

ESTIMATIVA DA DEMANDA HÍDRICA DE DIFERENTES CULTURAS NO PERÍMETRO IRRIGADO PONTAL SUL

MARCELLO HENRYQUE COSTA DE SOUZA¹; ROBERTA DANIELA DA SILVA SANTOS²; CLOVIS MANOEL CARVALHO RAMOS³ E LUÍS HENRIQUE BASSOI⁴

¹ *Setor de Operação do Sistema, Distrito de Irrigação Nilo Coelho – DINC, Vila CS-1, Perímetro Senador Nilo Coelho s/n. CEP: 56.300-990. Petrolina-PE, Brasil, marcello_henry@hotmail.com;*

² *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR, campus Novo Paraíso, BR-174, s/n - Vila Novo Paraíso, Caracará – RR. CEP:69365-000, Brasil, roberta.santos@ifrr.edu.br;*

³ *Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Avenida Antônio Carlos Magalhães, 510 - Santo Antônio. CEP: 48902-300 – Juazeiro – BA, clovis.ramos@univasf.edu.br;*

⁴ *Embrapa Instrumentação, R. 15 de Novembro, 1452 - Centro, São Carlos – SP. CEP:13560-970, Brasil. luis.bassoi@embrapa.br.*

1 RESUMO

O presente trabalho objetivou determinar a demanda hídrica para diferentes culturas no Perímetro Irrigado Pontal Sul e verificar se a lâmina fornecida é capaz de atender ou não as necessidades das culturas; identificar quando e qual cenário há maior necessidade de água; e definir quais cenários baseados em diferentes culturas e na disponibilidade de água poderão ser atendidos de acordo com a capacidade de bombeamento do perímetro irrigado. Para alcançar tais objetivos foram feitos levantamentos de dados, estudos bibliográficos, geração de cenários agrícolas (considerando diferentes culturas – Acerola, Caju, Goiaba, Banana, Coco, Uva e Manga) e estimativa das demandas do Perímetro Irrigado Pontal Sul. De acordo com os cenários gerados, o perímetro irrigado apresenta, em parte, dados que favorecem a superestimação de valores de água a serem fornecidos, porém também apresenta problemas no que diz respeito ao fornecimento de água para as culturas quando avaliados cenários e condições de exigência máxima das culturas. Assim, este estudo mostra a necessidade do estudo prévio e uma alternativa para um planejamento adequado para implantação das culturas e uso de sistemas de irrigação no Perímetro Irrigado Pontal Sul.

Palavras-chave: irrigação, planejamento agrícola, uso de água.

SOUZA, M. H. C.; SANTOS, R. D. S.; RAMOS, C. M. C.; BASSOI, L. H.
ESTIMATION OF WATER DEMAND BY CROPS FOR WATER ALLOCATION IN PONTAL SUL IRRIGATION SCHEME

2 ABSTRACT

This work aimed to determine the water demand for different crops in the Pontal Sul Irrigation Scheme and to verify if the water depth supplied is capable of attending crop water demands; to identify when and which scenario the water demand is maximum; and to define which scenarios based on different crops and on water availability can be met according to the pumping capacity of the irrigation scheme. To achieve these objectives, data surveys, bibliographic studies, generation of agricultural scenarios (considering different cultures -

Barbados cherry, Cashew, Guava, Banana, Coconut, Grape and Mango) and estimation of the demands of the Pontal Sul Irrigated Perimeter were made. According to the scenarios generated, the Pontal Sul irrigated project presents, in part, data that favor the overestimation of water values to be provided, but it also presents problems related to water supply for crops in scenarios and conditions of maximum crop requirements. Thus, this study shows the need for a previous study and an alternative for planning for cropping and the use of irrigation systems in Pontal Sul Irrigation Scheme.

Keywords: irrigation, agricultural planning, water use.

3 INTRODUÇÃO

O planejamento agrícola busca considerar diferentes variáveis espaciais e temporais, como o uso do solo, disponibilidade e demanda de água, irrigação e suas interações, utilizando novas tecnologias para favorecer a eficiência do uso da água e buscando solucionar problemas relacionados a escassez hídrica.

Este fato resultou em um maior interesse na determinação, a partir de simulações, da demanda e na otimização e de sistemas de irrigação visando desenvolver e implementar uma infraestrutura adequada de recursos hídricos e estratégias de alocação. A melhoria da alocação de água estreita ainda mais a relação entre o benefício econômico e a redução na quantidade de água utilizada na irrigação, especialmente para regiões áridas (HASSAN-ESFAHANI; TORRES-RUA; MCKEE, 2015; LI et al., 2016).

Para a agricultura, em especial em regiões áridas e semiáridas, onde a escassez de água é um problema crítico, o uso da irrigação e o desenvolvimento de estratégias em projetos irrigados desempenha um papel fundamental na produtividade agrícola. É necessário então verificar a disponibilidade de água e do uso desta por meio do planejamento agrícola adequado, que tradicionalmente baseia-se na determinação da necessidade da cultura e na disponibilidade local de água (MOLINOS-SENANTE et al., 2014, HASSAN-ESFAHANI; TORRES-RUA; MCKEE,

2015; DAVIJANI, et al., 2016; QUEIROZ et al., 2018).

Assim, os objetivos do presente trabalho foram: i) determinar a demanda hídrica para diferentes culturas no Perímetro Irrigado Pontal Sul e verificar se a lâmina fornecida pelo projeto é capaz de atender ou não as necessidades das culturas; ii) em função dos dados adquiridos, identificar quando e qual cenário há maior necessidade de água, o que permite determinar de forma prática o melhor gerenciamento de água na agricultura; iii) gerar cenários baseados nas condições climáticas locais, para diferentes culturas e na disponibilidade de água oferecida pelo perímetro irrigado e definir quais cenários poderão ser atendidos de acordo com a capacidade de bombeamento e condução de água do Perímetro Irrigado Pontal Sul.

4 MATERIAL E MÉTODOS

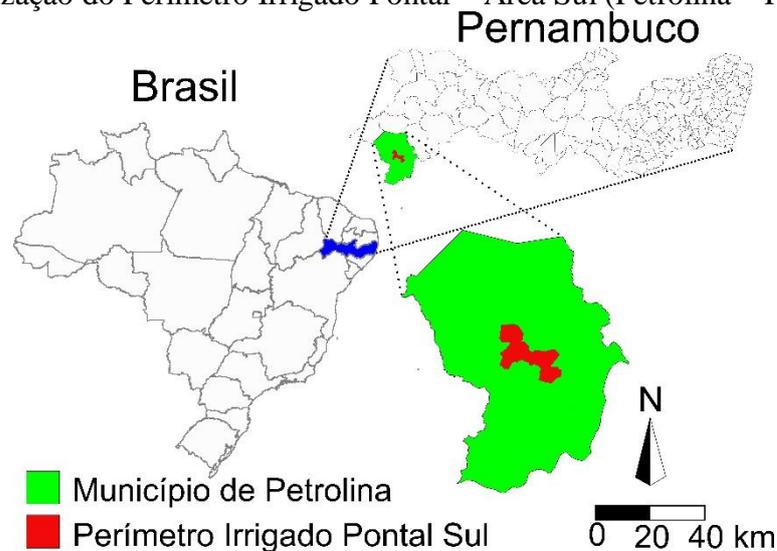
O estudo foi realizado no Perímetro Irrigado Pontal Sul (situado nas coordenadas geográficas 8°55'39,66"S e 40°38'13,39"W na parte superior e 9°07'33,20"S e 40°25'47,45"W na parte inferior), localizado na bacia do rio Pontal, abrangendo os municípios de Afrânio, Dormentes, Lagoa Grande e Petrolina, no estado de Pernambuco, na região fisiográfica do Submédio São Francisco. Ressalta-se que as áreas dos lotes em estudo têm seis hectares irrigáveis, entretanto foram estimadas as demandas ao nível de setor, e dessa forma

utilizou-se a área total irrigável para cada setor (132 hectares) e limite diário fornecido pelo projeto (9,72 mm) para essa área.

Todos os procedimentos aqui utilizados foram trabalhados em planilhas eletrônicas do software Excel para geração de gráficos para dar suporte a decisão da melhor alocação e distribuição das culturas no perímetro irrigado. Vale ressaltar que

para efeito de dimensionamento dos sistemas do Projeto Pontal – Área Sul (Figura 1), não foi considerada a contribuição da chuva, com o intuito de garantir o fornecimento de água em períodos secos devido à irregularidade da precipitação pluvial (alta intensidade em um curto período de tempo) que acontece na região.

Figura 1. Localização do Perímetro Irrigado Pontal – Área Sul (Petrolina – PE, 2019).



Fonte: Souza (2020).

Para determinação da demanda hídrica do projeto, foram feitos dois cálculos. O primeiro considerou os dados descritos no Relatório Final de Projeto Executivo para elaboração do Perímetro Irrigado Pontal – Área Sul, além dos dados climáticos da região utilizados no projeto (Tabela 1). O segundo cálculo utilizou dados

pesquisados na literatura, dados obtidos na Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Tabela 1), pertencente a Embrapa Semiárido, em Petrolina – PE e a evapotranspiração de referência (ET_0 , mm) estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO56, descrito por Allen et al. (1998).

Tabela 1. Evapotranspiração de referência (ET_0 , mm) pelo método de Hargreaves adotada pelo projeto Pontal - Área Sul e da Estação Agrometeorológica de Bebedouro.

Mês	ET_0 (mm)			
	Projeto Pontal Sul		Estação Agrometeorológica de Bebedouro	
	Diária	Mensal	Diária	Mensal
Janeiro	6,5	201,5	7,5	232,5
Fevereiro	5,9	165,2	7,2	201,6
Março	5,4	167,4	6,5	201,5
Abril	4,7	141	6,3	189
Mai	4,4	136,4	5,9	182,9
Junho	4,2	126	6,0	180
Julho	4,5	139,5	6,5	201,5
Agosto	5,4	167,4	7,9	244,9
Setembro	6,5	195	9,1	273
Outubro	7,4	229,4	9,6	297,6
Novembro	7,3	219	9,0	270
Dezembro	6,9	213,9	7,9	244,9

Fonte: Adaptado de CODEVASF (1998) e de Embrapa Semiárido (Estação Agrometeorológica de Bebedouro).

As fórmulas utilizadas na determinação da demanda foram iguais nos dois cálculos, utilizando a evapotranspiração de referência (ET_0), onde os valores da evapotranspiração da cultura (ET_c) foram calculados pela multiplicação do coeficiente de cultura (K_c). Para calcular as demandas de forma semelhante ao elaborado no Relatório Final de Projeto Executivo, foram considerados os seguintes parâmetros: eficiência de aplicação de água para irrigação localizada em 80% para cálculo do projeto e 90% para dados deste estudo (a irrigação localizada ocupando 66% da área);

eficiência de aplicação de água para irrigação por aspersão em 65% para cálculo do projeto e 80% para dados deste estudo (a irrigação por aspersão ocupando 34% da área); início do ciclo produtivo das culturas no primeiro dia do ano (1 de janeiro); a duração dos estádios fenológicos em certas situações foi ajustada para que a simulação permanecesse no período de 1 ano.

As culturas estudadas foram acerola, banana, caju, coco, goiaba, manga e uva em sete cenários diferentes de exploração agrícola (Tabela 2) utilizados para os cálculos de demanda hídrica.

Tabela 2. Cenários de exploração agrícola: Culturas e porcentagem de área ocupada no Perímetro Irrigado Pontal Sul.

Cenário	Culturas	Porcentagem de área ocupada (%)	Critério
1	Acerola	4,7	Porcentagem de área e culturas utilizadas no Perímetro Irrigado Nilo Coelho, instalado em Petrolina - PE
	Caju	5,2	
	Goiaba	8,0	
	Banana	8,2	
	Coco	11,1	
	Uva	23,5	
2	Manga	39,3	Culturas com maior demanda
	Acerola	33,3	
	Banana	33,3	
3	Goiaba	33,4	Sugeridas no relatório final de projeto executivo do projeto Pontal – Área Sul
	Banana	16,66	
	Coco	16,67	
	Goiaba	16,67	
4	Manga	33,33	Culturas de maior destaque no Perímetro Irrigado Nilo Coelho
	Uva	33,34	
	Banana	67,00	
5	Coco	33,33	***
	Manga	33,34	
6	Banana	33,33	***
	Coco	33,33	
7	Uva	33,34	***
	Acerola	33,33	
	Goiaba	33,33	
	Uva	33,34	

*** Áreas definidas pelos autores.

Os coeficientes de cultura (Kc) foram determinados para cada cultura a ser estudada e considerando a duração do ciclo, e os estádios fenológicos de cada cultura, sendo obtidos por meio de um levantamento do bibliográfico de estudos locais ou de

regiões próximas (Tabela 3). Os valores de Kc variam durante diferentes estádios fenológicos, o que é fator determinante na obtenção dos limites superiores e inferiores para a demanda de água (CHENGLONG; PING, 2017).

Tabela 3. Duração dos estádios fenológicos e coeficiente de cultura (Kc) para diferentes culturas utilizadas na simulação dos cenários.

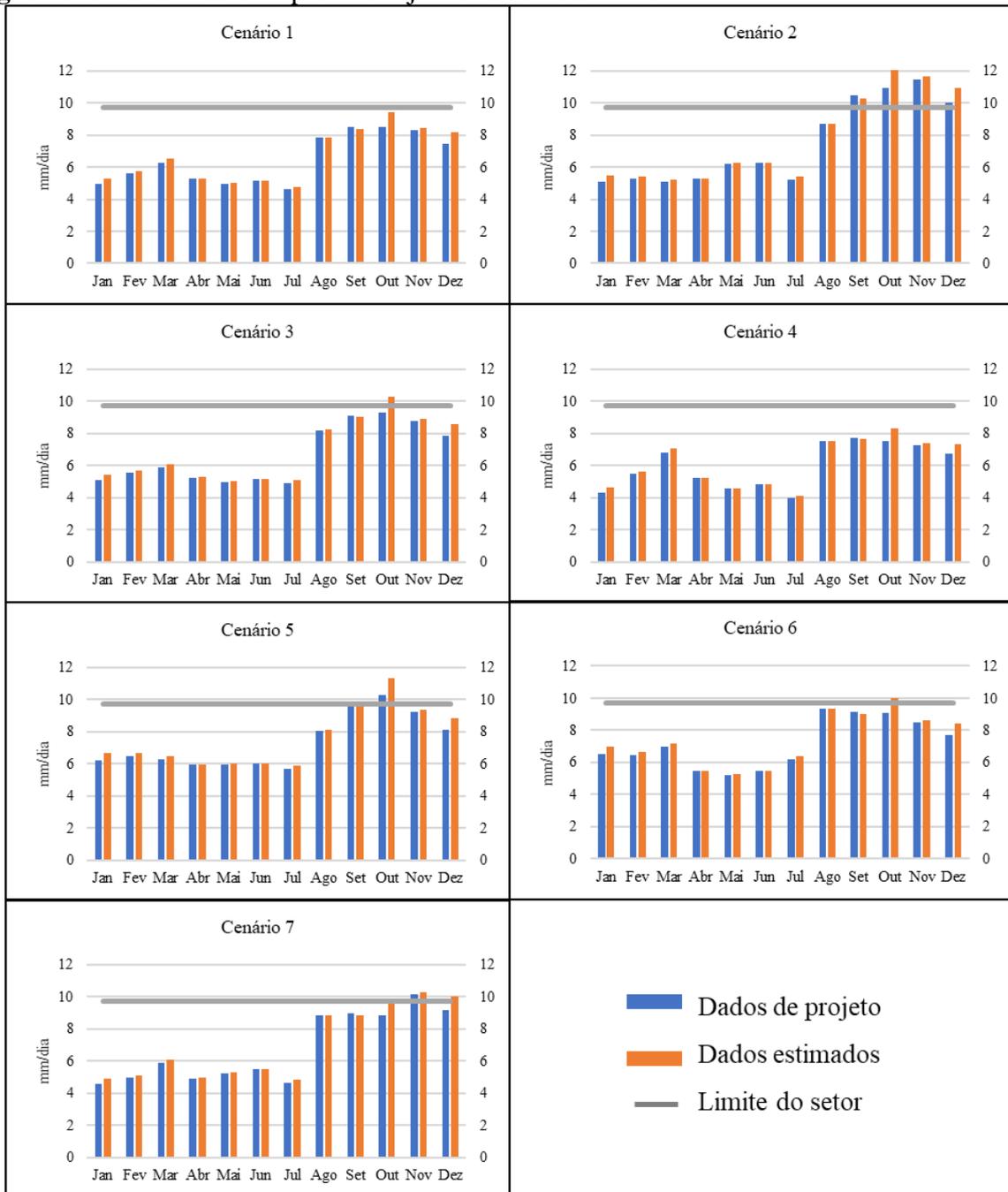
	Fase de desenvolvimento***	Kc	Duração (dias)	Referência
Banana**	I	0,70 - 0,80	120	Basso et al. (2004) e Ide e Silva (2017).
	II	0,90 - 0,95	90	
	III	1,10	120	
	IV	1,00	60	
Goiaba	I	0,35	96	Teixeira et al. (2003).
	II	0,56	153	
	III	1,04	102	
	IV	1,12	66	
Manga (dias após a floração)	I	0,49	30	Silva et al. (2001).
	II	0,71	35	
	III	0,85	50	
	IV	0,83	45	
Uva de mesa	I	0,6	20	Gondim, Araújo e Teixeira (2007).
	II	0,7	40	
	III	1,15	40	
	IV	0,65	17	
Acerola	I	0,73	30	Gondim, Araújo e Teixeira (2007).
	II	0,88	30	
	III	1,00	60	
	IV	1,39	60	
Coco*	Ano todo	1,00	365	Miranda e Gomes (2008).
Caju*	Ano todo	0,65	365	Gondim, Araújo e Teixeira (2007).

*considerado o maior Kc, para simulação de período crítico. **Foi-se necessário reduzir o número de dias na duração de cada fase fenológica para que todas as culturas se enquadrassem no período de 365 dias (1 ano). *** Foi dividido em 4, para representar as fases inicial, desenvolvimento, reprodutiva e maturação ao longo do ciclo, como demonstrado no boletim 56 da FAO.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os cenários foram testados avaliando as demandas de água no perímetro, visando verificar a capacidade operacional do projeto e da possibilidade de adequação para implantação das culturas. Em cada um dos cenários foram analisados os parâmetros mais significativos do ponto de vista das

atividades agrícolas, ou seja, a evapotranspiração, o coeficiente de cultivo, a área produtiva e a capacidade de fornecimento de água pelo perímetro irrigado. Foi simulada a demanda hídrica para o Projeto Pontal – Área Sul, considerando um setor do perímetro irrigado (Figura 2).

Figura 2. Demanda hídrica para o Projeto Pontal – Área Sul.

Fonte: Souza (2020).

Diante da avaliação dos cenários, verificou-se que para algumas situações (cenários 1 e 4) a lâmina disponibilizada pelo projeto atende as necessidades hídricas, tanto a demanda de projeto como as estipuladas por este estudo ao longo do ano. No entanto, para os cenários 2, 3, 5, 6 e 7, as necessidades de água foram maiores que as lâminas disponíveis, resultando assim em

demandas hídricas maiores que a capacidade de bombeamento do sistema.

Os maiores problemas são verificados entre os meses de agosto a dezembro, ocasionados principalmente pelo aumento da evapotranspiração a partir do mês de junho, configurando esse período como o que apresenta as maiores médias anuais de evapotranspiração, acarretando

nos problemas diagnosticados de demanda. Para Bastiaanssen et al. (2001) esses problemas estão relacionados a ausência de nuvens na região, e por apresentar elevado potencial de evapotranspiração.

Cruz et al. (2016) também relataram em seus estudos, utilizando o sistema S@I para cálculo de demanda hídrica e alocação de água em perímetros irrigados, que o sistema de canais do distrito de irrigação do Baixo Acaraú (DIBAU) não consegue atender a demanda estimada pelo sistema, visto que o referido distrito restringe o volume de água disponibilizado aos lotes devido à escassez hídrica na região. Este resultado corrobora com os resultados aqui obtidos, destacando a necessidade de estimativas de demanda para uma melhor distribuição das culturas a serem implantadas, evitando assim problemas com a restrição hídrica as culturas.

Silva, et al. (2015a) também relataram a necessidade de estudos relacionados a demanda hídrica em áreas como a do projeto Pontal – Área Sul, pois evidenciaram preocupação com o manejo mais adequado para utilização dos recursos hídricos disponíveis, aproveitando assim ao máximo o potencial agrícola da região.

Assim como nos estudos de Assad (2016) e Cruz et al. (2016), o entendimento desta situação possibilita a escolha de uma alternativa que conduza ao melhor resultado,

tanto de produção quanto para uso adequado da água e um perfeito funcionamento do setor irrigado, principalmente em regiões onde o abastecimento de água já está sendo comprometido, o que pode evitar épocas de restrição hídrica ou casos de limitação do fornecimento da água.

Vale ressaltar ainda que os cenários que apresentaram problemas quanto a disponibilidade são os que mais se assemelham a situações reais dos lotes para pequenos irrigantes na região, utilização de poucas culturas (geralmente três culturas) e com alta demanda de água para completar os respectivos ciclos produtivos.

Além da avaliação do fator climático e da utilização de um sistema de irrigação eficiente, outro fator relevante e que pode ser modificado para correção dos problemas encontrados é a escolha adequada da época cultivo para as diferentes culturas. Desta forma, um estudo adequado quanto ao comportamento da cultura em relação ao clima pode favorecer o desenvolvimento de uma determinada espécie vegetal, e reduzir ou eliminar problemas de altas demandas e baixa disponibilidade hídrica observadas na Figura 2.

Como alternativa para os problemas apresentados, a alteração do início do ciclo (Tabela 4) é uma possibilidade real e, de certa forma, imediata para solução do problema.

Tabela 4. Coeficientes de cultura (Kc) e épocas alternativas para cultivo.

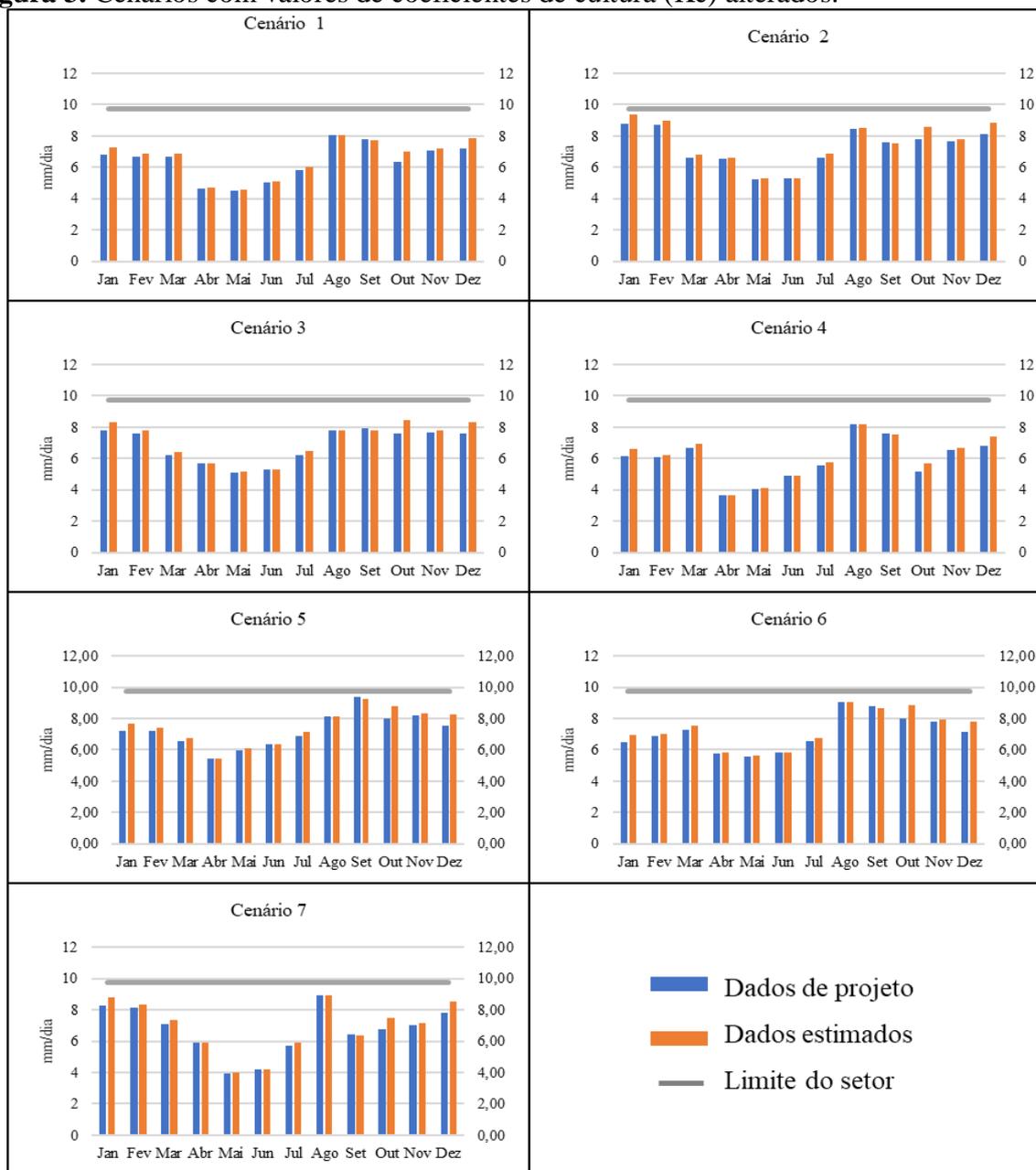
Mês	Culturas						
	Manga*	Coco	Banana*	Goiaba*	Uva	Acerola*	Caju
Jan	0,85	1,00	0,80	1,04	0,60	1,39	0,65
Fev	0,83	1,00	0,95	1,04	0,70	1,39	0,65
Mar	0,83	1,00	0,95	1,12	1,15	0,73	0,65
Abr	0,49	1,00	0,95	1,12	0,65	0,88	0,65
Mai	0,71	1,00	1,10	0,35	0,50	1,00	0,65
Jun	0,85	1,00	1,10	0,35	0,60	1,00	0,65
Jul	0,85	1,00	1,10	0,35	0,70	1,39	0,65
Ago	0,83	1,00	1,00	0,56	1,15	1,39	0,65
Set	0,83	1,00	1,00	0,56	0,65	0,73	0,65
Out	0,49	1,00	0,80	0,56	0,50	0,88	0,65
Nov	0,71	1,00	0,80	0,56	0,60	1,00	0,65
Dez	0,85	1,00	0,80	1,04	0,70	1,00	0,65

* Culturas que tiveram o Kc e suas datas de poda (início do ciclo produtivo) alterado.

Usando coeficientes de cultura (Kc) em épocas alternativas para cultivo, foi possível reduzir valores de demanda das culturas em épocas de alta demanda e verificar que o perímetro irrigado consegue atender a demanda exigida. Caso sejam adotadas as estratégias de alteração do início dos ciclos produtivos das culturas, consequentemente a demanda nos meses mais críticos será atendida.

A alteração do Kc proporcionou reduções das demandas (Figura 3)

considerando os mesmos cálculos e dados climáticos. Mesmo com as reduções na demanda requerida pelas culturas, os valores aqui descritos são superiores aos relatados na literatura (SILVA et al., 2001; GONDIM; ARAÚJO; TEIXEIRA, 2007; SILVA et al., 2015b; OLIVEIRA et al., 2015; SANTOS et al., 2016). Isto se deve a vários fatores como metodologia de cálculo, utilização de diferentes valores de Kc e principalmente devido aos valores de evapotranspiração da série climática.

Figura 3. Cenários com valores de coeficientes de cultura (Kc) alterados.

Fonte: Souza (2020).

Silva et al. (2015b) verificaram valores de aproximadamente 1.900, 1.100 e 900 mm para as culturas da banana, manga e uva, respectivamente, e uma evapotranspiração de referência média de 2.070 mm anuais nesta região, diferindo dos valores encontrados nesse trabalho, os quais foram superiores. Este fato pode ser explicado pelo aumento da média da evapotranspiração (para 2.649,50 mm

anuais) observada no período estudado (1975 a 2018).

Em seus estudos Silva et al. (2015a) e Silva et al. (2016), apontam que o conhecimento das épocas de maior ET_0 , das fases fenológicas e seus respectivos Kc pode favorecer a produtividade e reduzir a utilização dos recursos hídricos. Silva et al. (2016), afirmaram ainda que a informação primordial para o planejamento adequado do

uso da água é a determinação da evapotranspiração da cultura.

A escolha adequada da época para poda já é uma técnica muito utilizada na região de Petrolina – PE, para modificar o desenvolvimento da planta e induzir alguns princípios fisiológicos fundamentais, como reduzir o crescimento vegetativo em excesso e estabelecer um calendário de produção. Assim, este manejo aliado à época adequada de cultivo e o fornecimento adequado de água pode favorecer uma boa produtividade, em aspectos qualitativos e quantitativos (SANTOS, 2016).

Aliado ao relatado anteriormente, Silva, Figueiredo e Moraes, (2015) apontam que a adoção de sistema de irrigação mais eficientes podem acarretar numa redução da quantidade de água ofertada as culturas, porém atendendo suas necessidades. Isso implica num favorecimento ao crescimento das áreas agrícolas ou até mesmo na economia de água e energia na propriedade agrícola. Córcoles et al. (2010), Katerji, Campi e Mastrorilli (2013) e Xiao, Fang e Hipel (2018), apontaram que mesmo com as inovações tecnológicas que envolvem os sistemas de irrigação atuais, o principal problema é a taxa de aceitação a novas tecnologias e métodos utilizados, visto que muitos ficam receosos em mudar.

Fica evidente de acordo com os cenários, com as estratégias, com as considerações de dados médios e as simplificações adotadas nas estimativas de demanda de água, que há divergências entre os valores reais (fornecido pelo Perímetro Irrigado Pontal Sul) e os estimados. Segundo Ide e Silva (2017), essa percepção é inevitável devido, principalmente, as características locais de cultivo e condições climáticas da região.

Autores como Vazifedoust et al. (2007) e Davijani et al. (2016) observaram a ligação entre o gerenciamento e alocação dos recursos hídricos com os benefícios gerados, para os setores agrícola e industrial em regiões áridas do Irã, tanto no que diz

respeito a melhoria dos sistemas de cultivo (implementação de estratégias de cultivo, como a aplicação do déficit hídrico) quanto na geração de empregos pelos setores. Dessa forma, tal estudo corrobora com o aqui discutido, onde a alocação de água em regiões de importância agrícola e econômica é essencial para a redução no uso e para o desenvolvimento, como um todo, da região.

De forma semelhante ao observado neste trabalho, porém de forma prática, Thevs et al. (2015) avaliaram o consumo de água de diferentes culturas na bacia do rio Tarim (China) e a quantidade de água (cota) destinada a agricultura ao longo do rio. Os autores verificaram diferentes necessidades dos irrigantes e assim foi possível entender a dinâmica do uso, que para os usuários a jusante a cota era insuficiente e a montante do local de pesquisa era mais que o necessário. Assim, como neste trabalho a necessidade de entender a dinâmica da água e demanda das culturas apontam a necessidade de propor além de estimativas mais atuais do consumo, o uso de estratégias adequadas a cada cultura com a aplicação de regras para os sistemas de uso da água para irrigação.

Os estudos de otimização nos cálculos de demanda de água, determinando a demanda hídrica das culturas ou baseando-se em modelos mais complexos envolvendo a dinâmica espaço-tempo de modelos matemáticos são necessários e eficientes na determinação de propostas da melhor alocação de água. Entretanto todos tem um objetivo em comum, buscar a praticidade e eficiência da otimização e alocação de água em regiões com problemas relacionado à baixa disponibilidade de água (XU; MA; LV, 2016).

6 CONCLUSÕES

Com base nos cenários gerados, a partir do Relatório Final de Projeto Executivo do Pontal – Área Sul e dos dados

pesquisados na literatura, as culturas agrícolas apresentaram necessidades hídricas em períodos críticos nos quais não haverá possibilidade de fornecimento de água pelo perímetro irrigado em algumas situações.

Os cenários 1 e 4 são considerados adequados quanto a capacidade do projeto em fornecer água suficiente para todo o ciclo das culturas. Todos os outros (cenários 2, 3, 5, 6 e 7) apresentaram problemas quanto à capacidade de fornecimento de água pelos canais de irrigação, quando estimados pelos dois métodos.

Após alteração no planejamento (mudança no período de cultivo), dentre as culturas e cenários apresentados foi possível perceber que o fornecimento estaria dentro do limite do projeto, garantindo o fornecimento de água ao longo do ano nos

diferentes cenários. A mudança do período produtivo é uma estratégia viável, racional e necessária para adequação do planejamento agrícola, servindo como base para o apoio a decisão e planejamento agrícola na condução das culturas no Perímetro Irrigado Ponta Sul.

7 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos do primeiro autor, à Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA - UNIVASF) pelo suporte ao primeiro autor e à Embrapa Semiárido, pela cessão dos dados agrometeorológicos.

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ASSAD, E. D. **Sumário Executivo**. Estudo sobre eficiência do uso da água no Brasil: análise do impacto da irrigação na agricultura brasileira e potencial de produção de alimentos face ao aquecimento global. Rio de Janeiro: FGVAgro/EESP, 2016.

BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. D. C.; LIMA FILHO, J. M. P.; SILVA, E. E. G. D.; RAMOS, C. M. C.; SEDIYAMA, G. C. Guidelines for irrigation scheduling of banana crop in São Francisco Valley, Brazil. II-Water consumption, crop coefficient, and physiological behavior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Petrolina, v. 26, n. 3, p. 464-467, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000300022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/9vYyK6RkB3Z95WV7HrSsJVt/?lang=en>. Acesso em: 03 out. 2021.

BASTIAANSEN, W. G. M.; BRITO, R. A. L.; BOS, M. G.; SOUZA, R. A.; CAVALCANTI, E. B.; BAKKER, M. M. Low cost satellite data for monthly irrigation performance monitoring: benchmarks from Nilo Coelho, Brazil. **Irrigation and Drainage systems**, Petrolina, v. 15, n. 1, p. 53-79, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1017967021198> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1017967021198#citeas>. Acesso em: 03 out. 2021.

CHENGLONG, Z.; PING, G. A generalized fuzzy credibility-constrained linear fractional programming approach for optimal irrigation water allocation under uncertainty. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 553, p. 735-749, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.08.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169417305346?via%3Dihub>. Acesso em: 3 out. 2021.

CODEVASF. **Relatório Final de Projeto Executivo realizado para implantação do Projeto Pontal** – Área Sul. Petrolina: CODEVASF, dez. 1998.

CÓRCOLES, J. I.; JUAN, J. A.; ORTEGA, J. F.; TARJUELO, J. M.; MORENO, M. A. Management evaluation of water users associations using benchmarking techniques. **Agricultural Water Management**, Castilla-La Mancha, v. 98, n. 1, p. 1-11, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.07.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377410002490?via%3Dihub>. Acesso em: 3 out. 2021.

CRUZ, J. S.; SOUZA, E. C.; SARAIVA, K. R.; BELTRÃO JÚNIOR, J. A.; MENEZES, B. R. Q.; CAMARGO, D. C. Utilização do sistema s@ i como ferramenta administrativa no uso da alocação de água no distrito de irrigação do baixo acaraú–dibau. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Marco, v. 10, n. 2, p. 468-476, 2016. DOI: 0.7127/rbai.v10n.200340. Disponível em: <https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/340>. Acesso em: 3 out. 2021.

DAVIJANI, M. H.; BANIHABIB, M. E.; ANVAR, A. N.; HASHEMI, S. R. Optimization model for the allocation of water resources based on the maximization of employment in the agriculture and industry sectors. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 533, p. 430-438, 2016. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2015.12.025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169415009737?via%3Dihub>. Acesso em: 30 Set. 2021.

GONDIM, R. S.; ARAÚJO, R. C. P.; TEIXEIRA, A. S. Indicadores de decisão para alocação da água de irrigação no Baixo Jaguaribe, Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABRH, 2007.

HASSAN-ESFAHANI, L.; TORRES-RUA, A.; MCKEE, M. Assessment of optimal irrigation water allocation for pressurized irrigation system using water balance approach, learning machines, and remotely sensed data. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 153, p. 42-50, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.02.005> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377415000530> Acesso em: 3 out. 2021.

IDE, A. K.; SILVA, C. L. Demanda de água para irrigação das comunidades rurais associadas ao projeto de integração do rio São Francisco. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 249-260, 2017. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i3.748> Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/672>. Acesso em: 3 out. 2021.

KATERJI, N.; CAMPI, P.; MASTRORILLI, M. Productivity, evapotranspiration, and water use efficiency of corn and tomato crops simulated by AquaCrop under contrasting water stress conditions in the Mediterranean region. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 130, p. 14-26, 2013. DOI: 10.1016/j.agwat.2013.08.005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259128576_Productivity_evapotranspiration_and_water_use_efficiency_of_corn_and_tomato_crops_simulated_by_AquaCrop_under_contrasting_water_stress_conditions_in_the_Mediterranean_region. Acesso em: 3 out. 2021.

LI, X.; ZHANG, X.; NIU, J.; TONG, L.; KANG, S.; DU, T.; LI, S.; DING, R. Irrigation water productivity is more influenced by agronomic practice factors than by climatic factors in Hexi Corridor, Northwest China. **Scientific Reports**, Hexi Corridor, v. 6, p. 37971, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep37971>. Acesso em: 30 set. 2021.

MIRANDA, F. R.; GOMES, A. R. M. **Manejo da Irrigação do Coqueiro-anão em ambiente do cerrado**. Fortaleza: Embrapa Cerrados, 2008. (Circular Técnica, n. 25). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3645/manejo-da-irrigacao-do-coqueiro-anao-em-ambiente-de-cerrado>. Acesso em: 3 out. 2021.

MOLINOS-SENANTE, M.; HERNÁNDEZ-SANCHO, F.; MOCHOLÍ-ARCE, M.; SALA-GARRIDO, R. A management and optimisation model for water supply planning in water deficit areas. **Journal of hydrology**, Amsterdam, v. 515, p. 139-146, 2014. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.04.054. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262342171_A_management_and_optimisation_model_for_water_supply_planning_in_water_deficit_areas. Acesso em: 3 out. 2021.

OLIVEIRA, E. V.; ARRAES, F. D. D.; TORRES, W. L. V.; SOUZA, S. A.; VIEIRA, W. L. Desempenho de sistemas de irrigação por microaspersão e estimativa da demanda hídrica para diferentes fruteiras no município de Iguatu-CE. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, Iguatu, v. 10, n. 2, p. 40-46, 2015. Disponível em: <http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/769>. Acesso em: 3 out. 2021.

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. D. N.; JARDIM, A. M. D. R. F.; SILVA, M. J.; SOUZA, C. A. A. Procedimento metodológico para análise da distribuição da chuva e extrato do balanço hídrico no semiárido: estudo de caso. **Scientia Plena**, Carnaíba, v. 14, n. 3, p. 03020, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2018.030201>. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/3848>. Acesso em: 3 out. 2021.

SANTOS, M. R. D.; DONATO, S. L.; LOURENÇO, L. L.; SILVA, T. S.; COELHO FILHO, M. A. Irrigation management strategy for Prata-type banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Guanambi, v. 20, n. 9, p. 817-822, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n9p817-822>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tsLQhLLmScLhw6MF57myNzx/?lang=en>. Acesso em: 3 out. 2021.

SANTOS, O. N. A. **Irrigação e tipos de poda no cultivo de pinhão-mansão em Piracicaba, SP**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistema Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. DOI:

10.11606/D.11.2016.tde-06042016-175801. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-06042016-175801/pt-br.php>. Acesso em: 3 out. 2021.

SILVA, E. R. A. C.; MORAIS, Y. C. B.; SILVA, J. C.; GALVÍNCIO, J. D. Consumo de água na irrigação para cultivo da bananeira nas condições edafoclimáticas da bacia do riacho do Pontal no Semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Petrolina, v. 8, n. 3, p. 921-937, 2015a. DOI: 10.26848/rbgf.v8.3.p921-937. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233606/27197>. Acesso em: 30 de set. 2021.

SILVA, F. B.; PEREIRA, S. B.; MARTINEZ, M. A.; PRUSKI, F. F.; VIEIRA, N. P. A.; ROSA, D. R. Q. Consumo de água de culturas cultivadas em perímetros irrigados na bacia do São Francisco: relações de equivalência e influência na produção de energia elétrica. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 3., 2015, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: INOVAGRI, 2015b. p. 3905-3914. DOI: 10.12702/iii.inovagri.2015-a418. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301405934_CONSUMO_DE_AGUA_DE_CULTURAS_CULTIVADAS_EM_PERIMETROS_IRRIGADOS_NA_BACIA_DO_SAO_FRANCISCO_RELACOES_DE_EQUIVALENCIA_E_INFLUENCIA_NA_PRODUCAO_DE_ENERGIA_ELETRICA. Acesso em: 30 de set. 2021.

SILVA, G. S.; FIGUEIREDO, L. E. N.; MORAES, M. M. G. A. Curvas de demanda pelos recursos hídricos dos principais usos consuntivos no submédio da bacia do rio São Francisco. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, [S. l.], v. 36, p. 45-59, 30 jun. 2015. DOI: 10.5327/Z2176-947820151004. Disponível em: http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/190. Acesso em: 30 de set. 2021.

SILVA, J. S.; CAMPECHE, L. F. D. S. M.; BARBOSA, D. F.; LIRA, R. M.; BARNABÉ, J. M. C.; SOUZA, D. H. S. Estimativa da evapotranspiração da cultura da mangueira no Vale do São Francisco| Estimation of the mango crop evapotranspiration in the São Francisco Valley. **Revista Geama**, Petrolina, v. 1, n. 2, p. 128-140, 2016. Disponível em: <http://www.journals.ufpe.br/index.php/geama/article/view/489>. Acesso em: 30 set. 2021.

SILVA, V. D. P.; AZEVEDO, P. V. D.; SILVA, B. B. D.; BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. D. C.; SOARES, J. M.; SILVA, J. A. Estimativa da evapotranspiração da mangueira com base no balanço hídrico do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Petrolina, v. 5, n. 3, p. 456-462, 2001. DOI: 10.1590/S1415-43662001000300015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wVH6ZgXWSCMbzKvPtnMxq/?lang=pt>. Acesso em: 30 set. 2021.

SOUZA, M. H. C. **Estratégias de alocação de água para irrigação no perímetro irrigado Pontal Sul**. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/191923>. Acesso em: 8 out. 2021.

TEIXEIRA, A. H. C.; BASSOI, L. H.; REIS, V. D. S.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, M.; MAIA, J. L. T. Estimativa do consumo hídrico da goiabeira, utilizando estações

agrometeorológicas automática e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Petrolina, v. 25, p. 457-460, 2003. DOI: 10.1590/S0100-29452003000300024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/b8mKBR7mqgwt73cwxt9f8kq/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 set. 2021.

THEVS, N.; PENG, H.; ROZI, A.; ZERBE, S.; ABDUSALIH, N. Water allocation and water consumption of irrigated agriculture and natural vegetation in the Aksu-Tarim river basin, Xinjiang, China. **Journal of Arid Environments**, Xinjiang, v. 112, part. A, p. 87-97, 2015. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2014.05.028. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196314001438?via%3Dihub>. Acesso em: 30 set. 2021.

VAZIFEDOUST, M.; VAN DAM, J. C.; FEDDES, R. A.; FEIZI, M. Increasing water productivity of irrigated crops under limited water supply at field scale. **Agricultural water management**, Borkhar, v. 95, n. 2, p. 89-102, 2007. DOI: 10.1016/j.agwat.2007.09.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377407002211>. Acesso em: 30 set. 2021.

XIAO, Y.; FANG, L.; HIPEL, K. W. Agent-based modeling approach to investigating the impact of water demand management. **Journal of Water Resources Planning and Management**, Reston, v. 144, n. 3, p. 04018006, 2018. DOI:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000907. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29WR.1943-5452.0000907>. Acesso em: 3 out. 2021.

XU, J.; MA, N.; LV, C. Dynamic equilibrium strategy for drought emergency temporary water transfer and allocation management. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 53, p. 700-722, 2016. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.02.055. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169416301007>. Acesso em: 30 set. 2021.