



## NECESSIDADE HÍDRICA DO MILHO IRRIGADO NO NOROESTE PAULISTA<sup>1</sup>

V. F. Trinca<sup>2</sup>, F. B. T. Hernandez<sup>3</sup>, A. M. A. Avilez<sup>4</sup>, E. C. Amendola<sup>5</sup>

**RESUMO:** O Sudeste do país é um dos principais produtores de milho (*Zea mays* L.) e tem sido cultivado em dois períodos durante o ano, sendo que o estresse hídrico pode causar até 50% na redução de produtividade na cultura. A região Noroeste Paulista apresenta déficits hídricos prolongados ao longo de oito meses por ano e as maiores taxas de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) do Estado de São Paulo, com suscetibilidade a veranicos no verão. Assim, o objetivo desse trabalho foi quantificar as necessidades hídricas da cultura do milho em uma área comercial na região a partir da estimativa da evapotranspiração da cultura feita pelo método tradicional da FAO 56 e também pelos os quais foram aplicadas no período de março a julho e agosto a dezembro para obtenção dos requerimentos hídricos (RH). A demanda hídrica no primeiro ciclo do ano foi de 307 mm quando calculada pelo método tradicional da FAO e pelo GDac se mostrou 15% maior, já no segundo ciclo a diferença entre os valores dos métodos foi menor que 5%, porém o RH foi em média de 488 mm. No segundo semestre as condições climáticas reinantes favorecem a elevação da ET<sub>o</sub>, enquanto que o volume de chuva registrado foi inferior a necessária pela cultura nos dois períodos, além de que sua distribuição é irregular, comprovando assim a necessidade de irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura irrigada, irrigação, evapotranspiração, graus dias.

## WATER NEED OF IRRIGATED CORN IN NOROESTE PAULISTA

**SUMMARY** Southeastern Brazil is one of the main corn producers (*Zea mays* L.) and has been cultivated in two periods during the year, with water stress decreasing crop productivity by approximately 50%. The São Paulo's northwest region presents prolonged water deficits over the period of months per year and higher evapotranspiration reference rates (ET<sub>o</sub>) of the State of São Paulo, with susceptibility of water deficit period in summer. The objective of this study was to quantify the water requirements of the corn crop in a commercial area in the region from

<sup>1</sup> Apoio financeiro da FAPESP Processo 2.009/52.467-4

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Agrônoma na UNESP Ilha Solteira e Bolsista em Iniciação Científica do CNPq. Email: trincavitor@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Titular da UNESP Ilha Solteira. Email: fbhtang@agr.feis.unesp.br

<sup>4</sup> Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UNESP Botucatu. Email: betomario1494@gmail.com

<sup>5</sup> Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia na UNESP Ilha Solteira. Email: emanoele.amendola@gmail.com

the estimation of the evapotranspiration of the crop made by the traditional method of FAO 56 and also by the accumulated Degrees-Days method ( $DD_{ac}$ ), which were applied in the period from March to July and August to December to obtain water requirements (WR). The water demand in the first cycle of the year was 307 mm when calculated by the traditional method of FAO and the  $DD_{ac}$  was 15% higher, in the second cycle the difference between the values of the methods was less than 5%, but the WR was in Average of 488 mm. In the second half of the year, climatic conditions favor the increase of  $ET_o$ , while the recorded rainfall volume was lower than that required by the crop in the two periods and its irregular distribution, thus verifying the need for irrigation.

**KEYWORDS:** Irrigated agriculture, water requirement, evapotranspiration, degrees days.

## INTRODUÇÃO

A lavoura de milho (*Zea mays L.*) é a de máximo volume dentre os cereais no mundo, sendo aproximadamente 960 milhões de toneladas. Os países responsáveis por 70% dessa produção são: Estados Unidos, China, Brasil e Argentina (PEIXOTO, 2014). O Brasil é responsável por 82 milhões de toneladas em um campo de mais de 15 milhões de hectares para o cultivo da cultura, tendo grande importância no panorama mundial pois é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador de milho (PEIXOTO, 2014).

Como afirma Teixeira et al. (2013), na região Sudeste do país, o milho é uma das principais culturas, e tem sido cultivado em dois períodos durante o ano com plantios de primeira safra entre os meses de outubro e novembro, no início das chuvas, enquanto que os de segunda safra (safrinha) ocorrem em fevereiro ou março, podendo a produção ser destinada tanto para o consumo humano quanto para a nutrição animal.

Devido ao fato da cultura do milho expressar elevada sensibilidade a estiagens, a ocorrência de períodos com redução do aporte hídrico às plantas em períodos críticos do desenvolvimento da cultura, principalmente do florescimento à maturação fisiológica, pode acarretar redução direta no rendimento final da produção (BERGAMASCHI et al., 2006), enquanto que Teixeira et al. (2014) complementam que o teor de umidade no solo é importante para sustentação da produtividade em níveis excelentes, com o déficit de água destacando-se como o principal fator de risco para o milho safrinha, que é atenuado nas áreas de maior altitude.

Conforme explica Carvalho et al. (2013), no momento de implantar determinada cultura, o produtor deve compreender seu requerimento hídrico quantificando o volume de água imprescindível durante o seu ciclo de desenvolvimento e Silva (2014) assegura que o consumo

de água pelas comunidades vegetais é um parâmetro importante a ser considerado nos estudos de regionalização agrícola ou na avaliação da produtividade das culturas.

Desse modo, Magalhães et al. (2003) salientam que a produção de milho em terras requer uma precipitação variável entre locais de 300 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida por uma planta de milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm e dois dias de estresse hídrico no florescimento diminuem o rendimento em mais de 20%, quatro a oito dias diminuem em mais de 50%.

Por fim, a cultura do milho é considerada de grande importância socioeconômica e assim é essencial a realização de pesquisas para máximas produtividades e eficiência do uso da água e a adoção de sistemas de irrigação pode ser uma interessante opção para diminuir os riscos da produção.

Assim, o presente estudo teve por objetivo obter informações que irão permitir o produtor de alimentos compreender a necessidade hídrica, quantificando o volume de água necessário durante o seu ciclo de desenvolvimento e consequentemente fazer o uso racional e com performance das tecnologias adotadas como os sistemas de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma área irrigada comercial na região Noroeste Paulista, localizada no município de Rubinéia-SP, onde está presente um pivô central, tendo como centro da área de interesse as coordenadas 20° 19' 41" S e 51° 1' 55" O

Os dados climáticos utilizados foram captados na Estação Ilha Solteira (Coordenadas geográficas de 20° 25' 24,4"S e 51° 21' 13,1"O, que faz parte da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira (UNESP, 2017). As variáveis climáticas se referem a dados diários de acordo com cada ciclo da cultura. O balanço hídrico foi apurado a partir dos dados de precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), considerada pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al, 1998).

Os coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) do milho utilizado no cálculo da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foram os indicados pelo Boletim FAO 56 (Allen et al., 1998) com os coeficientes de cultura propostos no Boletim para milho (Figura 1) e a partir do Dia Após a Semeadura e pelo método dos Graus-dias acumulados (GD<sub>ac</sub>) conforme a Equação 1 descrita por Teixeira et al. (2014), utilizando 10°C como temperatura basal.

$$Kc = -5 \cdot 10^{-7} GD_{ac} + 1,1 \cdot 10^{-3} GD_{ac} + 0,46 \quad (\text{Equação 1})$$

Considerando a necessidade hídrica sempre que o armazenamento de água no solo fosse inferior a 50% da capacidade de água disponível (CAD) que é definida por Hernandez (1999) sendo a diferença entre a umidade volumétrica na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, multiplicada pela profundidade efetiva do sistema radicular. A Capacidade de Água Disponível (CAD) adotada para os cálculos foi de 40 mm considerando o plantio sobre um Argisolo e a profundidade efetiva média do sistema radicular conforme recomenda a Embrapa Milho e Sorgo (2009).

O balanço hídrico foi feito ao nível de raízes diariamente considerando as duas datas de plantio (25/03/2016 e 07/08/2016) realizadas pelo irrigante Com a reposição de água por irrigação visando atingir a capacidade de campo, tendo como estratégia de manejo iniciar a reposição quando o esgotamento de água no solo atingisse 20% nos primeiros 30 dias e 40% durante o resto do ciclo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros hídricos do solo, como armazenamento, deficiência e excedente, tem níveis tecnicamente aceitáveis para minimizar erros e conseqüentemente planejar o uso da água na irrigação, a partir da precipitação e a evapotranspiração da cultura (SCHUTZE et al., 2013).

A necessidade hídrica de uma cultura é dependente do clima que pode ser expresso pela ETo e pelo ciclo da cultura e suas fases fenológicas que pode ser expresso pelo coeficiente de cultura e assim, a época escolhida para plantio faz a diferença no armazenamento de água no solo das chuvas e da extração pela cultura expressa pelo produto entre a ETo e o Kc resultando na ETc, ou seja a própria demanda pela água que deve ser repostas pelas chuvas ou pela irrigação.

Assim, a Figura 2 expressa a variação da ETo em função da época de semeadura, com o plantio realizado em 25 de março de 2016 submetido à uma exigência climática de 307 mm, enquanto que, com a semeadura realizada em 7 de agosto de 2016, as exigências climáticas são de 549 mm, portanto, 78% maiores que o plantio no primeiro semestre que ainda se beneficia de probabilidade maior das chuvas.

Conforme descreve Lima et al. (2008), o emprego de variáveis meteorológicas que influenciam o crescimento e o aumento das plantas permite determinar, a duração das fases fenológicas. A caracterização de cada uma dessas fases pode se dar com a utilização dos graus-dias, ou seja, o acúmulo diário da energia sendo necessário apenas a temperatura mínima

exigida em prol temperatura base inferior. Com isso é possível obter as fases da cultura, obtendo o Kc durante suas diferentes fases fenológicas, e relacioná-la com o momento e lâmina de irrigação.

Sendo assim, o ciclo do primeiro semestre, a ETc apresentou a quantidade de 307 milímetros quando calculado utilizando o Kc indicado pela FAO, enquanto o requerimento hídrico utilizando o Kc pelo método Graus-dias acumulados (GD<sub>ac</sub>) se mostrou 15% maior, ou seja, 353 milímetros. Tal diferença pode ser notada conforme mostra a Figura 3, em que nos primeiros dias após a semeadura é tido uma temperatura média de 28° C totalizando uma média de 3,1 milímetros/dia a ETc, enquanto a pelo método FAO essa média é de 1,9 milímetros/dia, durante o período. A partir do trigésimo quarto dia até o final do ciclo se tem uma média de temperatura média de 21° C e a ETc verificada pelos dois métodos se mantem semelhantes.

Em contrapartida os coeficientes da cultura proposto pelo método FAO, no segundo semestre de cultivo, é encontrado uma ETc de 483 milímetros, já pelo método GD<sub>ac</sub> é visto um valor com apenas 10 milímetros a mais de diferença, totalizando 493 milímetros. Conforme apresenta a Figura 4, é possível identificar uma pequena relação no comportamento da ETc identificada pelas duas formas citadas resultando em uma média idêntica, considerando todo o ciclo, de 3,6 milímetros/dia.

Desse modo, no que se refere a diferença de água em cada ciclo do ano, a explicação pode ser dada devido a condições climáticas, sendo que no primeiro semestre a média da evapotranspiração de referência no período foi de 3 milímetros por dia, já a do segundo semestre teve uma média de 4,1 milímetros.dia<sup>-1</sup>.

A precipitação entre o final de março e o final de julho foi de aproximadamente 320 milímetros, no entanto desse total, apenas 79 milímetros foram utilizados pela cultura, devido a distribuição dos mesmos no período e a CAD do solo. Quando se trata do cálculo utilizando os coeficientes de cultura (Kc) da FAO foi necessário irrigar 242 milímetros, conforme indicado na figura 5, enquanto que quando os coeficientes da cultura (Kc) são acurado pelo método dos Graus-dias acumulados (GD<sub>ac</sub>) chega a 278 milímetros, conforme apresenta a Figura 6, o que se refere a 15% a mais de milímetros de água requeridos para a cultura. Vale ressaltar que o método dos Graus-dias tende a representar melhor o cultivo em uma região.

Em relação ao ciclo de milho no segundo semestre, a diferença da necessidade hídrica pelos diferentes métodos de obtenção dos coeficientes de cultura (Kc) não se mostrou mais que 5% de diferença, no entanto se identifica um requerimento de água pela cultura um pouco maior, com 493 milímetros estimados (Figura 7), e o registro de chuvas se aproximando dos

430 milímetros durante o período (Figura 8). Em compensação, a necessidade de irrigação foi de 311 milímetros, e não pode ser aproveitado e 72% da água da chuva.

Comparando os dados obtidos e os achados por Teixeira et al. (2013) na distribuição espacial do requerimento hídrico da cultura do milho no estado de São Paulo encontra-se valores crescentes de requerimento hídrico para do lado leste para o oeste do Estado, com valores chegando acima de 400 mm por ciclo produtivo, visto que tal levantamento foi feito para o milho cultivado no primeiro semestre, permitindo encontrar uma variação pequena quando comparada aos dados desse estudo.

## CONCLUSÕES

O balanço hídrico realizado diariamente que é necessária a utilização de sistemas de irrigação no desenvolvimento da cultura de milho nos dois ciclos produtivos do ano, notando que as requisições por irrigação são maiores no milho cultivado no segundo semestre e o que não se mostra indispensável no milho cultivado no primeiro semestre, encontrado ainda uma necessidade de água maior quando o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) é calculado pelo método dos Graus-dias acumulados ( $GD_{ac}$ ).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela Bolsa de Estudos concedida ao primeiro autor e a FAPESP pelo apoio financeiro na implantação da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (Processo 2.009/52.467-4).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BIANCHI, C.A.M.; MULLER, A.G.; COMIRANI, F.; HECKLER, B.M.M. **Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

CARVALHO, R.I.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A.D.; ROSA, G.M. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p.969 - 985, 2013.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45p.

HERNANDEZ, F.B.T.; SOUZA, S.A.V. de; 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.

LIMA, E.P., SILVA, E.L; **Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, V.12, n.3, p.266-273, 2008.

PEIXOTO, C.M. **O milho no Brasil, sua importância e evolução**. Dupont-Pioneer. 2014. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/165/o-milho-no-brasil-sua-importancia-e-evolucao>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

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.

SCHUTZE, I. X.; HERNANDEZ, F. B. T.; FEITOSA, D. G.; SILVA, Y. de F. da. **Balanço hídrico no noroeste paulista em 2012**. XLII CONBEA - Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 2013.

SILVA, Y.F. **Evapotranspiração na cultura de citrus no noroeste paulista**. 2014. 49 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira. 2014.

TEIXEIRA, A.H.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; ANDRADE, R.G.; LEIVAS, J.F.; VICTORIA, D.C.; BOLFE, L.E. **Distribuição espacial do requerimento hídrico da cultura do milho no Estado de São Paulo**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belém - PA, 2013. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/congresso\\_brasileiro\\_agrometeorologia\\_2013.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/congresso_brasileiro_agrometeorologia_2013.pdf)>. Acesso em: 9 de mar. de 2017.

TEIXEIRA, A.H.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; ANDRADE, R.G.; LEIVAS, J.F.; VICTORIA, D. de C.; BOLFE, L.E. **Irrigation performance assessments for corn crop with landsat imagens in the São Paulo State, Brazil.** Water Resources and Irrigation Management, v.3, n.2, p. 91 - 100, 2014.

UNESP. **ÁREA DE HIDRÁULICA E IRRIGAÇÃO: DADOS CLIMÁTICOS DIÁRIOS.** Disponível em: <http://clima.feis.unesp.br>. Acesso em 19 de fevereiro de 2017.

## ANEXOS

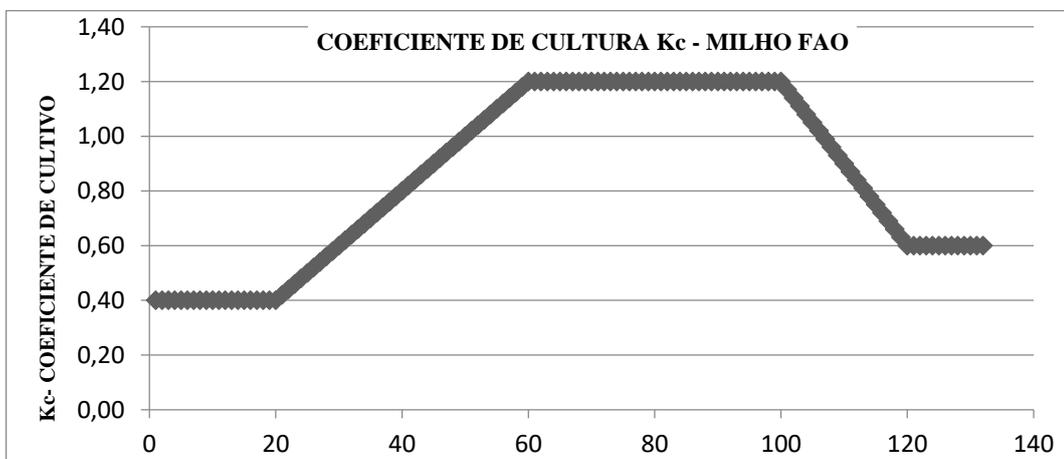


Figura 1. Coeficientes de cultura (Kc - FAO) utilizado para o manejo da irrigação do milho.

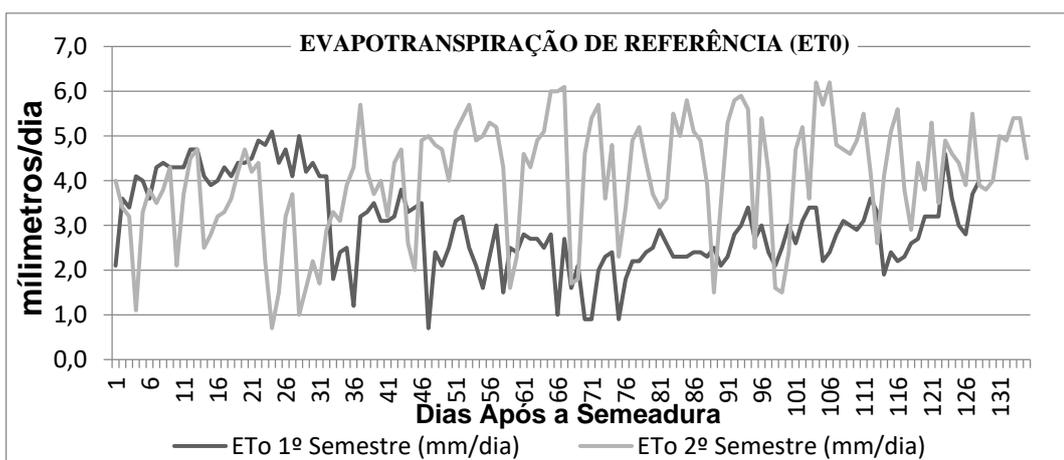


Figura 2. Evapotranspiração de referência nos dois ciclos durante o ano da cultura.

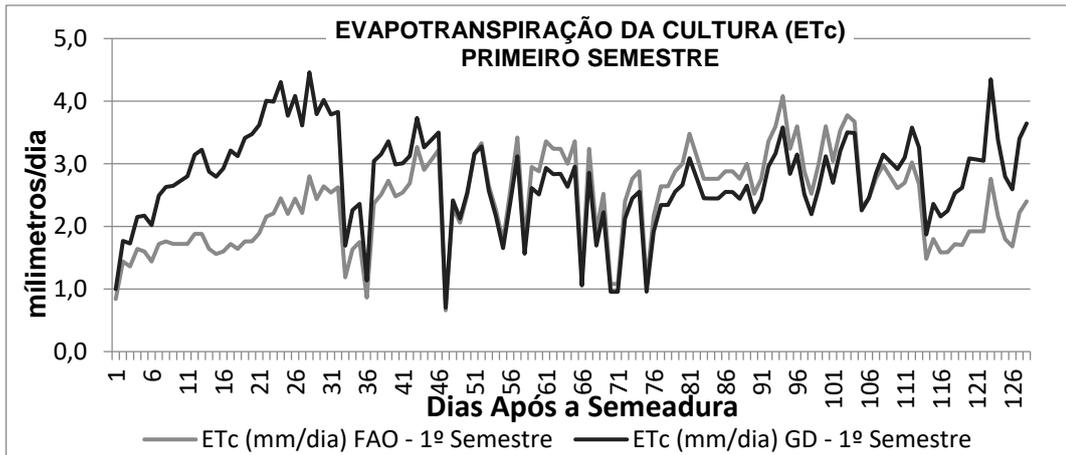


Figura 3. Evapotranspiração da cultura no primeiro semestre de 2016 em Ilha Solteira.

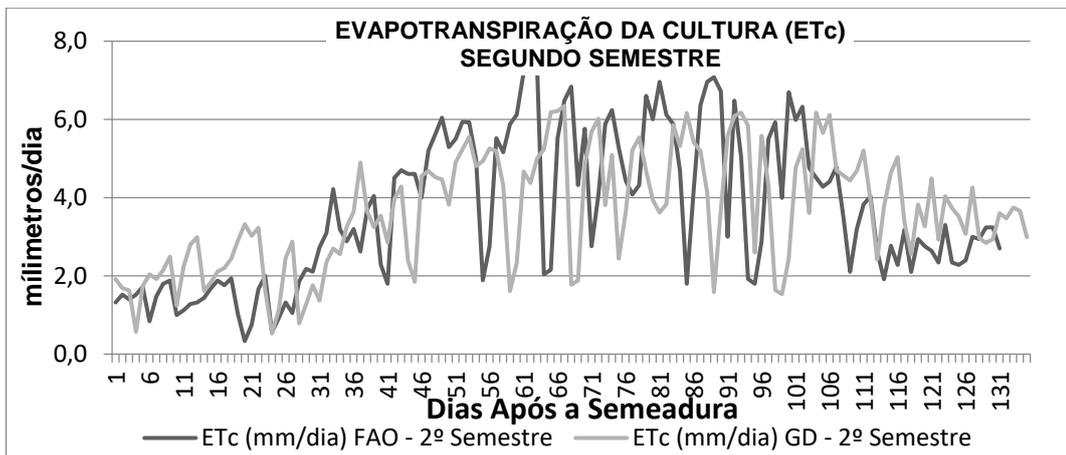


Figura 4. Evapotranspiração da cultura no segundo semestre de 2016 em Ilha Solteira.

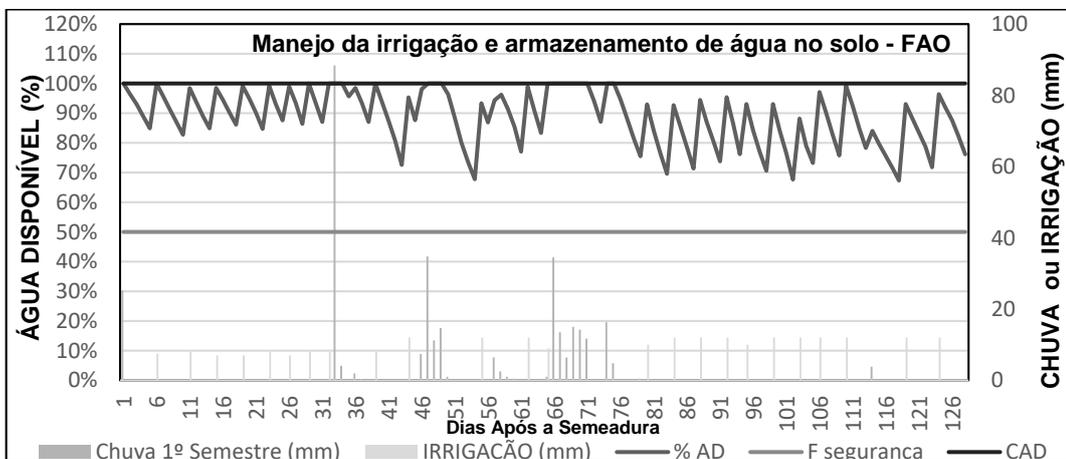
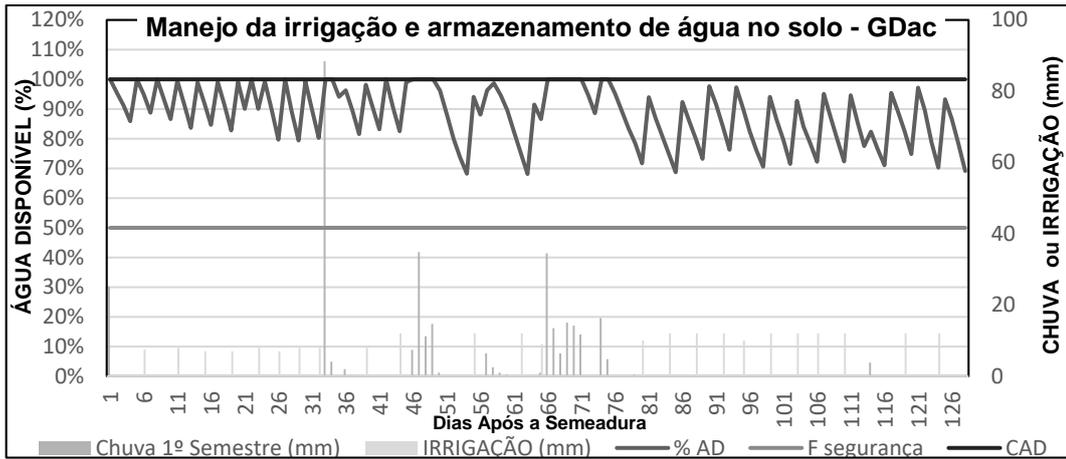
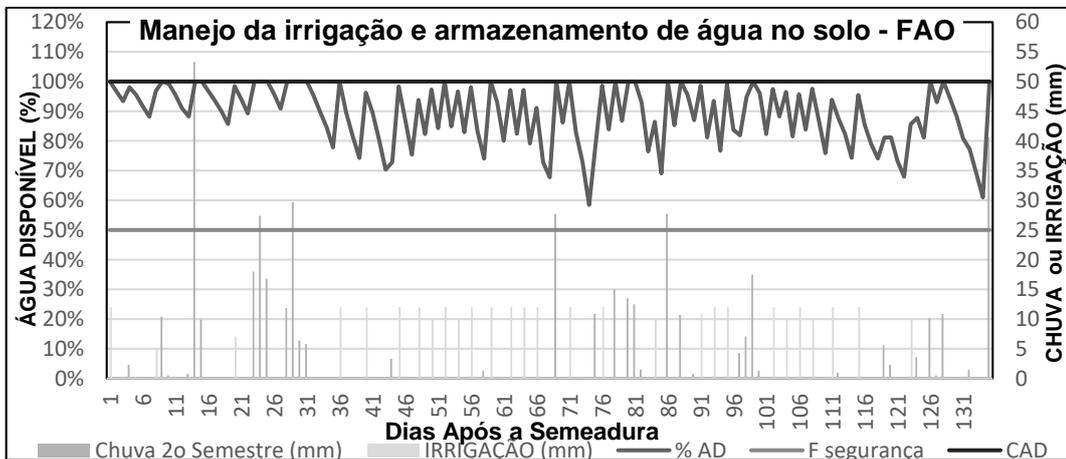


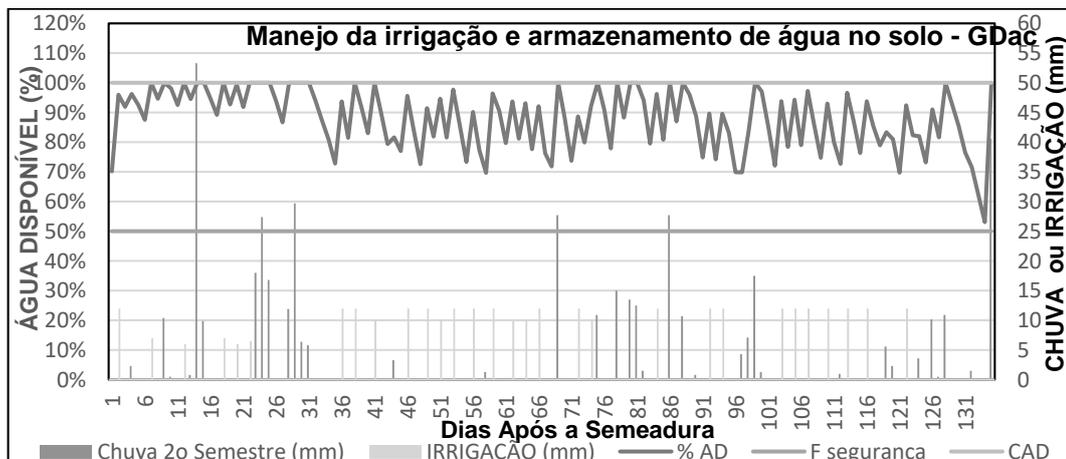
Figura 5. Armazenamento de água no solo na cultura do milho semeado em 25 de março de 2016 utilizando os coeficientes de cultura (Kc) propostos pelo Boletim FAO 56.



**Figura 6.** Armazenamento de água no solo na cultura do milho semeado em 25 de março de 2016 utilizando os coeficientes de cultura (Kc) obtido através da equação do Graus-dias acumulados (GDac).



**Figura 7.** Armazenamento de água no solo na cultura do milho semeado em 07 de agosto de 2016 utilizando os coeficientes de cultura (Kc) propostos pelo Boletim FAO 56.



**Figura 8.** Armazenamento de água no solo na cultura do milho semeado em 07 de agosto de 2016 utilizando os coeficientes de cultura (Kc) obtido através da equação do Graus-dias acumulados (GDac).