

BALANÇO HÍDRICO AGROCLIMATOLÓGICO COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO AGROPECUÁRIO PARA A REGIÃO DE PARANAPUÃ - SÃO PAULO

Laís Veloso Febroni¹, Fernando Braz Tangerino Hernandez², Anderson de Jesus Pereira³

RESUMO: Identificar a disponibilidade hídrica do solo de uma região é essencial para um planejamento agropecuário com gestão eficiente dos recursos hídricos. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi de realizar balanço hídrico agroclimatológico na região de Paranapuã, Noroeste Paulista, a partir de médias mensais do período de 2011 a 2019, seguindo a metodologia de Thornthwaite & Mather (1955), com dados obtidos na Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, operada pela UNESP Ilha Solteira. A região possui média anual histórica de 1429 mm e de 1413 mm, para precipitação e evapotranspiração potencial, respectivamente. Considerando a Capacidade de Água Disponível (CAD) de 60 mm, o balanço hídrico indicou sete meses de déficit hídrico (abril a outubro), com o total de 268 mm, e quatro meses de excedente (dezembro a março), com total de 314 mm. Devido ao elevado período de déficit hídrico os sistemas de irrigação se configuram importante ferramenta de garantia da produção agrícola, sendo que, de maneira geral, devem ser projetados com lâminas mínimas de 3,8 mm.dia⁻¹ para 75% probabilidade de atendimento ou de 4,8 mm.dia⁻¹ considerando a maior demanda.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão hídrica, Evapotranspiração, Agricultura irrigada

AGROCLIMATOLOGICAL WATER BALANCE AS AN AGRICULTURAL PLANNING TOOL FOR THE REGION OF PARANAPUÃ - SÃO PAULO

ABSTRACT: Identifying the water availability of a region's soil is essential for agricultural planning with efficient management of water resources. Thus, the objective of this work was to carry out an agroclimatological water balance in the region of Paranapuã, Northwest São Paulo, based on monthly averages for the period from 2011 to 2019, following the

¹ Mestranda em Agronomia - Irrigação e Drenagem, UNESP, Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Caixa Postal 237, CEP 18610-034, Botucatu, SP. Fone: (14) 3880-7169. E-mail: lais.febroni@unesp.br

² Prof. Doutor, Depto de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solo, UNESP, Ilha Solteira, SP

³ Mestrando em Agronomia - Irrigação e Drenagem, UNESP, Botucatu, SP

methodology of Thornthwaite & Mather (1955), with data from the Northwestern São Paulo State Weather Network, operated by UNESP Ilha Solteira. The region has a historical annual average of 1429 mm and 1413 mm, for precipitation and potential evapotranspiration, respectively. Considering the Available Water Storage (AWS) of 60 mm, the water balance indicated seven months of water deficit (April to October), with a total of 268 mm, and four months of surplus (December to March), with a total of 314 mm. Due to the high period of water deficit, irrigation systems are an important tool for guaranteeing agricultural production, and, in general, they should be designed with minimum blades of $3.8 \text{ mm}\cdot\text{day}^{-1}$ for 75% probability of service or of $4,8 \text{ mm}\cdot\text{day}^{-1}$ considering the higher demand.

KEYWORDS: Water management, Evapotranspiration, Irrigated agriculture

INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica no solo é essencial para desenvolvimento agrícola e, uma das ferramentas mais utilizadas para estimativa dessa disponibilidade é o balanço hídrico (BH), o qual se baseia na lei da conservação das massas, indicando a distribuição média dos períodos de excedente e déficit hídrico, reposição e retirada de água e armazenamento hídrico no solo de uma região, o que é importante nos estudos de projetos de irrigação e na produtividade agrícola (CARVALHO et al., 2011; REICHARDT & TIMM, 2012).

Pereira et al. (2002) destacam que o BH climatológico, segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955), utiliza dados de precipitação, evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR) e da capacidade de água disponível no solo (CAD) máxima, esta atrelada ao tipo de solo e a cultura de interesse. Sendo a ETP, ETR e precipitação obtidas a partir de estações climatológicas, ou de estações agroclimatológicas e, nesse caso o BH é denominado como balanço hídrico agroclimatológico (BHA). Carvalho et al. (2011) evidenciam, ainda, a importância da escolha da metodologia para o cálculo de ETP, sendo o método de Penman-Monteith de Allen et al. (1998) o padrão, devido a sua precisão.

O uso de BHA auxilia os produtores na identificação das fragilidades climáticas da região, permitindo-lhes optar, ou não, pela implantação de sistemas de irrigação para reposição do de água no solo em seu empreendimento agropecuário (SANTOS et al.,2010). Assim, o conhecimento da disponibilidade hídrica auxilia o planejamento agropecuário, não só nos projetos de irrigação, bem como na escolha das melhores épocas de plantio e, desse modo tornar mais eficiente o uso de recursos ambientais, financeiros e humanos para aumentar a produção, maximizando assim a margem de lucro.

A região do Noroeste Paulista é caracterizada por longos períodos de déficit, diante dessa perspectiva e, como a água ao lado da nutrição vegetal são fatores essenciais para o desenvolvimento agrícola de uma região, o presente estudo teve como objetivo identificar os períodos de déficit e excedente hídrico no solo, a partir da elaboração de um balanço hídrico agroclimatológico (2011-2019) e, assim, auxiliar o planejamento agropecuário da região de Paranapuã, São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Paranapuã, localizado no Noroeste Paulista, possui população estimada de 4.095 habitantes e área da unidade territorial de 14.035,4 ha (IBGE, 2020), destes 12.767,7 ha são de área cultivada (Projeto LUPA, 2016/2017). De acordo com Hernandez et al. (2003), no Noroeste Paulista registra-se as maiores taxas de evapotranspiração do estado e, assim como na região central do Brasil, ocorre veranicos, períodos prolongados de estiagem.

O estudo foi realizado através de dados agroclimáticos obtidos na Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, operada pela UNESP Ilha Solteira, sob as coordenadas 20° 1' 28,7" S e 50° 33' 57,2" O e altitude de 436,1 m. Sendo essas variáveis coletadas a partir de datalogger CR 1000 -ST-SW-NC, com os sensores Campbell CS215-L17 (temperatura e umidade relativa), LI-COR LI190 SB-L15 (PAR), Young 03002-L12 (direção e velocidade dos ventos), Kipp & Zonen NR-LITE-L12 (radiação líquida), Vaisala CS109 (pressão atmosférica), LI-COR LI200X-L13 (radiação global), Campbell TB4-L15 (precipitação).

O balanço hídrico agroclimatológico foi desenvolvido seguindo a metodologia de Thornthwaite & Mather (1955), através de planilhas eletrônicas elaboradas por Rolim et al. (1998) utilizando-se da série histórica de médias mensais (2011 a 2019) de precipitação e de evapotranspiração potencial, calculada por Penman-Monteith seguindo a metodologia de Allen et al. (1998), e com a capacidade de água disponível (CAD) no solo de 60 mm. A CAD foi adotada devido a predominância de solos argilosos na região (OLIVEIRA et al., 1999), sendo que estes possuem CAD média de 1 mm/cm; e pela profundidade efetiva do sistema radicular de 60 cm, a fim de contemplar as culturas que são largamente implementadas na região (Projeto LUPA, 2016/2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do balanço hídrico agroclimatológico (Tabela 1) e de seu extrato (Figura 1) para Paranapuã, São Paulo, indicam a disponibilidade hídrica dessa região, através da variação sazonal de um ano médio, contemplando a série histórica de 2011 a 2019. A partir dessa variação tem-se que a precipitação anual da região é de 1429 mm, com ocorrência de 80,6% nos meses de outubro a março e, em contrapartida, o mês de agosto é o de menor precipitação. Já a deficiência hídrica (DEF) anual é de 298 mm, esta se estende por sete meses, abril a outubro, sendo o período mais crítico de julho a setembro, o qual é responsável por 73,5% da DEF. Enquanto, o excedente hídrico (EXC) ocorre somente por quatro meses, dezembro a março, sendo janeiro o mês de maior EXC que é responsável por 40% deste.

Tabela 1. Balanço hídrico agroclimatológico de Paranapuã - SP (2011 -2019)

Meses	T °C	P mm	ETP mm	ETR mm	ARM mm	DEF mm	EXC mm
Jan	26,1	266	140	140	60	0	126
Fev	26,1	165	125	125	60	0	40
Mar	25,6	204	122	122	60	0	82
Abr	24,6	74	102	96	37	6	0
Mai	22,0	58	84	71	24	13	0
Jun	21,1	40	75	51	13	24	0
Jul	20,8	24	90	33	4	57	0
Ago	22,6	21	115	24	1	91	0
Set	25,0	61	133	62	0	71	0
Out	26,4	112	148	112	0	36	0
Nov	25,8	186	136	136	51	0	0
Dez	26,3	219	143	143	60	0	66
Total	292,4	1429	1413	1115	-	298	314
Média	24,4	-	118	93	-	-	-

Temperatura média (T); Precipitação (P); Evapotranspiração potencial (ETP); Evapotranspiração real (ETR); Armazenamento de água no solo (ARM); Deficiência hídrica (DEF); Excedente hídrico (EXC).

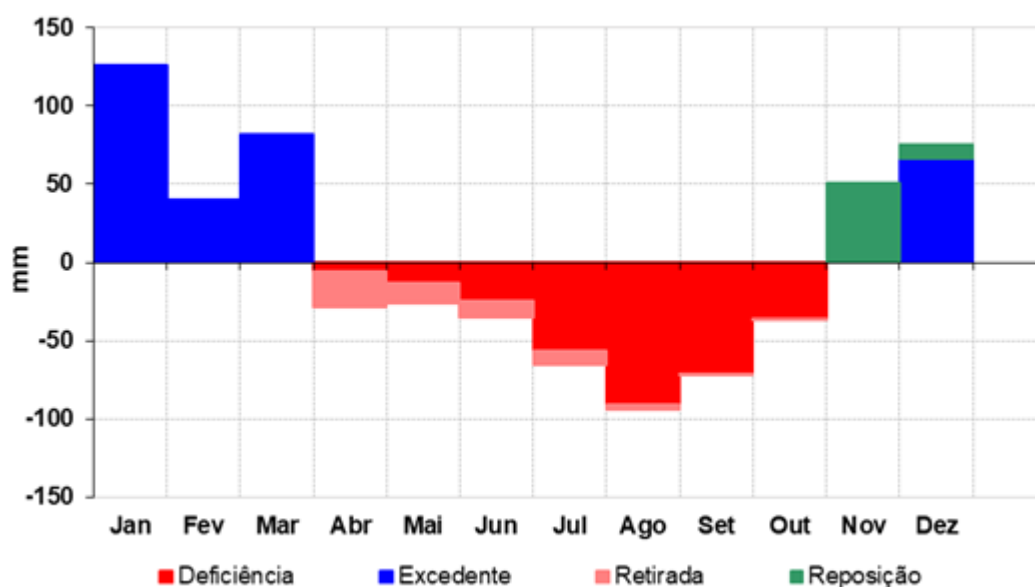


Figura 1. Extrato do balanço hídrico agroclimatológico de Paranapuã - SP.

A evapotranspiração potencial (ETP) anual é de 1413 mm, com maior e menor ETP nos meses de outubro e de junho, respectivamente. Enquanto, a evapotranspiração real (ETR) anual é de 1115 mm, sendo o mês de dezembro o de maior ETR, já agosto o de menor. Os meses em que ETP e ETR são iguais coincidem com os meses de EXC, enquanto nos sete meses de DEF a diferença entre ETP e ETR aumenta conforme a reposição hídrica por precipitação diminui e, assim o mês de maior DEF, agosto, coincide com o mês de maior diferença entre ETP e ETR (Tabela 1 e Figura 2).

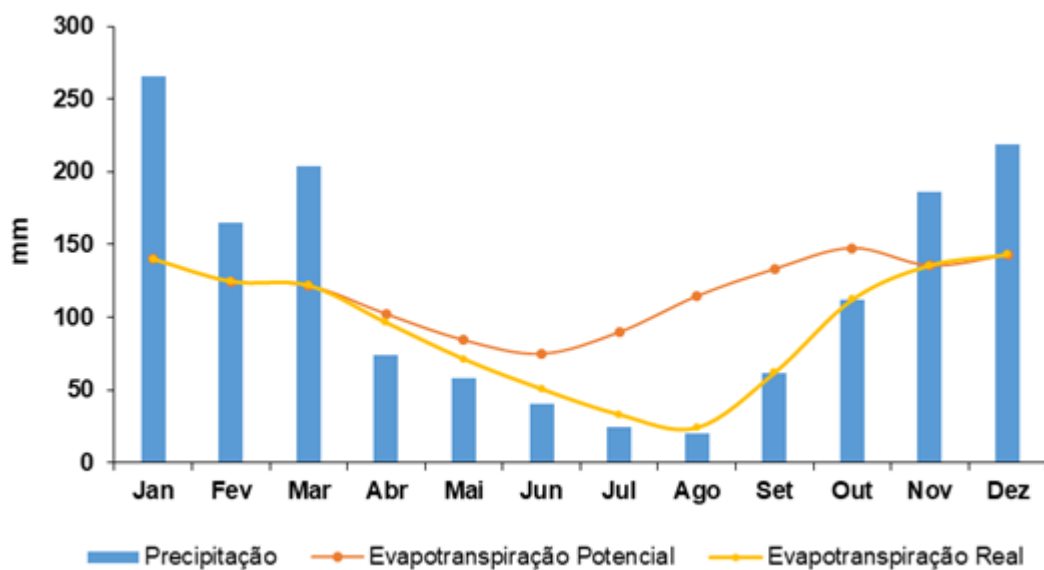


Figura 2. Variação sazonal de evapotranspiração potencial e Real e de Precipitação para Paranapuã - SP.

Nos meses de déficit a região tem sua produtividade comprometida, pois a evapotranspiração potencial é maior do que a real, o que é indicativo de diminuição da transpiração das plantas, as quais fecham seus estômatos como uma alternativa de defesa ao déficit hídrico e, por conseguinte a planta deixa de realizar fotossíntese, o que causa o decréscimo na produtividade agrícola. Assim, para maximizar a produção agrícola é necessário o uso de sistemas de irrigação no município de Paranapuã, o qual possui predominantemente pastagens, porém representativa área cultivada com cana-de-açúcar e citros (Projeto LUPA, 2016/2017).

E, embora a cana-de-açúcar seja mais tolerante ao estresse hídrico do que o citros, devido a sua fisiologia, evidencia-se a necessidade de irrigação para essa cultura, também neste município integrante da região Noroeste Paulista, estes dados corroboram com estudos realizados por Ascoli et al. (2017), Oliveira et al. (2019a) que identificaram os benefícios dos investimentos em sistemas de irrigação na cultura, pelo real aumento de produtividade em relação ao sequeiro, e Bispo et al. (2017) que detectaram a deficiência hídrica no ciclo da cultura nas fases fenológicas de perfilhamento e crescimento de colmos.

Oliveira et al. (2019b) determinaram a evapotranspiração da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento subsuperficial e por pivô central. De modo geral, tem-se que o sistema de gotejamento possui maior probabilidade de déficit no ciclo da cultura, devido a sua limitação em aplicar lâminas pesadas, pois tais lâminas podem causar maior percolação do que capilaridade e, assim a água não chega ao sistema radicular da planta. Já, com o sistema de pivô central dificilmente têm-se períodos de déficit, desde que o manejo seja realizado de forma correta, o que corrobora com o estudo realizado por Oliveira et al. (2019b), o qual obtiveram maior evapotranspiração atual em áreas irrigadas por pivô central, do que por gotejamento subsuperficial, o que indica melhor reposição da demanda hídrica através do sistema de pivô central.

A citricultura é sensível ao estresse hídrico, sendo que o uso adequado de irrigação, no Noroeste Paulista, possibilita o manejo adequado no período de déficit hídrico para o florescimento, colheita entressafra (AMENDOLA, 2018). Além disso, com a falta de água no solo há probabilidade de aumento da ocorrência de temperaturas superiores à 35°C, que é historicamente de 20,5%, o que por si, aumenta a necessidade dos investimentos em sistemas de irrigação para mitigar as intempéries climáticas.

Amendola (2018) em estudos realizados no Noroeste Paulista, com citricultura irrigada sob sistemas de irrigação de pivô central, microaspersão, gotejamento e autopropelido, obteve menor temperatura de superfície nas áreas irrigadas com pivô central. O que evidencia a capacidade desse não só de fornecer água para a cultura, mas também em minimizar as perdas de produção em temperaturas elevadas (maiores que 35°C), que pode causar abortamento da floração nos citros e abscisão dos frutos de diâmetro entre 0,5 e 2 cm (SENTELHAS, 2005).

De modo geral, para a região de Paranapuã - SP os sistemas de irrigação devem ser projetados com capacidade de atendimento (lâmina de projeto) pela maior demanda média (outubro) de 4,8 mm/d, ou, para o atendimento de 75% de probabilidade de ocorrência, nesta região de 3,8 mm/d. Diante disso, a irrigação na região é necessária para manter uma boa produtividade agrícola o ano inteiro, ainda mais com o avanço de extremos climáticos na região, como acontece no ano de 2020 em que até o mês de outubro choveu 42,2 % da média anual histórica da região.

CONCLUSÕES

A região possui longo período de déficit hídrico, sete meses, o que evidencia o risco associado a produção de sequeiro, tornando a irrigação um implemento agrícola

importantíssimo na região, a fim de garantir elevada produtividade durante todo o ano. As lâminas de irrigação mínima devem ser projetadas para atender a demanda evapotranspiração potencial (ETP) de 4,8 mm.dia⁻¹ ou de 3,8 mm.dia⁻¹, pelo método de maior ETP média mensal e 75% de probabilidade de ocorrência, respectivamente, sendo que, quanto menor a capacidade do sistema de irrigação, maior a exigência em programas de manejo da irrigação para que não haja déficit hídrico à cultura e minimize a potencialidade dos investimentos em sistemas de irrigação.

AGRADECIMENTOS

À 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”).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- AMENDOLA, E. C. **Temperatura de superfície e coeficientes de cultura dos citros irrigados por diferentes sistemas**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018. 51p.
- ASCOLI, A. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; SENTELHAS, P. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; AMENDOLA, E. C.; ASCOLI, R. T. Necessidade de irrigação na cultura da cana-de-açúcar em função da época de colheita. In: **Inovagri International Meeting, IV**. Fortaleza, CE, 2017. Fortaleza, CE: ABID, 2017. 10p.
- BISPO, R. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; TEIXEIRA, A. H. C. Balanço hídrico e estimativa do consumo relativo de água da cultura da cana-de-açúcar na região Noroeste Paulista. **Irriga**, v.1, n. 1, p. 94-101, 2017.
- CARVALHO, H. de P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Biosci. J.**, v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.

HERNANDEZ, F. B. T.; SOUZA, S. A. V.; ZOCOLER, J. L.; FRIZZONE, J. A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d'oeste, estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, v. 23, n. 1, p. 21-30, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades: Paranapuã**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/paranapua/panorama>>. Acesso em: 18 out. 2020.

OLIVEIRA, D. A.; HERNANDEZ, F. B. T; BISPO, R.C.; TEIXEIRA, A. H. C. Produtividade da água em cana-de-açúcar irrigada e não irrigada utilizando imagens do satélite landsat 8. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, SP, 2019a. Santos, SP. 4p.

OLIVEIRA, D. A.; HERNANDEZ, F. B. T; BISPO, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C. Aplicação do algoritmo safer para determinação da evapotranspiração em canaviais irrigados por diferentes sistemas. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2019b.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas, Instituto Agrônômico/EMBRAPA Solos. Campinas. 1999. 64p

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Agropecuária, Guaíba, 2002. 478 p.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilha em ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 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 região de Marinópolis, Noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, p. 142-149, 2010.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2016/2017**. São Paulo: CAA/CATI/IEA, 2017. Disponível em:<<http://www.cdrrs.sp.gov.br/projetolupa/>>. Acesso em: 15 out. 2020.

SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. Citros. 1 ed. Campinas - SP. **Instituto Agrônômico/FUNDAG**, v.1, p. 317-344, 2005.

SILVA JÚNIOR, J. F.; HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, I. P. F.; REIS, K. S.; TEIXEIRA, A. H. C. Estabelecimento dos meses mais críticos para a agricultura irrigada a partir do estudo d balanço hídrico. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, 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, 1995. **Climatology**, v. 8, n. 1, 1955. 104p.

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Canal Clima UNESP Ilha Solteira**. Ilha Solteira - SP. Disponível em: <http://clima.feis.unesp.br>. Acesso em: 29 set. 2020.