

BALANÇO HÍDRICO: UMA ALTERNATIVA PARA O PLANEJAMENTO DO PLANTIO DE LÚPULO NA REGIÃO DE MARINÓPOLIS – SP

João de Jesus Guimarães¹, Fernando Braz Tangerino Hernandez², Mara Lúcia Cruz de Souza³,
Amanda Maria de Almeida⁴, Rodrigo Máximo Sánchez Román⁵

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho analisar o regime hídrico do município de Marinópolis - SP através do balanço hídrico climatológico (BHC) e fornecer informações aos produtores de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) sobre os períodos de excedente, deficiência e reposição hídrica no solo e também, a demanda hídrica e a recomendação para as melhores épocas de plantio. Utilizou-se a série histórica com médias mensais entre 1999 e 2019 de temperatura média do ar, precipitação e evapotranspiração de referência (ET_o) e uma Capacidade de Água Disponível (CAD) de 60 mm. A demanda hídrica foi calculada com base na ET_o multiplicada pelo coeficiente de cultivo (K_c) e as simulações foram realizadas considerando um ciclo de seis meses cada e identificaram os meses de agosto, setembro e outubro como os mais propícios para o plantio do lúpulo, pois os mesmos coincidem com o período de excedente de água no solo.

PALAVRAS-CHAVE: agroclimatologia, regime hídrico, *Humulus lupulus* L.

WATER BALANCE: AN ALTERNATIVE FOR PLANNING HOP PLANTING IN THE REGION OF MARINÓPOLIS-SP

ABSTRACT: The objective of this work was to analyze the water regime in the municipality of Marinópolis - SP through the climatological water balance (BHC) and provide information to hop producers about the periods of surplus, deficiency and soil water replacement and also, the water demand and the recommendation for the best planting periods. A historical series with monthly averages between 1999 and 2019 of average air temperature, precipitation and reference evapotranspiration (ET_o) and an Available Water Capacity (CAD) of 60 mm was

1 Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA/UNESP), CEP 18610-034, Botucatu, SP. Fone (14) 3880-7165. e-mail: joao.jesus@unesp.br

2 Professor Titular, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, SP. e-mail: fernando.braz@unesp.br

3 Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA/UNESP), Botucatu, SP. e-mail: mara.lucia@unesp.br

4 Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA/UNESP), Botucatu, SP. e-mail: amanda.maria@unesp.br

5 Professor Titular, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP. e-mail: rodrigo.roman@unesp.br

used. The water demand was obtained based on ETo multiplied by the cultivation coefficient (Kc) and the simulations were carried out considering a cycle of six months each and identified the months of August, September and October as the most suitable for planting the hops, as they coincides with the period of excess water in the soil.

KEYWORDS: agroclimatology, water regime, *Humulus lupulus* L.

INTRODUÇÃO

O lúpulo é uma espécie vegetal que constitui a ordem *Urticales* e *Rosales*, a família *Cannabaceae* e aos gêneros *Cannabis* e *Humulus* (MARCOS et al., 2011). A *Humulus lupulus* L. é a espécie mais cultivada no mundo, em razão da sua importância para a indústria alimentícia, especialmente na produção de cerveja e também, para a farmacêutica (KARABIN et al., 2015; DODDS, 2017; LIN et al., 2019).

As plantas de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) são originárias das regiões de clima temperado do Hemisfério Norte caracterizando-se como trepadeiras dextrogiras, perenes, herbáceas, dioicas, anemófilas e rizomatosas que produz inflorescências (NEVE, 1991; SPÓSITO et al., 2019). Nas inflorescências, glândulas de lupulina sintetizam e armazenam compostos voláteis, como o alfa e beta-ácidos e os óleos essenciais (ALMAGUER et al., 2014). Esses compostos são importante matéria-prima para a indústria, pois na alimentícia proporcionam amargura, aroma e sabor à cerveja e na farmacêutica, apresentam efeitos benéficos no tratamento de distúrbios e doenças, como o câncer (JIANG et al., 2018; ALONSO-ESTEBAN et al., 2019; SPÓSITO et al., 2019).

No Brasil, o cultivo de lúpulo é registrado nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e no Distrito Federal (SPÓSITO et al., 2019). Neste contexto, a região de Marinópolis que se localiza no noroeste do Estado de São Paulo pode ser uma opção para o cultivo, visto que, a agricultura é a principal fonte de renda do município (SILVA, 2010).

Para o cultivo é primordial que o produtor faça o planejamento e conheça o regime hídrico da região. O balanço hídrico climatológico (BHC) é uma alternativa, visto que, o mesmo permite monitorar e quantificar através de dados climatológicos (temperatura do ar, precipitação e evapotranspiração de referência) o armazenamento, excedente, a deficiência e a reposição hídrica no solo (CARVALHO et al., 2011).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar o balanço e a demanda hídrica do lúpulo na região de Marinópolis, e fornecer informações sobre os períodos de

excedente, deficiência de água no solo, demanda hídrica e a melhor época para o plantio, bem como a viabilidade e a necessidade de investimentos em sistemas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Marinópolis está localizado na região noroeste do Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas 20° 26' 27" S de Latitude e 50° 49' 11" O de Longitude com 384 metros de altitude. Segundo a classificação de Köppen, Marinópolis apresenta um clima subtropical úmido, do tipo Cwa com inverno seco-ameno e verão quente-chuvoso (ROLIM et al., 2007). O solo predominante são os Argissolos vermelhos e amarelos que apresentam uma capacidade de água disponível (CAD) de 1 mm cm⁻¹ em média (REICHARDT, 1987; OLIVEIRA et al., 1999).

Os dados climáticos foram obtidos junto a Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista operada pela Universidade Estadual Paulista - UNESP, sendo que a Estação Marinópolis se localiza nas coordenadas geográficas de 20° 26' 47.5" S de Latitude e 50° 48' 26.1" O de Longitude, com 370 metros de altitude.

Utilizou-se uma série histórica de janeiro/1999 a dezembro/2019 com dados médios mensais de temperatura média do ar, precipitação e evapotranspiração de referência (ET_o), a qual foi obtida pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Ademais, para este estudo, foi considerado um total de dezessete meses, sendo de janeiro a dezembro e janeiro a maio, para fosse possível estimar a demanda hídrica e também simular diferentes meses para o plantio. Desta forma, para completar o décimo terceiro até o décimo sétimo mês (janeiro a maio).

O balanço hídrico foi determinado com auxílio de uma planilha eletrônica desenvolvida no software Microsoft Excel® por Rolim et al. (1998) utilizando dados médios mensais e a Capacidade de Água Disponível (CAD) de 60 mm considerando uma profundidade efetiva do sistema radicular do lúpulo de 60 cm.

A estimativa da demanda hídrica para a cultura do lúpulo foi obtida através pela evapotranspiração da cultura (ET_c), para isso, utilizou-se a Equação 1. Os valores de K_c sugeridos por Allen et al. (1998) estão descritos na Tabela 1.

$$ET_c = ET_o * K_C \quad (1)$$

Em que:

ET_c – Evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

ET_o – Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

K_c – Coeficiente de cultivo (adimensional).

Tabela 1. Valores do coeficiente de cultivo (*K_c*) para a cultura do lúpulo.

Fase	Coeficiente de cultivo ¹	
	<i>K_c</i>	Valor (adimensional)
Inicial	Inicial	0,3
Desenvolvimento	Médio	1,05
Final	Final	0,85

¹ Coeficiente de cultivo.

O ciclo de vida do lúpulo pode chegar a 20 anos, contudo, cada ciclo é de 155 dias, aproximadamente seis meses. Desta forma, realizou-se as simulações em diferentes épocas com o intuito de identificar o(s) melhor(es) mês(es) para o plantio considerando os períodos de deficiência e excedente hídrico obtidos pelo balanço hídrico climatológico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O BHC está apresentado na Figura 1 e mostrou o mês de janeiro como o de maior excedente hídrico (82 mm), seguido dos meses de fevereiro e março. Ainda, observou-se que no mês de abril se inicia o período de deficiência de água no solo, sendo mais intenso no mês de agosto (-86 mm), havendo então a reposição de água no solo nos meses de dezembro e janeiro.

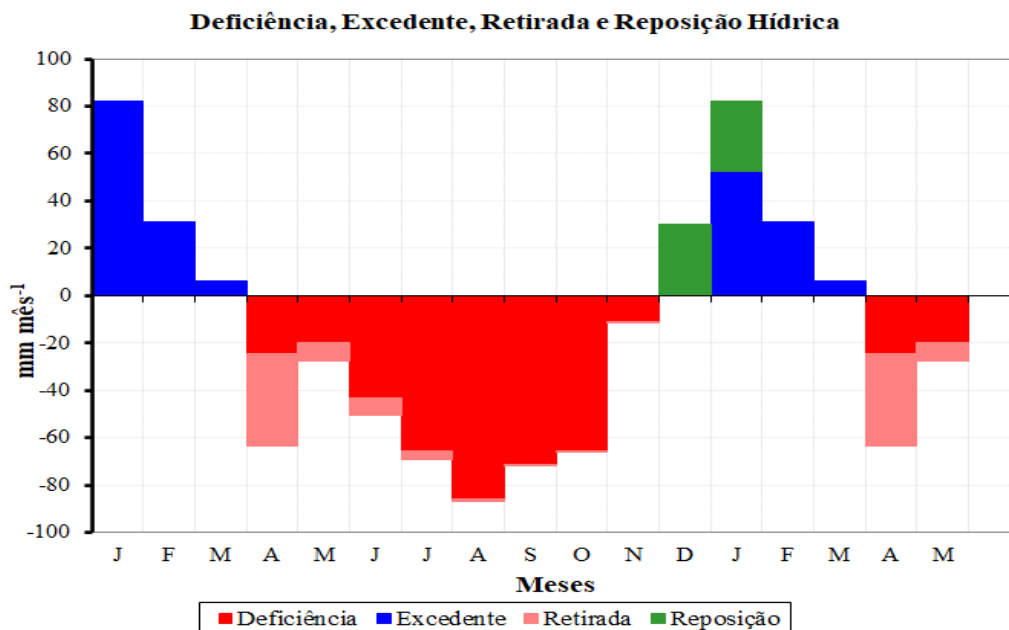


Figura 1. Extrato do balanço hídrico sequencial da região de Marinópolis - SP, considerando período de 1999 a 2019.

O período de deficiência de água no solo é resultado da ausência ou distribuição irregular da chuva na região de Marinópolis. É notório que a inserção de culturas, dentre elas,

o lúpulo na região nesse período é um agravante, pois afetará diretamente o crescimento e desenvolvimento (OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2018; SILVA et al., 2010). Neste sentido, para atenuar o efeito da deficiência hídrica no solo, propiciar condições favoráveis para o lúpulo e suprir demanda hídrica, a irrigação se torna uma ferramenta essencial.

A Tabela 2, apresenta o detalhamento do balanço hídrico climatológico (BHC) para o município de Marinópolis.

Tabela 2. Detalhamento do balanço hídrico climatológico (BHC)

Meses	Detalhamento do BHC ¹					
	T °C	P mm	ETP P-M mm mês ⁻¹	ETR mm	DEF mm	EXC Mm
Janeiro	26.0	222.0	139.8	139.8	0.0	82.2
Fevereiro	26.3	155.3	124.0	124.0	0.0	31.3
Março	25.6	137.3	131.0	131.0	0.0	6.4
Abril	24.6	48.9	112.6	88.2	24.4	0.0
Mai	21.4	62.3	89.9	70.0	19.9	0.0
Junho	20.9	26.4	77.0	33.9	43.1	0.0
Julho	20.7	19.6	89.0	23.5	65.5	0.0
Agosto	22.5	21.7	108.8	23.1	85.7	0.0
Setembro	24.5	59.2	130.9	59.5	71.3	0.0
Outubro	26.1	78.6	144.1	78.7	65.4	0.0
Novembro	25.7	127.1	138.0	127.1	10.9	0.0
Dezembro	26.3	171.4	141.3	141.3	0.0	0.0
Janeiro	26.0	222.0	139.8	139.8	0.0	52.4
Fevereiro	26.3	155.3	124.0	124.0	0.0	31.3
Março	25.6	137.3	131.0	131.0	0.0	6.4
Abril	24.6	48.9	112.6	88.2	24.4	0.0
Mai	21.4	62.3	89.9	70.0	19.9	0.0
Total	414.19	1756.25	2023.58	1593.01	430.57	210.12
Média	24.36	103.31	119.03	93.71	25.33	12.36

¹Detalhamento do BHC; Temperatura média do ar (T); Precipitação (P); Evapotranspiração Potencial por Penman-Monteith (ETP P-M); Evapotranspiração Real (ETR); Deficiência de água no solo (DEF); Excedente de água no solo (EXC).

Na Figura 2 estão apresentados valores da demanda hídrica (ETc) mensais conforme as simulações de plantio, das quais estão representadas por um ciclo de seis meses, verificando-se um comportamento semelhante em todas as simulações - com um total variando entre 440 e 639 mm por ciclo⁻¹, com a maior demanda quando a planta entra na fase de desenvolvimento, ou seja, quando ocorre o crescimento dos ramos e folhas, floração, formação das inflorescências e maturação dos cones corroborando com as indicações da literatura (MIDDLETON, 1963; NEVE, 1991; NAGLIČ et al., 2017). Além desse aspecto, os meses de agosto, setembro e outubro podem ser caracterizados como os mais propícios para o plantio do lúpulo, pois na fase inicial, coincide com baixa demanda hídrica da cultura e o período de deficiência de água e, para suprir a demanda será necessário irrigar, contudo, a lâmina aplicada será pequena, ou seja, exigiria equipamentos menos robustos e portanto, menor investimento no sistema de irrigação. Por outro lado, quando a planta estiver na fase de desenvolvimento (maior demanda) ocorrerá excedente de água no solo (dezembro, janeiro, fevereiro e março), sendo assim, a irrigação atuará como um complemento.

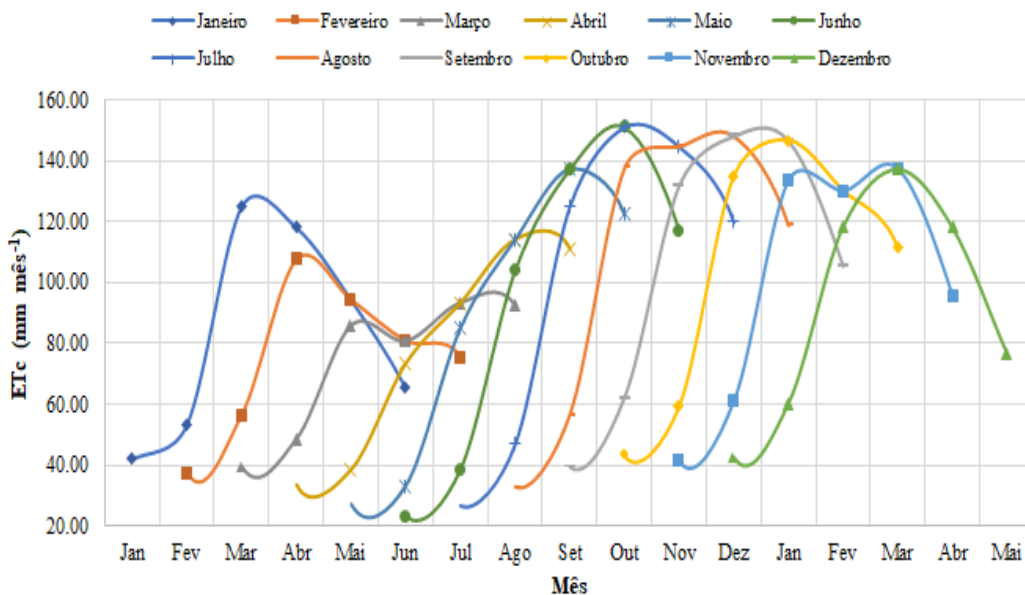


Figura 2. Demanda hídrica juntamente com as simulações de plantio.

Conforme observado nos resultados, para atender a demanda nos períodos de deficiência, torna-se necessário o uso da irrigação. A irrigação por aspersão não é indicada para o cultivo do lúpulo, pois a umidade excessiva nas folhas contribui para o aparecimento de doenças, como míldio e oídio. Desta forma, a irrigação mais recomendada para o cultivo do lúpulo é a localizada por gotejamento, em virtude, da melhor eficiência, por possibilitar o emprego da fertirrigação, contribui para o aumento da produção cones e no teor de alfa e beta-ácidos (MARCOS et al., 2011; TURNER et al., 2011; DODDS, 2017).

CONCLUSÕES

Os meses de agosto, setembro e outubro são os mais propícios para o plantio do lúpulo, pois no período de maior demanda hídrica da planta coincidirá com o período de excedente de água no solo. Contudo, investimentos em sistema de irrigação são necessários, uma vez que, nos períodos de deficiência de água no solo a irrigação atenuará os efeitos de estresse. Além disso, é necessária uma lâmina de irrigação de 639 mm ciclo⁻¹ nos meses que a precipitação não atenda a demanda.

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”).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p.

ALMAGUER, C.; SCHÖNBERGER, C.; GASTL, M.; ARENDT, E. K.; BECKER, T. *Humulus lupulus* – a story that begs to be told. A review. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 120, n. 4, p. 289-314, 2014.

ALONSO-ESTEBAN, J. I.; PINELA, J.; BARROS, L.; ĆIRIĆ, A.; SOKOVIĆ, M.; CALHELHA, R. C.; TORIJA-ISASA, E.; SÁNCHEZ-MATA, M. C.; FERREIRA, I. C. F. R. Phenolic composition and antioxidant, antimicrobial and cytotoxic properties of hop (*Humulus lupulus* L.) seeds. **Industrial Crops & Products**, v. 134, p. 154-159, 2019.

CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEORDOR, 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.

DODDS, K. **Hops: a guide for new growers**. New South Wales: Department of Primary industries, 2017.

JIANG, C. H.; SUN, T. L.; XIANG, D. X.; WEI, S. S.; LI, W. Q. Anticancer activity and mechanism of xanthohumol: a prenylated flavonoid from hops (*Humulus lupulus* L.). **Frontiers in Pharmacology**, v. 9, n. 530, p. 1-13, 2018.

KARABIN, M.; HUDCOVA, T.; JELINEK, L.; DOSTALEK, P. Biotransformations and biological activities of hop flavonoids. **Biotechnology Advances**. v. 33, n. 6, p. 1063-1090, 2015.

LIN, M.; XIANG, D.; CHEN, X.; HUO, H. Role of characteristic components of *Humulus lupulus* in promoting human hearth. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 30, p. 8291-8302, 2019.

MARCOS, J. A. M.; NADAL, J. L. O.; ANDIÓN, J. P.; ALONSO, J. V.; RAMISQUIDO, J. M. G. P.; PAZ, J. F. **Guia del cultivo del lúpulo**. Galícia, ESP: Centro Investigaciones Agrarias de Mabegondo, 2011.

MIDDLETON, J. E. **Irrigation needs of hops**. Washington, D.C: Washington Agricultural Experiment Stations, Institute of Agricultural Sciences, Washington State University, 1963. 7 p. (Circular 417).

NAGLIČ, B.; CVEJIC, R.; PINTAR, M. **Vodenje namakanja hmelja (*Humulus lupulus* L.): Pregled**. Žalec, Slovenija: Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, 2017. 26 p. (Hmeljarski bilten 24).

NEVE, R.A. **Hops**. Bury St Edmunds: Springer - Science + Business Media, 1991.

OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos - MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2018.

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

REICHARDT, K. **A água nos sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 171p.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia - Revista de ciências agrônômicas. Campinas**, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no 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. 133-137, 1998.

SILVA, M.C. **Diagnostico dos recursos hídricos na microbacia do córrego Três Barras, Marinópolis, SP**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2010.

SPÓSITO, M. B; ISMAEL, R. V.; BARBOSA, C. M. A.; TAGLIAFERRO, A. L. **A cultura do lúpulo**. Piracicaba, SP: Esalq - Divisão de Biblioteca, 2019. 81 p. (Série Produtor Rural, 68).

TURNER, S. F.; BENEDICT, C. A.; DARBY, H.; HOAGLAND, L. A.; SIMONSON, P.; SERINE, J. R.; MURPHY, K. M. Challenges and opportunities for organic hop production in the United States. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 6, p. 1645-1654, 2011.