142015000200008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/Z3QqdD43cMrG3F78WKZ8VRC/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 abr. 2024.

RATHER, N. U. R.; AHMAD BABA, M. Performance evaluation of sprinkler irrigation system in Ganderbal District J&K State. **British Journal of Applied Science & Technology**, Gurgaon, v. 25, n. 5, p. 1-7, 2018. DOI: 10.9734/CJAST/2017/39414. Disponível em: <https://journalcjast.com/index.php/CJAST/article/view/1359>. Acesso em: 17 jul. 2022.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. D. S.; PATERNIANI, J. E.; SILVA, M. J. da.

Efeito da qualidade da água na perda de carga em filtros utilizados na irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 1-6. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000100001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/LrG667tRRFcFdxHSpzxFmc/?lang=pt>. Acesso em: 13 jan. 2024.

SARAIVA, K. R.; REBOUÇAS, R. M.; SOUZA, F. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura do coqueiro. **Agropecuária Técnica**, v. 35, n. 1, p. 62-68, 2014. Disponível em: <http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/at/index>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SILVEIRA, R. N. C. M.; PEIXOTO, F. S.; COSTA, R. N. T.; CAVALCANTE, I. N. Drought's impact in Irrigated Perimeters in the Brazilian Semi-Arid. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 268-275, 2018. DOI: 10.11137/2018_2_268_275. Disponível em: <https://revistas.ufjf.br/index.php/aigeo/article/view/28432>. Acesso em: 07 jan. 2024.

SIMÃO, F. R. **Estudo de diferentes estratégias de manejo de irrigação para cinco importantes fruteiras na região norte de Minas Gerais**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

VALNIR JUNIOR, M.; GOMES FILHO, R. R.; ALMEIDA, C. L.; ROCHA, J. P. A.; LIMA, S. C. R. V.; ANDRADE, R. F.; BRITO, M. J. R. Irrigation demand of economically significant crops in the Araras Norte and Baixo Acaraú districts, Ceará, Brazil. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 11, n. 9, p. e6011930816, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.30816>. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30816>. Acesso em: 09 fev. 2022.

VALNIR JUNIOR, M.; SOARES, F. A. L.; CARVALHO, C. M. de; LIMA, S. C. R. V.; GOMES FILHO, R. R. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes lâminas e frequências de irrigação. **Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 1, p. 32-40, 2010.

Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Clayton-Carvalho/publication/45117933>. Acesso em: 13 dez. 2023

ZAMANIYAN, M.; FATAHI, R.; BOROOMAND-NASAB, S. Field performance evaluation of micro irrigation systems in Iran. **Soil and Water Research**, Prague, v. 9, n. 3, p. 135-142, 2014. DOI: <https://doi.org/10.17221/8/2013-SWR>. Disponível em: https://swr.agriculturejournals.cz/artkey/swr-201403-0006_field-performance-evaluation-of-micro-irrigation-systems-in-iran.php. Acesso em: 21 jan. 2023.