

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NORMAL E SEQUENCIAL DO MUNICÍPIO DE PEREIRA BARRETO - SP COMO AUXÍLIO PARA O PLANEJAMENTO DA AGRICULTURA IRRIGADA

PEDRO ALCANTARA DA SILVA ABREU¹ E FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ²

¹ *Doutorando em Agronomia: Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista, Avenida Universitária, n° 3780, Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: pedro_804@outlook.com.*

² *Professor Titular, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos - DEFERS, Universidade Estadual Paulista, Avenida Brasil Sul, n° 56, Centro, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. E-mail: fernando.braz@unesp.br*

1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo gerar um balanço hídrico climatológico (BHC) normal e sequencial para o município de Pereira Barreto, SP para identificar os períodos do ano com excedente e déficit de água no solo. Foram realizados dois BHCs para o município, determinados a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955), com base nos dados das estações agrometeorológicas automáticas Bonança e Santa Adélia, pertencentes à Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, operada pela Unesp de Ilha Solteira. A precipitação média anual é de 1.214 mm e a evapotranspiração de 1.340 mm para a Estação Bonança, enquanto para a Santa Adélia, a precipitação média anual é de 1.204 mm e evapotranspiração de 1.574 mm. Com a Capacidade de Água Disponível (CAD) de 40 mm, os BHCs constataram sete meses de déficit hídrico no solo, entre março e outubro na Estação Bonança, localizada às margens do rio Tietê e de abril a novembro na Estação Santa Adélia, localizada na porção noroeste do município. O excesso de água no solo na Estação Bonança aconteceu entre os meses de novembro e fevereiro e na Santa Adélia entre janeiro e março. O BHC mostrou ser grande o risco de frustração de safra com culturas anuais no município sem a utilização de irrigação.

Palavras-chave: evapotranspiração, déficit hídrico, irrigação, agrometeorologia, Noroeste Paulista.

ABREU, P. A. S.; HERNANDEZ, F. B. T.

NORMAL AND SEQUENTIAL CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE IN THE MUNICIPALITY OF PEREIRA BARRETO - SP AS AID FOR THE PLANNING OF IRRIGATED AGRICULTURE

2 ABSTRACT

This work aimed to generate a normal and sequential climatological water balance (BHC) for the municipality of Pereira Barreto, SP to identify the periods of the year with surplus and deficit of water in the soil. Two BHCs were carried out for the municipality determined by the method of Thornthwaite and Mather (1955), based on data from the automatic agro-

meteorological stations Bonança and Santa Adélia, belonging to the Northwest Agrometeorological Network of the Northwest, operated by Unesp of Ilha Solteira. The average annual precipitation is 1214 mm and the evapotranspiration is 1340 mm for the Bonança Station, while for the Santa Adélia Station, the average annual precipitation is 1204 mm and evapotranspiration is 1574 mm. With the available Water Storage (CAD) of 40 mm, the BHCs found seven months of water deficit in the soil, between March and October in the Bonança Station, located on the banks of the Tietê River and from April to November in the Santa Adélia Station, located in the northwest portion of the municipality. Excess water in the soil in the Bonança Station occurred between the months of November and February and in the Santa Adélia Station, between January and March. BHC showed a high risk of crop failure with annual crops in the municipality without the use of irrigation.

Keywords: evapotranspiration, water deficit, irrigation, agrometeorology, Northwest Paulista.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de commodities agrícolas do mundo, com destaque para as culturas da soja, cana-de-açúcar e milho. Na safra 2020/21, somente essas três culturas foram responsáveis por produzir 524 milhões de toneladas, soja e milho produziram 87 e 137 milhões, respectivamente (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021a) e cana-de-açúcar 300 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021b). Os grãos possuem grande destaque no superavit do balanço comercial de exportações/importações e a cana-de-açúcar é quase em sua totalidade aproveitada no complexo sucroalcooleiro nacional.

Apesar do Brasil possuir um elevado potencial agrícola, possíveis mudanças climáticas causam preocupações, principalmente, quanto ao aumento dos períodos de seca que podem causar um grave problema de insegurança alimentar em todo o mundo (VARSHNEY et al., 2011). A solução mais viável para atender os cultivos em períodos de déficit hídrico é a irrigação, prática realizada por produtores a fim de garantir a manutenção das culturas em locais de baixa ou má distribuição de pluviosidade, além de possibilitar o aumento de produtividade (LOPES et al., 2011). No

entanto, é necessário usar os recursos hídricos de forma eficiente, e isso passa por um correto planejamento agrícola.

A utilização da irrigação cresce cada vez mais no país, com destaque para a utilização de pivôs centrais. O Noroeste Paulista é um exemplo dessa evolução, uma vez que entre os anos 2000 e 2018, a área irrigada pelo equipamento passou de 6.662 ha para 17.135 ha, sendo adquiridos 241 novos pivôs centrais para atender as demandas das propriedades (OLIVEIRA, 2020). O município de Pereira Barreto, que compõem o Noroeste Paulista, é responsável por irrigar 2.347 ha por meio de vinte pivôs centrais (OLIVEIRA, 2020).

Um ganho para os produtores da agricultura irrigada dessa região é a disponibilidade de dados climáticos proporcionada pelo monitoramento agroclimático coordenado pela Área de Hidráulica e Irrigação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) de Ilha Solteira (UNESP, 2020) e a divulgação desses dados é de suma importância para a tomada de decisão do momento correto para irrigar, lâmina a se utilizar, dimensionamento de sistemas de irrigação e a determinação das melhores épocas de plantio e colheitas de diferentes culturas.

A realização do balanço hídrico de diferentes locais com dados climáticos de

uma rede de monitoramento, permite a realização do planejamento e gestão de recursos hídricos, zoneamento agroclimático e a classificação do clima (YAMADA, 2011). Essa ferramenta tem grande importância para produtores e profissionais da área quanto a tomada de decisão em adquirir ou não sistemas de irrigação, pois é a partir do balanço hídrico que irá se identificar possíveis longos períodos de déficits hídricos acumulados no solo, mostrando a necessidade de irrigar para desenvolvimento dos cultivos e também conseguir gerenciar os recursos hídricos.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo gerar o balanço hídrico climatológico normal e sequencial para o município de Pereira Barreto, SP com o intuito de identificar os períodos do ano com excedente e déficit de água no solo para servir de auxílio para o planejamento da irrigação das culturas no município.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho teve como base o município de Pereira Barreto, SP, localizado no Noroeste Paulista. Foram obtidas séries de dados registrados entre 2011 e 2019, coletados nas estações agrometeorológicas automáticas Bonança (Latitude de 20° 40' 23,1" S, Longitude de 51° 2' 2.1" O e a uma altitude de 357 m) e Santa Adélia (Latitude de 20° 31' 42" S, Longitude de 51° 14' 58" O e a uma altitude de 426 m), localizadas nas porções Sul e Noroeste do município, respectivamente.

O município de Pereira Barreto está a 630 quilômetros da capital do estado, possui uma área de 974,247 km² e o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso, com inverno seco (Aw) (ALVARES et al., 2014).

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi obtido pelo método de Thornthwaite & Mather (1955), considerando que as culturas mais cultivadas

no município são anuais, foi estabelecida uma capacidade de água disponível no solo (CAD) de 40 mm. Esse valor foi definido, considerando uma profundidade efetiva radicular de 40 cm (culturas anuais) e que grande parte dos solos da região são compostos por Argisolos com uma CAD, em média, de 1 mm cm⁻¹ de solo, conforme Reichardt (1987).

A partir da série (2011-2019), foi determinado o BHC normal e o sequencial foi realizado com dados climatológicos de janeiro de 2016 a dezembro de 2019, a partir dos dados de precipitação média mensal (P) e evapotranspiração de referência (ET_o), estimada pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Os valores utilizados foram os registrados nas estações que compõem a Rede Agrometeorológicas do Noroeste Paulista, coordenada pela Unesp de Ilha Solteira. A caracterização dos sensores e *modus operandi* das estações estão disponíveis no site do Canal CLIMA da Unesp (UNESP, 2020).

A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada a partir da soma das medias históricas mensais da ET_o, armazenamento de água no solo (ARM), excedente hídrico (EXC), deficiência hídrica (DEF), retirada hídrica (RET) e reposição hídrica (REP). Os valores obtidos do balanço hídrico e os gráficos utilizados, foram gerados com o auxílio das planilhas eletrônicas BHnorm. e BHseq. (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998). Com o balanço hídrico climatológico normal e sequencial, é possível chegar à decisão de quando irrigar e ter as melhores produtividades da cultura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço hídrico climatológico normal gerado de acordo com o método de Thornthwaite & Mather (1955) estão expostos nas Tabelas 1 e 2. Percebe-se que a soma da precipitação mensal registrada pela Estação Bonança foi de 1.214 mm, com os

meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro responsáveis por acumular 824,7 mm, representando 67,9% da precipitação total. Resultados semelhantes foram encontrados para Estação Santa Adélia com a soma da precipitação próxima à da Estação Bonança (1.204,9

mm), os meses de novembro a março também concentraram maior parte da precipitação, com 59,4%, característico da região, uma vez que esses meses estão de acordo com o período do clima caracterizado como quente e úmido.

Tabela 1. Balanço hídrico climatológico normal do município de Pereira Barreto (Estação Bonança).

Mês	P (mm)	ETP (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	VEN (°)
Janeiro	200,71	134,46	40,0	134,5	0,0	66,3	171,4
Fevereiro	146,58	121,80	40,0	121,8	0,0	24,8	180,6
Março	129,48	123,23	40,0	123,2	0,0	6,2	190,6
Abril	72,86	98,63	21,0	91,9	6,8	0,0	163,3
Mai	71,26	78,66	17,5	74,8	3,9	0,0	144,0
Junho	40,95	67,13	9,1	49,3	17,8	0,0	145,8
Julho	20,60	79,44	2,1	27,6	51,8	0,0	133,8
Agosto	28,75	103,08	0,3	30,5	72,6	0,0	137,5
Setembro	72,92	124,67	0,1	73,2	51,5	0,0	158,3
Outubro	81,93	138,47	0,0	82,0	56,5	0,0	167,8
Novembro	181,19	134,67	40,0	134,7	0,0	6,5	181,7
Dezembro	166,72	136,40	40,0	136,4	0,0	30,3	189,5
Total	1.214	1.340,6	250,1	1.079,8	260,8	134,1	-

P: Precipitação (mm), ETP: evapotranspiração de referência (mm), ARM: armazenamento (mm), ETR: evapotranspiração real (mm), DEF: deficiência (mm), EXC: excesso (mm), VEN: direção do vento (°).

Tabela 2. Balanço hídrico climatológico normal do município de Pereira Barreto (Estação Santa Adélia).

Mês	P (mm)	ETP (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	VEN (°)
Janeiro	188,06	141,83	40,0	141,8	0,0	30,3	115,0
Fevereiro	135,45	124,60	40,0	124,6	0,0	10,9	118,3
Março	145,66	132,91	40,0	132,9	0,0	12,8	143,3
Abril	86,39	114,38	19,9	106,5	7,9	0,0	128,9
Mai	72,83	96,88	10,9	81,8	15,1	0,0	124,8
Junho	42,38	92,63	3,1	50,2	42,5	0,0	130,8
Julho	20,33	115,39	0,3	23,1	92,2	0,0	120,5
Agosto	26,52	145,36	0,0	26,8	118,6	0,0	123,6
Setembro	72,62	157,33	0,0	72,6	84,7	0,0	125,0
Outubro	96,64	159,13	0,0	96,6	62,5	0,0	133,0
Novembro	149,53	141,33	8,2	141,3	0,0	0,0	124,8
Dezembro	168,49	152,59	24,1	152,6	0,0	0,0	134,2
Total	1.204,9	1.574,3	186,5	1.151,0	423,4	53,9	-

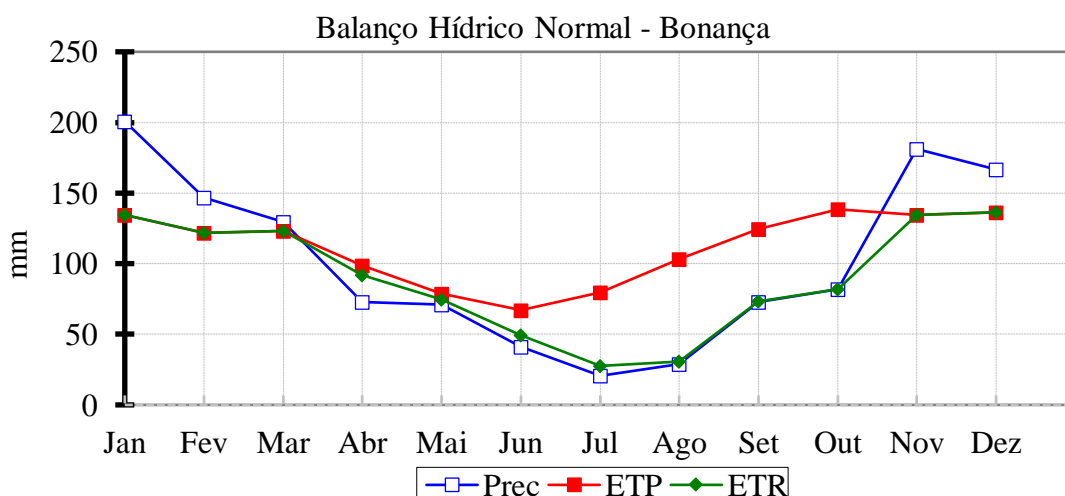
P: Precipitação (mm), ETP: evapotranspiração de referência (mm), ARM: armazenamento (mm), ETR: evapotranspiração real (mm), DEF: deficiência (mm), EXC: excesso (mm), VEN: direção do vento (°).

Ainda de acordo com as Tabelas 1 e 2, percebe-se que os somatórios da evapotranspiração potencial foram de 1.340,6 e 1.574,3 mm para as Estações Bonança e Santa Adélia, respectivamente, com os meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro com os maiores valores de ETP. As menores evapotranspirações foram registradas durante os meses de maio, junho, julho e agosto, em ambas estações, valores esperados por esses meses apresentarem as menores temperaturas durante o ano. Os somatórios de P e ETP encontrados nessa pesquisa foram próximos aos encontrados por Silva Júnior et al. (2018), que realizaram um balanço hídrico climatológico do Noroeste Paulista, utilizando oito estações agrometeorológicas, incluindo as estações

do município de Pereira Barreto, a Bonança e Santa Adélia, com uma série de dados de 2012-2015, os valores de P e ETP encontrados foram de 1.214 e 1.369 mm, e 1.241 e 1.531 mm, respectivamente.

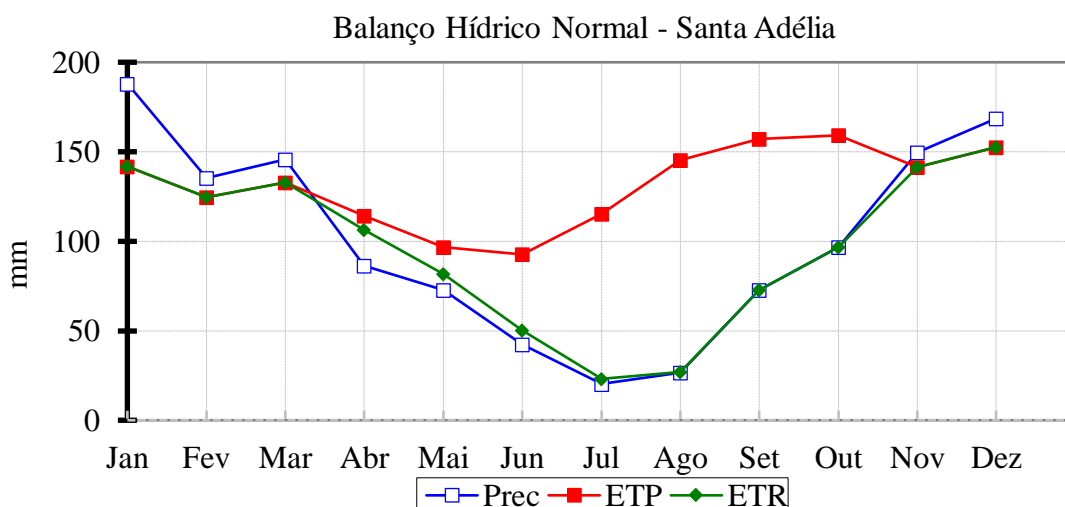
Na Figura 1, é possível observar que apesar de ter uma ETP de 1.341 mm, a ETR foi de 1.080 mm, indicando que a precipitação durante o ano não foi suficiente para suprir a demanda hídrica do solo, ocorrendo deficiência de água no solo, que no somatório anual foi de 261 mm. O mesmo aconteceu na Figura 2, sendo verificado uma ETR também inferior a ETP estimada, no entanto, ocorreu um DEF acumulado superior ao da Estação Bonança, com 423 mm, mesmo com ambas registrando precipitações muito próximas e estarem na área do mesmo município.

Figura 1. Comportamento mensal da precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para Estação Bonança.



Prec: Precipitação, ETP: Evapotranspiração potencial, ETR: Evapotranspiração real

Figura 2. Comportamento da precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real da Estação Santa Adélia.

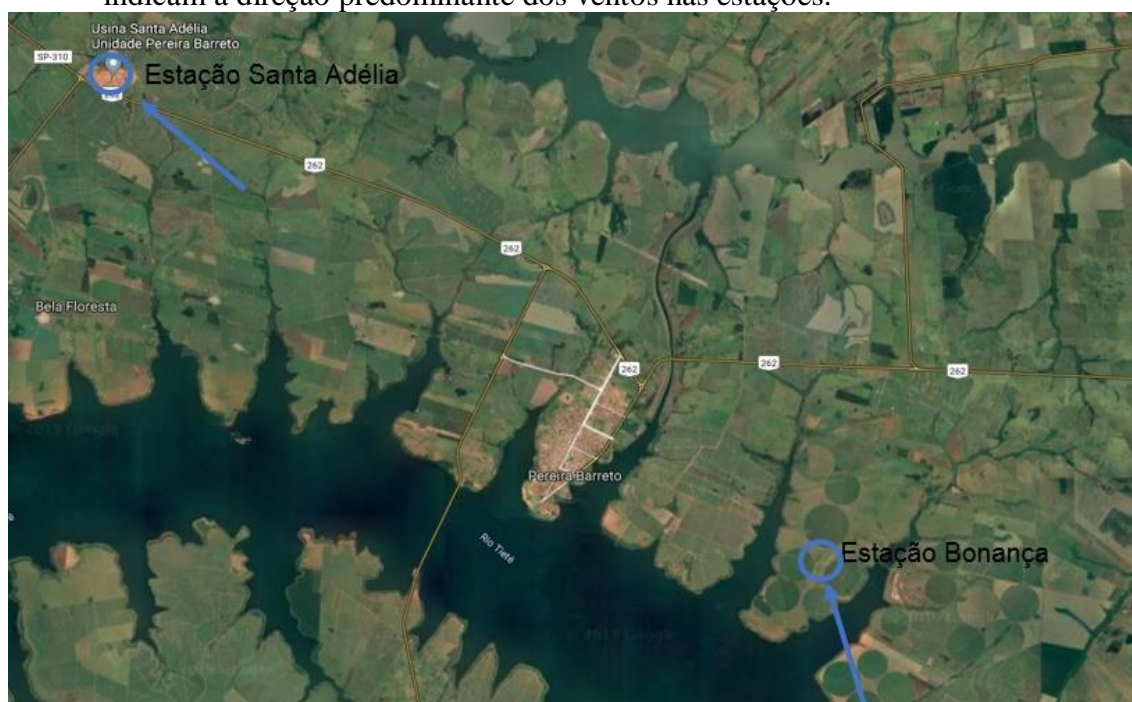


Prec: Precipitação, ETP: Evapotranspiração potencial, ETR: Evapotranspiração real

A maior deficiência hídrica registrada em Santa Adélia pode ser explicada pela localização das estações e pelo efeito da direção do vento. O vento predominante durante o ano na Estação Bonança é oriundo da região Sudeste, trazendo consigo uma grande quantidade de água do rio Tietê e está posicionada no centro de 2.111 hectares irrigados por pivô central, gerando um efeito oásis e assim, uma menor evapotranspiração de referência nessa região (Figura 3). Na Estação Santa Adélia, o vento predominante também é de Sudeste, mas com efeito da continentalidade, não havendo nenhum corpo hídrico, tampouco área irrigada para influenciar as variáveis agroclimáticas temperatura e umidade relativa do ar, que serão a base para a estimativa da evapotranspiração de

referência, e ainda, a estação é cercada por extensas áreas de cana-de-açúcar sem irrigação, logo, apresenta uma maior demanda evapotranspirativa e um maior déficit hídrico no solo. Pode-se inferir que a região da Estação Bonança possui condições climáticas mais favoráveis para realização da agricultura irrigada, se considerarmos as questões econômicas ligadas ao investimento e custeio dos sistemas de irrigação e do ponto de vista agrônomo, a continentalidade da região Noroeste do município e o maior déficit hídrico colocam o investimento em sistemas de irrigação uma imposição para a sustentabilidade do negócio de produzir alimentos com base em ciclos anuais, como é o caso das culturas soja, milho, amendoim ou feijão, por exemplo.

Figura 3. Esquematisação da direção do vento nas Estações Bonança e Santa Adélia. As setas indicam a direção predominante dos ventos nas estações.

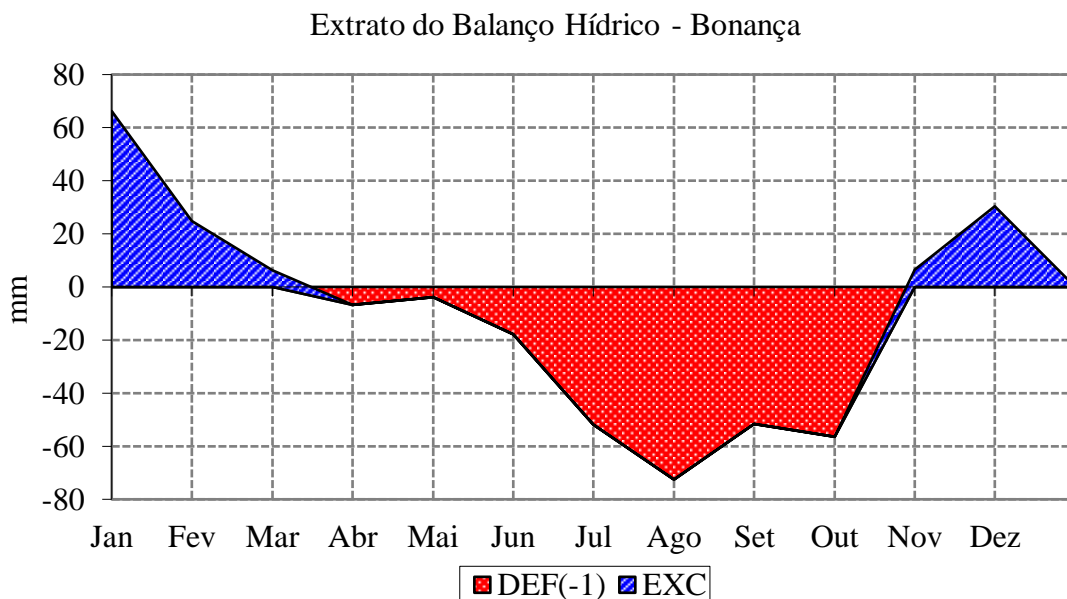


Os somatórios dos armazenamentos de água no solo foram de 250,1 e 186,5 mm para as Estações Bonança e Santa Adélia, respectivamente, percebe-se que na Estação Bonança, em cinco meses, o ARM foi igual a CAD adotada nesse trabalho (Tabela 1), enquanto que na Santa Adélia isso aconteceu somente em três meses (Tabela 2 e para o restante dos meses, o armazenamento de água no solo foi inferior a 40 mm, com os meses de menor precipitação apresentando os valores mais críticos de ARM. De acordo com as Tabelas 1 e 2, em um e em três meses o armazenamento chegou ao zero nas Estações Bonança e Santa Adélia, respectivamente. O mesmo comportamento foi observado no balanço hídrico realizado por Santos, Hernandez e Rossetti (2010) para a cidade de Marinópolis, município circunvizinho ao local do presente estudo.

A Figura 4 mostra que ocorreu um acúmulo de deficiência de água no solo durante sete meses, com total de 260,9 mm entre abril e outubro na Estação Bonança e com um déficit de 423,5 mm entre abril e novembro na Estação Santa Adélia (Figura

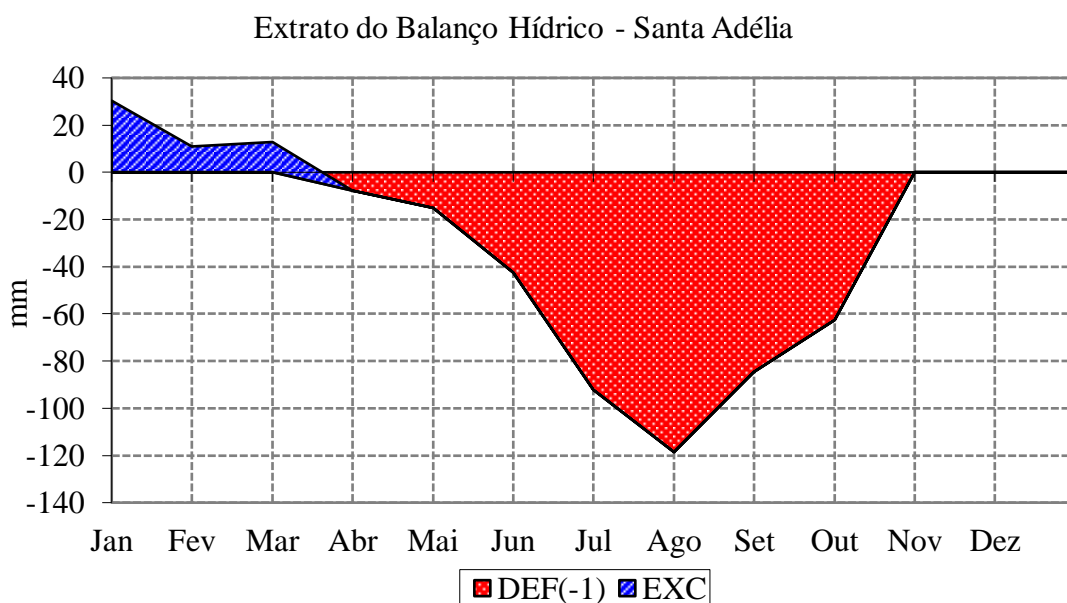
5). No balanço hídrico realizado por Santos, Hernandez e Rossetti (2010) para o município de Marinópolis, localizado a 50 km de distância de Pereira Barreto, os autores observaram uma deficiência hídrica durante um período superior ao dessa pesquisa, igual a 490 mm, no entanto, a precipitação anual, 1.111 mm, também foi inferior à registrada pelas Estações Bonança e Santa Adélia. Silva Júnior (2017), por meio de balanço hídrico, encontrou déficit de água no solo para diferentes locais do Noroeste Paulista, utilizando uma CAD de 60 cm, observou uma deficiência acumulada para a Estação Santa Adélia de 349 mm, inferior a encontrada neste trabalho, enquanto o déficit para a Estação Bonança, 266 mm, foi superior ao encontrado nesta pesquisa. Silva Júnior et al. (2018) realizaram um balanço hídrico utilizando as médias de toda a Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista e encontraram valores de 236 mm, sendo que a deficiência de água no solo das Estações Bonança e Santa Adélia são superiores à média verificada para o Noroeste Paulista.

Figura 4. Representação do balanço hídrico climatológico normal do município de Pereira Barreto, SP, pela Estação Bonança.



DEF: Deficiência de água no solo, EXC: Excesso de água no solo.

Figura 5. Representação do balanço hídrico climatológico normal do município de Pereira Barreto, SP, pela Estação Santa Adélia.



DEF: Deficiência de água no solo, EXC: Excesso de água no solo.

Com a queda das precipitações a partir de março, observa-se que se inicia o período de déficit de água no solo, que vai aumentando até chegar aos meses de julho, agosto e outubro quando os maiores índices de DEF foram observados, apesar de nesses

meses ocorrerem chuvas, as mesmas não foram suficientes para repor a totalidade de água no solo em déficit. Somente com a precipitação que ocorre no mês de novembro, que o excesso de água no solo na Estação Bonança volta a ser verificado, com

o armazenamento atingindo novamente a CAD. O déficit hídrico na área da Estação Santa Adélia principalmente entre julho e setembro é tão crítico que nem as maiores precipitações a partir do mês de novembro são suficientes para gerar um excesso de água no solo.

Ainda que este trabalho tenha encontrado valores próximos aos de Silva Júnior et al. (2018) quanto aos valores de P e ETP anuais, é possível observar que o balanço hídrico obtido pelos autores para as Estações Bonança e Santa Adélia com uma CAD de 60 mm (mais adequada à culturas perenes como pastagem, cana e citros, por

exemplo), apresentou valores de déficit hídrico numa escala temporal diferente e altos valores mensais de DEF, como o DEF observado no mês de agosto, igual a -100 mm na Estação Bonança e -141 mm na Estação Santa Adélia. Essa diferença ocorre pela adição de quatro anos de dados, de 2016 a 2019. Sendo necessária a incorporação de novas séries de dados históricos para atualizar os balanços hídricos locais a fim de ter-se uma melhor dimensão da situação. Isso pode ser comprovado pelos balanços hídricos sequenciais (BHseq) de ambas as estações (Tabela 3 e 4).

Tabela 3. Balanço hídrico climatológico sequencial do município de Pereira Barreto.

Bonança (mm)					Santa Adélia (mm)				
Mês	P	ETP	DEF	EXC	Mês	P	ETP	DEF	EXC
Jan/16	194,1	127,1	0,0	67,0	Jan/16	187,5	127,1	0,0	60,4
Fev/16	153,9	114,8	0,0	39,1	Fev/16	186,7	117,6	0,0	69,1
Mar/16	118,1	120,9	0,1	0,0	Mar/16	190,8	133,3	0,0	57,5
Abr/16	95,7	114,0	4,6	0,0	Abr/16	87,6	135,0	19,6	0,0
Mai/16	150,9	74,4	0,0	60,1	Mai/16	135,6	86,8	0,0	21,0
Jun/16	71,1	63,0	0,0	8,1	Jun/16	58,4	81,0	5,3	0,0
Jul/16	2,5	83,7	46,5	0,0	Jul/16	4,1	111,6	86,3	0,0
Ago/16	89,4	96,1	5,9	0,0	Ago/16	98,5	130,2	30,9	0,0
Set/16	52,1	114,0	58,4	0,0	Set/16	54,6	132,0	76,8	0,0
Out/16	118,1	136,4	18,0	0,0	Out/16	117,3	145,7	28,3	0,0
Nov/16	73,7	135,0	60,8	0,0	Nov/16	68,1	138,0	69,9	0,0
Dez/16	134,4	130,2	0,0	0,0	Dez/16	109,5	148,8	39,3	0,0
Jan/17	250,9	114,7	0,0	100,5	Jan/17	205,2	120,9	0,0	44,3
Fev/17	51,8	131,6	45,2	0,0	Fev/17	33,8	128,8	58,7	0,0
Mar/17	115,1	124,0	7,8	0,0	Mar/17	102,1	130,2	26,2	0,0
Abr/17	108,7	93,0	0,0	0,0	Abr/17	108,5	102,0	0,0	0,0
Mai/17	117,1	77,5	0,0	19,7	Mai/17	137,9	86,8	0,0	19,4
Jun/17	9,7	66,0	26,1	0,0	Jun/17	8,6	84,0	41,5	0,0
Jul/17	0	83,7	75,1	0,0	Jul/17	0	108,5	102,8	0,0
Ago/17	39,9	93,0	52,2	0,0	Ago/17	43,9	124,0	79,8	0,0
Set/17	21,3	132,0	110,4	0,0	Set/17	20,1	168,0	147,8	0,0
Out/17	157,7	127,1	0,0	0,0	Out/17	132,3	151,9	19,6	0,0
Nov/17	201,4	126,0	0,0	66,0	Nov/17	196,8	129,0	0,0	27,8
Dez/17	302	120,9	0,0	181,1	Dez/17	295,4	142,6	0,0	152,8
Jan/18	307,8	117,8	0,0	190,0	Jan/18	319	130,2	0,0	188,8
Fev/18	105,7	112,0	0,5	0,0	Fev/18	119,4	114,8	0,0	4,6
Mar/18	73,4	124,0	26,1	0,0	Mar/18	68,3	136,4	35,4	0,0
Abr/18	58,4	93,0	29,0	0,0	Abr/18	49,5	105,0	50,0	0,0
Mai/18	6,1	83,7	74,1	0,0	Mai/18	1,5	93,0	89,9	0,0

P: precipitação (mm), ETP: evapotranspiração de referência (mm), ETR: evapotranspiração real (mm), DEF: deficiência (mm), EXC: excesso (mm).

Tabela 4. Balanço hídrico climatológico sequencial do município de Pereira Barreto.

Bonança (mm)					Santa Adélia (mm)				
Mês	P	ETP	DEF	EXC	Mês	P	ETP	DEF	EXC
Jun/18	3	69,0	65,5	0,0	Jun/18	0	96,0	95,8	0,0
Jul/18	0	80,6	80,5	0,0	Jul/18	1	114,7	113,7	0,0
Ago/18	33	89,9	56,9	0,0	Ago/18	34	117,8	83,8	0,0
Set/18	126	108,0	0,0	0,0	Set/18	100,3	135,0	34,7	0,0
Out/18	116,1	114,7	0,0	0,0	Out/18	162,8	136,4	0,0	0,0
Nov/18	298,9	111,0	0,0	167,3	Nov/18	272,5	123,0	0,0	135,9
Dez/18	58,9	136,4	43,3	0,0	Dez/18	62	173,6	74,1	0,0
Jan/19	200,4	142,6	0,0	23,6	Jan/19	63,3	170,5	104,9	0,0
Fev/19	112,3	109,2	0,0	3,1	Fev/19	249,7	120,4	0,0	89,5
Mar/19	159,8	117,8	0,0	42,0	Mar/19	37,6	120,9	48,3	0,0
Abr/19	62	93,0	9,4	0,0	Abr/19	61,5	105,0	40,2	0,0
Mai/19	36,1	74,4	26,9	0,0	Mai/19	68,1	86,8	18,1	0,0
Jun/19	22,9	72,0	44,1	0,0	Jun/19	19,8	99,0	78,3	0,0
Jul/19	31,2	83,7	51,0	0,0	Jul/19	16,5	105,4	88,8	0,0
Ago/19	56,1	99,2	42,7	0,0	Ago/19	34,8	127,1	92,3	0,0
Set/19	21,1	126,0	104,7	0,0	Set/19	24,9	159,0	134,1	0,0
Out/19	46	151,9	105,9	0,0	Out/19	44,7	179,8	135,1	0,0
Nov/19	75,4	135,0	59,6	0,0	Nov/19	74,7	159,0	84,3	0,0
Dez/19	220	117,8	0,0	62,2	Dez/19	291,6	142,6	0,0	109,0
Total	4860,2	5161,8	5161,8	1029,8	Total	4760,8	6015,2	2234,5	980,1

P: precipitação (mm), ETP: evapotranspiração de referência (mm), ETR: evapotranspiração real (mm), DEF: deficiência (mm), EXC: excesso (mm).

O balanço hídrico climatológico sequencial a partir das Estações Bonança e Santa Adélia gerados de acordo com o método de Thornthwaite & Mather (1955) estão expostos na Tabela 3, com média anual da precipitação total (P) e da evapotranspiração potencial (ETP) de 1.215 e 1.291 mm, respectivamente, para a Estação Bonança, e para a Estação Santa Adélia, de 1.190 e 1.504 mm, respectivamente.

Em ambas as estações, o ano de 2019 foi o que obteve a menor precipitação dos quatro anos estudados. Os valores foram de 1.043 e 987 mm nas Estações Bonança e Santa Adélia, respectivamente. Na Estação Bonança, foram percebidas precipitações de 1.254 (2016), 1.376 (2017) e 1.187 mm (2018), enquanto na Estação Santa Adélia,

foram observadas precipitações de 1.299 (2016), 1.285 (2017) e 1.190 mm (2018), sendo que o ano de 2019 também se destacou dos demais em relação às demandas evapotranspirativas com as Estações Bonança e Santa Adélia registrando 1.323 e 1.576 mm, respectivamente.

O BHseq realizado para a Estação Bonança (Figura 6), mostra que ocorreu variação das chuvas de verão, resultando em diferentes excessos de água no solo entre os meses de janeiro e março durante os quatro anos avaliados. Isso acabou alterando o balanço hídrico histórico realizado por Silva Júnior et al. (2018), mudando os períodos e valores de excesso de água no solo.

Figura 6. Representação do balanço hídrico climatológico sequencial com uma série de dados de 2016 a 2019 do município de Pereira Barreto, SP, registrada pela Estação Bonança.

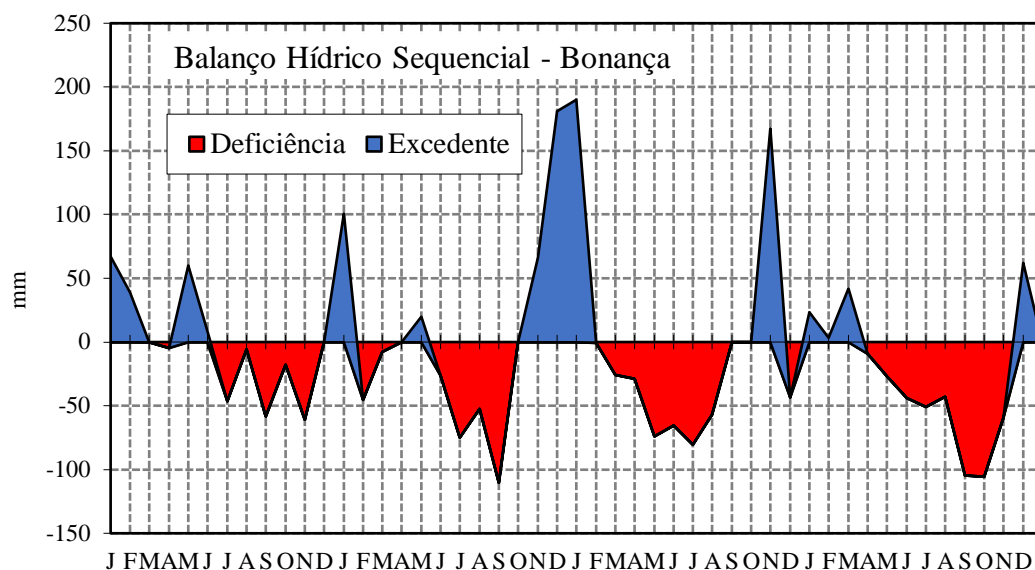
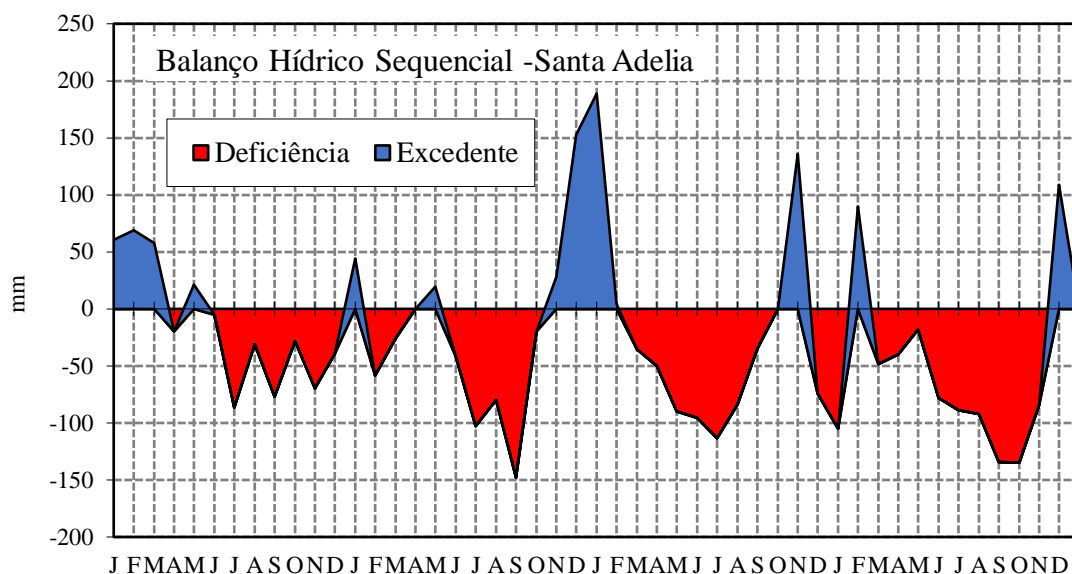


Figura 7. Representação do balanço hídrico climatológico sequencial com uma série de dados de 2016 a 2019 do município de Pereira Barreto, SP, registrada pela Estação Santa Adélia.



Para a Estação Santa Adélia (Figura 7), a principal alteração encontrada pelo balanço hídrico histórico realizado por Silva Júnior et al. (2018) foi para o mês de setembro. Os autores encontraram um déficit de água no solo de -32 mm, enquanto um balanço hídrico com dados de 2011 a 2019,

geraram um déficit de água no solo de -118,6 mm. Essa diferença pode ser explicada pelo BHseq realizado para a estação com o conjunto de dados de 2016 a 2019, percebe-se que ocorreu alto déficit hídrico para esse mês principalmente em 2017 e 2019, com a deficiência hídrica chegando a quase 147 e

135 mm, respectivamente. A diferença de quatro anos de dados causou alteração nos valores de excesso e déficit de água no solo, dessa forma é necessário atualizar o balanço hídrico do município para atender melhor o produtor quanto a necessidade da irrigação.

O balanço hídrico sequencial realizado para a Estação Bonança (Figura 6), demonstra que o ano de 2019 foi o que apresentou um maior período de deficiência de água no solo, período esse que durou de abril até novembro, em outubro foi observado um acúmulo de DEF de -105,4 mm, o maior para esse ano. Isso aconteceu devido a uma menor precipitação observada entre os meses de setembro e novembro e a uma alta evapotranspiração potencial. Nesse período, foi observada a precipitação 143,6 mm, enquanto em 2018, esse índice foi de 541 mm. A queda de 397,4 mm favoreceu ao prolongamento da deficiência de água no solo.

No BHseq realizado para a Estação Santa Adélia (Figura 7), também foi possível observar que o ano de 2019 obteve o maior período de déficit de água no solo, indo de março até novembro, durando nove meses. Os mesmos motivos observados para a Estação Bonança são válidos para a Estação Santa Adélia. A baixa precipitação de 144 mm observada entre os meses de setembro e novembro de 2019 em relação a 2016 (240 mm), 2017 (349 mm) e 2018 (535 mm), acabou estendendo essa deficiência de água no solo. Nesses meses, também foi observado uma ETP de 498 mm, a maior nesse período entre todos os anos, um fator que favoreceu a esse maior período de déficit hídrico.

O DEF de água no solo pode causar sérios problemas em diferentes culturas, causando distúrbios em vários processos na planta, que irá refletir na produção. O déficit começa quando o processo de transpiração da planta é maior que a absorção de água (LOPES; LIMA, 2015). O início do déficit hídrico é observado quando a planta não consegue mais fazer um ajuste entre os

processos de absorção de água e a transpiração, então nesse momento ocorre uma restrição da transpiração pelo fato de não haver água disponível no solo (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018), o município de Pereira Barreto possui um total 66,2 mil hectares plantados. As principais culturas cultivadas são cana-de-açúcar, soja e milho. Entre os anos 2008 e 2018, observou-se um avanço da área plantada com cana-de-açúcar e soja, e a queda da área destinada ao cultivo do milho. No ano de 2008, as áreas plantadas de cana-de-açúcar e soja representavam 14.637 e 325 ha, respectivamente, enquanto no ano de 2018, as mesmas culturas ocuparam áreas de 27.000 e 1.065 hectares, respectivamente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018). Por outro lado, a cultura do milho teve queda abrupta de área plantada durante esse período de 10 anos (2008 a 2018) no município, as áreas ocupadas pelo cultivo do milho foram de 2.912 e 1.345 hectares para os anos 2008 e 2018, respectivamente. No ano de 2018, a cana-de-açúcar teve produção de 1,62 bilhão de toneladas, a soja de 4,07 mil toneladas e o milho de 9,08 mil toneladas.

O uso de sistemas de irrigação no município de Pereira Barreto é de grande importância, visto que o município sofre com sete meses de DEF acumulado, não sendo somente a chuva, suficiente para suprir os mais de 66 mil de ha cultivados. A irrigação é de grande importância também entre novembro e fevereiro, período em que ocorre excesso de água no solo, apesar disso, podem ocorrer chuvas espaçadas e concentradas, sendo necessário fornecer água via irrigação para suprir a cultura.

A dificuldade para o produtor de Pereira Barreto é decidir quando e quanto irrigar, e qual estação utilizar para sua área. Definindo qual estação é a mais apropriada para atender o seu cultivo, é possível fazer

um planejamento agrícola com base em um balanço hídrico mensal. Servindo de auxílio ao produtor no dimensionamento da lâmina líquida e na aquisição de um sistema de irrigação, podendo gerar ao mesmo, uma economia na escolha do sistema, no entanto, o produtor terá que decidir se vai atender a maior necessidade ou a maior deficiência. No caso da Estação Bonança, considerando um coeficiente de cultura igual a 1,0 que representa o valor médio do ciclo de uma cultura anual, a maior demanda de evapotranspiração está no mês de novembro com $4,5 \text{ mm.dia}^{-1}$, mas a maior deficiência hídrica acumulada é em agosto com $3,33 \text{ mm.dia}^{-1}$. O mesmo pode ser observado para a Estação Santa Adélia, em que agosto apresentou uma ETC de $4,69 \text{ mm.dia}^{-1}$, sendo o mês com maior déficit acumulado, todavia, setembro foi o mês com a maior demanda de evapotranspiração, com $5,24 \text{ mm.dia}^{-1}$. Em ambas as estações, caso os produtores adotem sistemas de irrigação que atendam a lâmina do período de deficiência de água no solo, priorizando uma economia de aquisição dos sistemas, não conseguirão suprir as culturas nas épocas de maior evapotranspiração.

6 CONCLUSÃO

Os meses de agosto a outubro e julho a setembro se mostraram mais críticos para a agricultura irrigada, em relação ao armazenamento de água no solo nas áreas

das Estações Bonança e Santa Adélia, respectivamente, não sendo recomendada a realização de cultivos sem a presença de sistemas de irrigação, e a parte Noroeste do município de Pereira Barreto exige sistemas de irrigação mais robustos face à maior demanda evapotranspiométrica.

O balanço hídrico sequencial mostrou que durante alguns anos, em períodos chuvosos como o mês de fevereiro, pode ocorrer déficit hídrico no solo e em períodos que frequentemente são de menor precipitação como o mês de maio, pode haver excesso de água no solo. Dessa forma, o BHseq se mostrou mais detalhado para ser utilizado no planejamento agrícola da região.

O monitoramento agrometeorológico no município de Pereira Barreto, SP, com mais de uma estação, mostrou-se de grande importância para disponibilizar à agricultura irrigada, as condições reais para uma gestão eficiente dos recursos hídricos.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro na constituição da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (Processo 2009/52467-4, projeto “Modelagem da Produtividade da Água em Bacias Hidrográficas com Mudanças de Uso da Terra”).

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO - Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVARES, C. A.; ATAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos**. 2021a. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/39391_157eb9a1b890a11918593c8fc32ac419. Acesso em: 24 de novembro de 2021.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira – cana-de-açúcar**. 2021b. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/39835_2a34b37eec6ef5d4dac107978bb0103d. Acesso em: 24 de novembro de 2021.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja**. Londrina: Embrapa, 2007. (Circular Técnica, 48).

IBGE. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/pereira-barreto/pesquisa/14/10193>. Acesso em: 20 de novembro de 2020.

LOPES, A. S.; OLIVEIRA, C. G.; SOUTO FILHO, S. N.; GOES, R. J.; CAMACHO, M. A. Manejo de irrigação e nitrogênio em feijoeiro comum cultivado em sistema de plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 51-56, 2011.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Editora UFV. Viçosa, p. 492, 2015.

OLIVEIRA, D. A. **Evolução da expansão da agricultura irrigada por pivô central e da evapotranspiração incremental no noroeste paulista**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção) – Unesp, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020.

REICHARDT, K. **A água nos sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilha em ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 131-139, 1998.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SILVA JUNIOR, J. F. **Evapotranspiração de referência como base para o manejo sustentável da irrigação no Noroeste paulista**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem). Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, 2017.

SILVA JUNIOR, J. F.; HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, I. P. F.; REIS, L. S.; TEIXEIRA, A. H. de C. Estabelecimento dos meses mais críticos para a agricultura irrigada a partir do estudo do balanço hídrico. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. Tupã, v. 12, n. 2, p. 122-131, 2018.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Canal Clima UNESP Ilha Solteira**. Ilha Solteira - SP, 2020. Disponível em: <http://clima.feis.unesp.br/listaestacao.php>. Acesso em: 20 de novembro de 2020.

VARSHNEY, R. K.; BANSAL, K. C.; AGGARWAL, P. K.; DATTA, S. K.; CRAUFURRD, P. Q. Agricultural biotechnology for crop improvement in a variable climate: Hope e Hype. **Trends in plant Science**, Boston, v. 16, n. 6, p. 363 - 371, 2011.

YAMADA, E. S. M. **A realização do balanço hídrico de diferentes locais com dados climáticos de uma rede de monitoramento permite a realização do zoneamento agroclimático e a classificação do clima**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências – Física do ambiente agrícola). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba, 2011.