

PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA E NÃO IRRIGADA UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT 8

Daniela Araujo de Oliveira¹, Fernando Braz Tangerino Hernandez², Regiane de Carvalho Bispo³, Antonio Heriberto de Castro Teixeira⁴

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira - SP. E-mail: araujo1daniela@gmail.com; ² Professor Titular, UNESP, Ilha Solteira, SP. E-mail: fernando.braz@unesp.br; ³ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UNESP/FCA, Botucatu-SP. E-mail: regianecarvalhoks@gmail.com; ⁴ Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju-SE. E-mail: heriberto.teixeira@embrapa.br

RESUMO

A cultura da cana-de-açúcar tem grande importância econômica para a região Noroeste Paulista. Assim, este trabalho avaliou os componentes da produtividade da água na cultura da cana-de-açúcar em condições irrigada e não irrigada, a partir de imagens do satélite Landsat 8, utilizando o algoritmo SAFER (Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving) na safra 2016/2017, sendo calculadas a evapotranspiração (ET), a biomassa (BIO) e a produtividade da água (PA). Os maiores valores de ET foram encontrados nos meses de fevereiro e março, tanto no cultivo irrigado, quanto no de sequeiro, com médias de 2,13 e 2,06 mm dia⁻¹, respectivamente. A variação espacial de BIO ficou entre 2,53 e 93,5 Kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a área com irrigação e 1,92 a 90,5 Kg ha⁻¹ dia⁻¹ na cana-de-açúcar sequeiro, resultando nas maiores médias de PA de 5,52 Kg m⁻³ na área irrigada e 5,06 Kg m⁻³ na área sem irrigação.

Palavras-chave - Biomassa, evapotranspiração, Saccharum officinarum, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The sugar cane crop has a huge economic importance in the Northwest region of São Paulo. Thus this work evaluated the water productivity's components in the sugar cane crop in irrigated and non-irrigated conditions, through images from the Landsat 8 satellite using the SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) algorithm in the 2016/2017 harvest, calculating the evapotranspiration (ET), biomass (BIO) and water productivity (AP). The highest ET values were found in February and March, in the irrigated crop as well as the rainfed one, with averages of 2.13 and 2.06 mm day⁻¹ respectively. The BIO's special range fell between 2.53 and 93.5 kg ha⁻¹ day⁻¹ for the irrigated area and between 1.92 and 90.5 kg ha⁻¹ day⁻¹ for the non-irrigated sugar cane, resulting in the highest PA's average of 5.52 kg m⁻³ for the irrigated area and 5.06 kg m⁻³ for the non-irrigated one.

Key words - Biomass, evapotranspiration, Saccharum officinarum, remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas de maior importância econômica no Brasil. O país se destaca como maior produtor mundial com 633,3 milhões de toneladas na safra 2017/2018 e o estado São Paulo é o maior produtor nacional, responsável por mais de 55% da produção, e uma produtividade média de 76,6 t ha⁻¹. Apesar dos bons números, a produtividade caiu cerca de 3,6% em relação à safra anterior, resultado do envelhecimento das lavouras que não foram renovadas nas últimas safras e condições climáticas desfavoráveis, como secas pontuais nas regiões de cultivo [1].

Devido ao surgimento de usinas de etanol e açúcar o cultivo da cana-de-açúcar vem se destacando na região Noroeste Paulista [2]. É a região que apresenta os menores valores de precipitação média anual do estado, com valores inferiores a 1300 mm, com períodos de déficit hídrico que podem chegar a oito meses ao ano, e as maiores taxas de evapotranspiração, de maneira que o uso eficiente da água seja necessário para assegurar a produtividade das culturas [3,4,5].

A produtividade da água (PA) determina o valor de cada unidade de volume de água utilizado na produção de um produto [6]. E esta pode ser avaliada em sistemas agrícolas a partir da produção de biomassa (BIO) e a taxa de evapotranspiração (ET) da cultura [7]. A PA pode ser determinada através do algoritmo SAFER (Simple Algorithm for Retrieving Evapotranspiration), que estima a evapotranspiração atual da cultura através da equação de Penman-Monteith em conjunto com dados de parâmetros biofísicos, utilizando imagens de satélite [8].

O presente trabalho teve como objetivo estimar os parâmetros de produtividade da água na cultura da cana-de-açúcar nas condições irrigada e não irrigada via sensoriamento remoto com aplicação do algoritmo SAFER na região Noroeste Paulista.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se em área comercial na região Noroeste Paulista, no município de Ilha Solteira nas

coordenadas Latitude 20° 29' 13,8'' Sul, Longitude 51° 19' 7,2'' Oeste. A área ocupada pelo pivô central é de 108,45 hectares e nessa propriedade é realizada a chamada irrigação complementar (salvamento), onde irriga-se por um período relativamente curto após o corte. Na safra de estudo a irrigação foi realizada nos meses de agosto a dezembro. A área cultivada em sequeiro estudada é de 58 hectares.

Considerando a safra produtiva da cana-de-açúcar 2016/2017, na área do pivô a cultura estava no seu décimo primeiro corte e na área em sequeiro no décimo corte. A safra decorreu na fazenda entre os dias 04 de agosto de 2016 e 15 de julho de 2017, totalizando 11 meses produtivos durante o ciclo de soca. A chuva total para o período, na área, foi de 1239 mm.

As imagens para o estudo foram adquiridas no site da U.S. Geological Survey (USGS, 2018). Foram utilizadas imagens do satélite americano Landsat 8 que possui 8 bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros, 1 banda pancromática com resolução espacial de 15 metros e 2 bandas termais com resolução espacial de 100 metros, e oferece cenas de 185 x 185 Km. Obteve-se imagens referentes à órbita 222 e pontos 73 e 74 das datas: 13/08/2016, 21/09/2016, 26/12/2016, 21/02/2017, 09/03/2017, 25/03/2017, 12/05/2017, 04/06/2017 e 06/07/2017.

As informações agrometeorológicas inseridas juntamente aos dados de sensoriamento remoto para modelagem de BIO e ET foram conseguidas mediante a Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, constituída por oito estações, beneficiando uma área de aproximadamente 7465 Km² (<http://clima.feis.unesp.br/>).

Utilizou-se as metodologias de Teixeira [8], Teixeira et al. [9,10] e Hernandez et al. [11] para a modelagem da evapotranspiração atual pelo SAFER, cálculo da biomassa e produtividade da água.

Todas as imagens foram tratadas e processadas por meio do software ArcGIS® 10.1 (ArcMap™).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os menores valores de evapotranspiração foram obtidos logo após o corte da cultura, com média e desvio padrão de $0,27 \pm 11$ mm dia⁻¹ para o cultivo irrigado e de $0,18 \pm 0,03$ mm dia⁻¹ para a área sem irrigação. Já os maiores valores observados foram nos meses fevereiro e março, tanto no cultivo irrigado quanto no de sequeiro, com médias e desvio padrão de $2,13 \pm 0,33$ e $2,06 \pm 0,24$ mm dia⁻¹, respectivamente (Figura 1). De acordo com Hernandez, Franco e Teixeira [2] os maiores valores de ET ocorrem no mês de março e os menores em agosto no Noroeste Paulista, meses que correspondem ao período chuvoso e seco, respectivamente, na região.

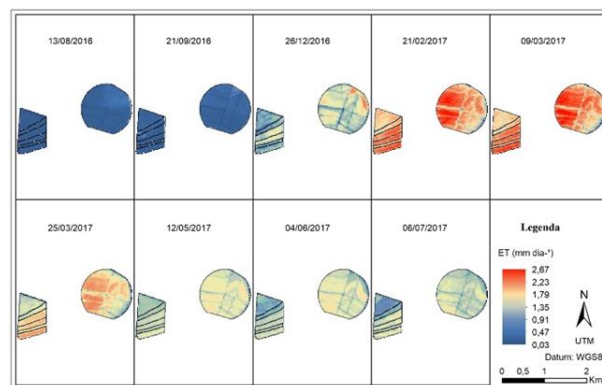


Figura 1. Distribuição espacial dos valores de ET

Em estudo do consumo relativo de água nas fases fenológicas da cana-de-açúcar na região Noroeste Paulista, foi verificado que nas fases de perfilhamento e crescimento dos colmos há uma maior necessidade de água pela cultura, já que essas fases são consideradas críticas quando submetidas à deficiência hídrica [12]. Nesse contexto, Ascoli et al. (2017) afirma que a cana-de-açúcar colhida nos meses de julho a setembro, no Noroeste Paulista, tem sua necessidade hídrica melhor atendida nos 12 meses seguintes pela distribuição da precipitação pluviométrica em relação à cana-de-açúcar colhida em outros períodos [13].

No cultivo de cana-de-açúcar em sequeiro Silva et al. [14] também encontraram medidas mínimas no início e no final do ciclo da cultura e máximas no meio do ciclo, para quatro métodos de estimativa de evapotranspiração. Esses dados corroboram com o estudo de Teixeira et al. [15] para cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

Na Figura 2 é apresentado o mapa de distribuição dos valores de BIO para a área em estudo. A variação espacial de BIO é alta, devido ao manejo da cultura, com médias entre $2,53 \pm 2,56$ kg ha⁻¹ dia⁻¹ e $93,5 \pm 21,18$ Kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a área com irrigação e $1,92 \pm 0,43$ Kg ha⁻¹ dia⁻¹ a $90,5 \pm 18,36$ Kg ha⁻¹ dia⁻¹ na cana-de-açúcar cultivada em sequeiro. Hernandez, Franco e Teixeira [2] constataram uma variação em área de cana-de-açúcar com valores entre 20,17 a 103,0 kg ha⁻¹ dia⁻¹. A diferença de amplitude com os dados desse estudo é devido à diferença de idade das lavouras estudadas.

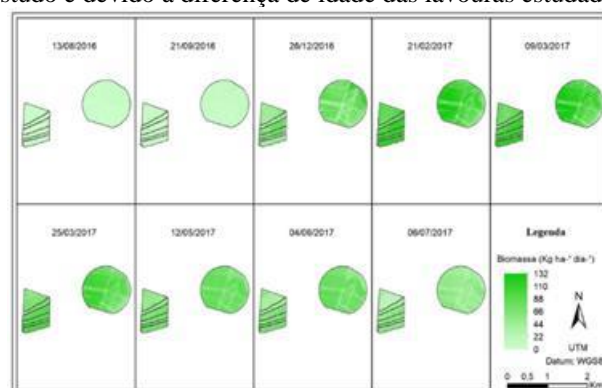


Figura 2. Distribuição espacial dos valores de BIO.

Nota-se que os maiores valores de BIO são apresentados nos meses de fevereiro e março, e os menores nos meses de agosto e setembro, pois a biomassa depende da evapotranspiração, que é maior no meio do ciclo da cultura.

Para a cana-de-açúcar, no ano de 2010, Franco, Hernandez e Teixeira (2014) encontraram valores médios de BIO na ordem de $46,9 \pm 30,3$ Kg ha⁻¹ dia⁻¹ na região Noroeste Paulista, 23,5% abaixo da média encontrada neste trabalho para o cultivo irrigado e 11,5% inferior ao cultivo de sequeiro [18]. Os mesmos autores ressaltam que os valores de BIO são elevados em áreas irrigadas em relação às áreas de sequeiro. Em estudo com cana-de-açúcar com irrigação plena no estado de Minas Gerais, obteve-se médias de até 160 Kg ha⁻¹ dia⁻¹, confirmando que é possível alcançar um aumento de BIO com melhorias no uso e gestão da água [16].

A maior média de PA ocorreu em junho com valor médio de $5,52 \pm 0,42$ Kg m⁻³ na área irrigada e $5,06 \pm 0,55$ Kg m⁻³ na área sem irrigação (Figura 3). Nesse contexto, Coaguila et al. [17] demonstrou que os maiores valores de PA no estado de São Paulo para as culturas anuais ocorrem no período do outono, situação também observada por Franco, Hernandez e Teixeira [18].

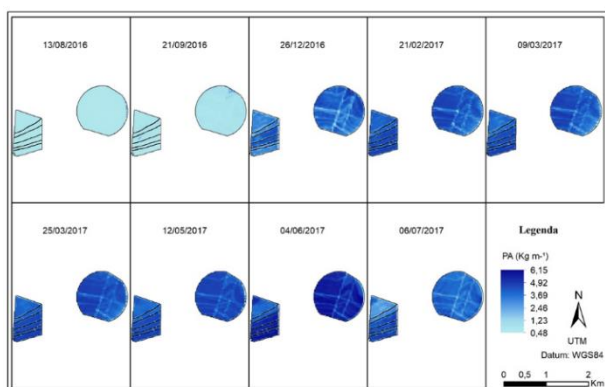


Figura 3. Distribuição espacial dos valores de PA.

Analisando os resultados para PA no primeiro ciclo da cana-de-açúcar sob irrigação subsuperficial no semiárido do Brasil valores de até 9,25 Kg m⁻³ foram encontrados demonstrando que um bom manejo de irrigação aliado à renovação periódica dos canais pode contribuir para um aumento da rentabilidade da produção [19]. No entanto, essas questões são decisões econômicas que devem ser tomadas baseadas em estudos considerando as condições climáticas da região, tipo de solo, cultivares, custo operacional, e ainda a disponibilidade financeira do produtor [12].

Na Figura 4 é apresentado um gráfico comparativo entre a produtividade média alcançada na área de estudo na safra 2016/2017, tanto para o cultivo irrigado quanto o de sequeiro (valores obtidos a partir do bando de dados da propriedade) e a média de produtividade obtida no Brasil e

no Estado de São Paulo para a mesma época, de acordo com a Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB) [20].

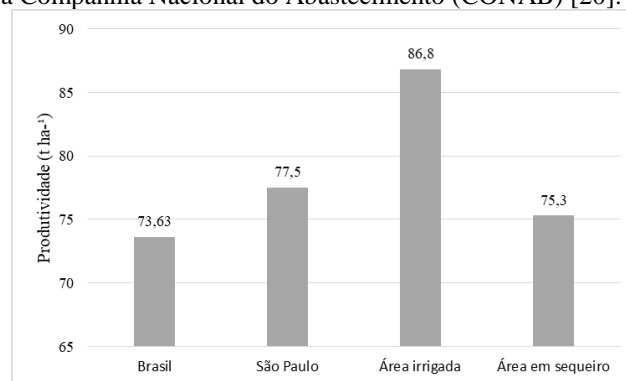


Figura 4. Produtividades da cana-de-açúcar para a safra 2016/2017.

Como se pode observar os valores de produtividade da cana-de-açúcar da área de estudo na condição irrigada foram superiores às médias nacional e do estado, mesmo se tratando de uma irrigação que não é fixa em todo o ciclo da cultura. Além de maior disponibilidade de água, essa questão também pode ser atribuída a maior disponibilidade de nutrientes para o sistema radicular da cana-de-açúcar quando submetida à irrigação [21].

No cultivo da área em sequeiro a produtividade ficou acima da média no Brasil, porém foi inferior à média do estado e 11,5 t ha⁻¹ menor que a área irrigada na mesma propriedade, mesmo se tratando de uma lavoura que tinha um corte a menos, enfatizando a necessidade de irrigação para a cultura na região Noroeste Paulista a fim de garantir melhor produtividade.

4. CONCLUSÕES

Os parâmetros de evapotranspiração, biomassa e produtividade da água da área cultivada com cana-de-açúcar foram devidamente determinados através das metodologias propostas.

O sistema de cultivo no qual a cana-de-açúcar encontra-se inserida influencia nos parâmetros de produtividade da água na área avaliada, onde os maiores valores foram encontrados na área sob irrigação.

5. AGRADECIMENTOS

A FAPESP pelo suporte financeiro (Processo 2.009/52.467-4) e CNPq (Processo 404.229/2013-1).

6. REFERÊNCIAS

- [1] COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/17026_e0504d08aca77ee13e86c2e7e7f43424> Acesso: 11 Jul. 2018.

- [2] HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M.; TEIXEIRA, A.H.C. Uso do satélite Landsat 8 na determinação da produtividade da água em bacia hidrográfica com predomínio do uso agrícola da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR). Anais... João Pessoa - PB, Brasil: INPE, 2015. p. 3229-3236.
- [3] NERY, J.T. Anomalias de la precipitación pluvial de São Paulo. *Investigaciones Geográficas*, n.46, p.179-190, 2008.
- [4] 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*, v.4, n.3, p.142-149, 2010.
- [5] 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.
- [6] MOLDEN, D. J.; BIN, D.; LOEVE, R.; BARKER, R.; TUONG, T. P. Agricultural water productivity and savings: policy lessons from two diverse sites in China. *Water Policy*, n. 9, p. 29-44, 2007.
- [7] TEIXEIRA, A.H.C.; BASTIAANSEN, W.G.M.; AHMAD, M.D.; BOS, M.G. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil Part A: Calibration and validation. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 149, p. 462-476, 2009.
- [8] TEIXEIRA, A.H.C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated and natural vegetation in the São Francisco river basin (Brazil) using remote sensing an Penman-Monteith equation. *Remote Sensing*, v. 2, n. 5, p. 1287-1319, 2010.
- [9] TEIXEIRA, A.H.C.; LEIVAS, J.F.; ANDRADE,R.G.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.F. Modelling radiation and energy balances with Landsat 8 images under different thermohydrological conditions in the Brazilian semi-arid region. In: *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology*, 17, 2015, Toulouse.Anais.SPIE, 2015a
- [10] TEIXEIRA, A. H. DE C.; PADOVANI, C. R.; ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J.F.; VICTORIA, D. DE C.; GALDINO, S. Use of MODIS images to quantify the radiation and energy balances in the Brazilian Pantanal. *Remote Sensing*, v.7, p.14597-14619, 2015b. <https://doi.org/10.3390/rs71114597>
- [11] HERNANDEZ, F.B.T.; NEALE, C.M.U.; TEIXEIRA, A.H.; Taghvaeian, S. Determining large scale actual evapotranspiration using agro-meteorological and remote sensing data in the northwest of Sao Paulo State, Brazil. *Acta Horticulturae*, v. 1038, p. 263-270, 2014.
- [12] 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, Botucatu, Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI*, p. 94-101, 2017.
- [13] 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. IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING. Disponível em: <http://www.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/inovagri_2017/ascoli_cana_inovagri_2017.pdf> Acesso: 17 Jul. 2018.
- [14] SILVA, V.P.R., GARCÊZ, S.L.A., SILVA, B.B., ALBUQUERQUE, M.F., ALMEIDA, S.R.S. Métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar em condições de sequeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.19, n.5, p.411-417, 2015.
- [15] TEIXEIRA, A.H.C.; LEIVAS, J.F.; RONQUIM, C.C.; VICTORIA, D.C. Sugarcane Water Productivity Assessments in the São Paulo state, Brazil. *International Journal of Remote Sensing Applications*, v. 6, Jun. 2016.
- [16] ANDRADE, R.G., SEDIYAMA, G., SOARES, V.P., GLERIANI, R.G., AND MENEZES, S.J.M.C. “Estimativa da produtividade da cana-de-açúcar utilizando o SEBAL e imagens Landsat.” *Revista Brasileira de Meteorologia* 29 (2014): 433-442.
- [17] COAGUILA, D.N., HERNANDEZ, F.B.T., TEIXEIRA, A.H.C., FRANCO, R.M., LEIVAS, J.F. Water productivity using SAFER - Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving in watershed. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.21, n.8, p.524-529, 2017.
- [18] FRANCO, R.A.M.; HERNANDEZ,F.B.T.; TEIXEIRA, A.H.C. Water productivity of diferente land uses in watersheds assessed from satellite imagery Landsat 5 Thematic Mapper. In: NEALE, C. M. U.; MALTESE, A. (Ed.). *Proc. of SPIE*. Bellingham, WA USA: SPIE, 2014. v. 9239, p. 92392E-1-92392E-7. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112785/1/4202.pdf>>. Acesso: 16 Jul 2018.
- [19] FERREIRA, R.C. Evapotranspiração e produtividade de água no primeiro ciclo da cana-de-açúcar submetida à irrigação subsuperficial no semiárido do brasil. Campina Grande: UFCG. 2014. 94p. Tese de Doutorado.
- [20] COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/17026_e0504d08aca77ee13e86c2e7e7f43424> Acesso: 11 Jul. 2018.
- [21] OLIVEIRA, E.C.A.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, A.C.; SIMOES NETO, D.E.; ROCHA, A.T.; CARVALHO, L.A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.46, n.6, p.617-625, jun. 2011.