

ORIGINAL PAPER

Estimativa da demanda hídrica do feijoeiro no Noroeste Paulista

Larissa Godarelli Farinassi^{1*}, Fernando Braz Tangerino Hernández², Regiane de Carvalho Bispo¹

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP); ²Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (FEIS/UNESP) *Corresponding author: larissa.godarelli@hotmail.com

Resumo: O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura de grande importância socioeconômica para o Brasil, sendo o segundo maior produtor e principal consumidor mundial. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da evapotranspiração de referência (ET_o) na precisão das estimativas da demanda hídrica do feijoeiro em diferentes épocas de semeadura e municípios da região Noroeste Paulista. O estudo foi realizado em condições irrigadas por pivô central com sete épocas de semeadura de feijão de inverno nos municípios de Rubinéia e Pereira Barreto. Em cada semeadura utilizou a ET_o proveniente de estações agrometeorológicas de Ilha Solteira, Marinópolis e Bonança e também a base histórica representada pelas Zonas Homogêneas de evapotranspiração (ZH). Verificou-se que o manejo da irrigação nas semeaduras realizados em Rubinéia pode ser feito utilizando a Estação Ilha Solteira ou Marinópolis, não havendo diferença entre a demanda hídrica ao longo do ciclo, porém semeaduras realizadas em Pereira Barreto devem ter a Estação Bonança como preferência para a estimativa da ET_o, seguida da ZH 2, porém, se houver irrigantes às margens de rios Tietê e Paraná, recomenda-se ficarem atentos à direção dos ventos, pois em algumas épocas do ano os ventos podem transportar massas de ar do rio para o continente.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., evapotranspiração, vento, estações agrometeorológicas.

Water demands of bean crop in Northwest of São Paulo

Abstract: Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is a crop of great socioeconomic importance for Brazil, being the second largest producer and main world consumer. This work aimed to evaluate the influence of reference evapotranspiration (ET_o) on the accuracy of estimates of water demand for common beans at different sowing times and municipalities in the Northwest region of São Paulo. The study was carried out under conditions irrigated by a central pivot with seven seasons of winter bean sowing in the municipalities of Rubinéia and Pereira Barreto. In each sowing, he used ET_o from agrometeorological stations in Ilha Solteira, Marinópolis and Bonança and also the historical base represented by the Reference E Evapotranspiration Zones (ET_o Zone). It was verified that the irrigation management in the sowing carried out in Rubinéia can be done using the Ilha Solteira or Marinópolis Station, with no difference between the water demand throughout the cycle, however sowing carried out in Pereira Barreto should have the Bonança Station as preference for the estimate of ET_o, followed by Eto Zone 2, however, if there are irrigators on the banks of the Tietê and Paraná rivers, it is recommended to be attentive

to the direction of the winds, because in some seasons the winds can transport air masses from the river to the continent.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., evapotranspiration, wind, weather stations.

Introdução

O Noroeste Paulista possui um grande potencial para agricultura irrigada, segundo Amendola [3], no ano 2000 esta região partiu de 6.802 hectares irrigados com 86 equipamentos para um total de 13.331 hectares irrigados, com a implantação 116 novos equipamentos até junho de 2015, tendo um crescimento no período de 2000 a 2016 de 96% no perímetro irrigado. Porém, ainda é uma região pouco explorada, necessitando de maiores investimentos com relação a agricultura irrigada e gestão da utilização dos recursos hídricos, uma vez que está inserido na área chamada de Grandes Lagos possuindo assim um grande potencial para as práticas de irrigação [3].

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das culturas de grande importância sócio-econômica para o Brasil, segundo maior produtor e principal consumidor mundial, que cultiva na ordem de 2,93 milhões de hectares, com produção de 3,02 milhões de toneladas na safra 2018/2019, ocorrendo um incremento de 5% em relação à safra anterior [5], juntamente com Myanmar, Índia, Estados Unidos, México e Tanzânia, são responsáveis por 56,99% de todo o feijão produzido no mundo, ou 15,3 milhões de toneladas [7].

O feijão, além de sua importância comercial e nutricional, possui também um papel importante no ponto de vista social, pois sua produção é realizada em todo território brasileiro, ocorrendo desde o pequeno agricultor, em sua maioria de subsistência ou familiar, até grandes produtores [19].

No Brasil, a maior oferta de feijão ocorre na primeira safra, principalmente nas regiões Sul e Sudeste e na região de Irecê, na Bahia, cujas colheitas estão concentradas nos meses de dezembro a março. A colheita da segunda safra ocorre entre os meses de abril e julho e a terceira safra,

em que predomina o cultivo de feijão irrigado, está concentrado nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás/Distrito Federal e oeste da Bahia, sendo ofertada entre julho e outubro. Embora esses períodos possam apresentar variações de ano para ano, pode-se identificar que há colheita em praticamente o ano todo e que existe sobreposição de épocas em algumas regiões, segundo dados da Agência Embrapa de Informação Tecnológica - AGEITEC [1].

Na terceira safra ou safra de “outono-inverno”, a semeadura concentra-se entre os meses de maio e junho, se estendendo até meados de julho, que possui como características a baixa quantidade de chuvas com predomínio da seca na maioria dos Estados. Desta forma, nesta safra é imprescindível a utilização da irrigação [19]. Contudo, de maneira geral, o consumo de água pela cultura do feijoeiro é variável com o estágio de desenvolvimento, a variedade, o local, as condições de solo e a época de semeadura [14], que sofre forte influência das condições climáticas da região de semeadura, representada pela ETo. Numa mesma condição de solo, o número de dias do ciclo, o requerimento de água para a máxima produção pode variar entre 300 e 500 mm [6].

O uso da irrigação nesta cultura, por sua vez, irá proporcionar uma maior distribuição durante a safra, tanto no âmbito da quantidade de água adequada quanto no momento certo de irrigar, atendendo assim as necessidades da cultura em cada estágio fenológico. Assim, a compreensão da necessidade hídrica juntamente com o manejo racional da água são ferramentas indispensáveis para alcançar o máximo potencial da cultura. Dessa maneira, as informações de evapotranspiração de referência (ETo) e precipitação são vitais para o planejamento das atividades agrícolas locais. A partir do conhecimento da ETo e do coeficiente de

cultivo (Kc), é possível obter a evapotranspiração de cultura (ETc) que é fundamental para se outorgar, dimensionar e manejar a irrigação da mesma [20].

De acordo com Frizzone [9], a irrigação para suprir a demanda de água da cultura do feijão é um problema relativamente simples e claramente definido, com um objetivo único de suplemento hídrico se os tratamentos agrônômicos forem corretos. Estes fatores têm causado mudanças e estabelecido novos paradigmas da irrigação, dando maior ênfase no uso e eficiência econômica da água pelas culturas. Com isso, o manejo eficiente da irrigação supõe o uso minucioso dos recursos hídricos disponível para se atingir um determinado objetivo, como exemplo, alcançar sua máxima produtividade de grãos com o uso eficiente da água, da energia elétrica e de outros fatores de produção [8].

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da ETo na precisão das estimativas da demanda hídrica do feijoeiro em diferentes épocas de semeadura e municípios da região Noroeste Paulista.

Material e Métodos

Local do estudo

Os estudos foram realizados em duas áreas de semeaduras comerciais irrigadas por pivôs centrais nos municípios de Rubinéia às margens direita do Rio Paraná e em Pereira Barreto, a margem direita do Rio Tietê, localizadas no Noroeste do Estado de São Paulo, (Figura 1).

No município de Rubinéia foram estudadas duas épocas de semeadura com coordenadas $20^{\circ} 19' 40''$ S e $51^{\circ} 1' 55''$ O, a primeira realizada em 05/04/2017 e colheita em 08/07/2017 e a segunda semeadura em 02/06/2017 e colheita em 04/09/2017, possuindo ambas áreas irrigadas de mesma dimensão 46,5 hectares.

No município de Pereira Barreto outras cinco datas de semeadura foram estudadas, sendo a primeira data de semeadura 05/06/2017 com colheita em 05/09/2017,

com coordenadas de $20^{\circ} 42' 19''$ S e $51^{\circ} 1' 55''$ O, a área irrigada de 75 hectares. A segunda e a terceira data de semeadura, ocorreram em 13/07/2017, com colheita em 20/10/2017 e 19/07/2017, com colheita 26/10/2017, respectivamente. As mesmas foram semeadas no mesmo pivô central situado nas coordenadas $20^{\circ} 39' 50''$ S e $51^{\circ} 1' 48''$ O, com área de 80,75 hectares. Já a quarta e quinta época de semeadura, foram realizadas em pivôs centrais de 100 hectares. Sendo a quarta semeadura em 31/07/2017, com colheita em 02/11/2017, nas coordenadas $20^{\circ} 39' 9''$ S e $51^{\circ} 1' 31''$ O, e a quinta época de semeadura ocorreu em 07/08/2017 e colheita 11/11/2017, nas coordenadas $20^{\circ} 38' 34''$ S e $51^{\circ} 1' 21''$ O.

Aquisição de dados

Os dados de evapotranspiração de referência, velocidade e direção dos ventos foram obtidos através da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, que é composta por 8 estações padronizadas em diferentes municípios, com uma área de abrangência da Rede de 16.130 km e cobertura de 60 municípios segundo [21].

Foram utilizadas as Estações Ilha Solteira, Marinópolis e Bonança, que estão em pontos estratégicos em relação ao trabalho desenvolvido. A Estação Ilha Solteira foi instalada no ano de 1991 e teve suas atividades iniciadas em 20 de agosto no mesmo ano, sendo a mais antiga da Rede, localizada à 337 m de altitude, Latitude de $20^{\circ} 25' 24,4''$ S e Longitude de $51^{\circ} 21' 13,1''$ O. Os dados analisados da Estação Ilha Solteira estão distantes da área estuda no município de Rubinéia 34 km e 43 km da área comercializada no município de Pereira Barreto, Figura 1. A Estação Marinópolis foi a segunda a ser instalada, 06 de agosto de 1998, com altitude de 370 m, Latitude de $20^{\circ} 26' 47,5''$ e Longitude $50^{\circ} 48' 26,1''$ O, estando localizada em uma região com alta concentração de viticultores que utilizam sistemas de irrigação, estando distante da área comercializada de Rubinéia 28 km e 35 km da áreas estudada em Pereira Barreto, Figura 1. E

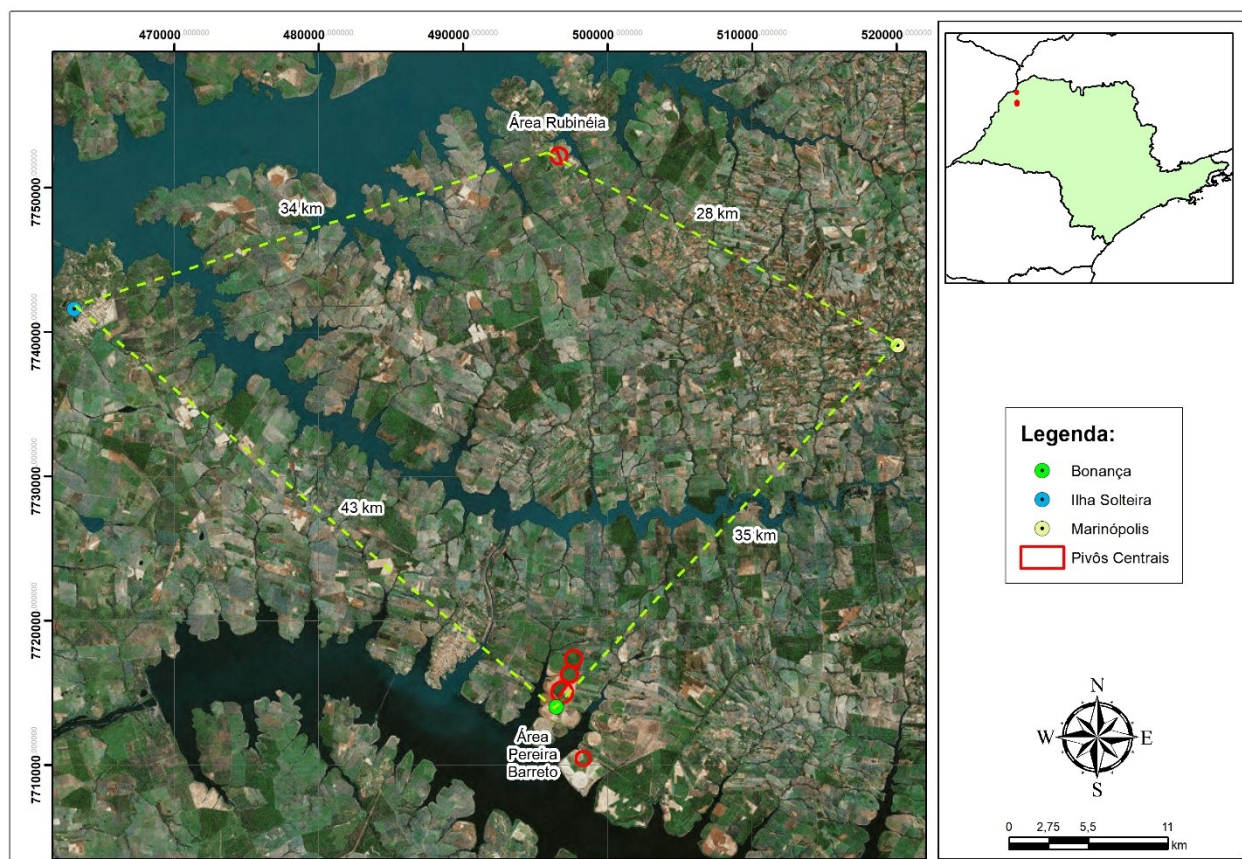


Figura 1: Localização das estações agrometeorológicas e áreas de estudo dos municípios de Rubinéia e Pereira Barreto.

em 09 de setembro de 2011 a Estação Bonança começou a operar na altitude de 357 m, Latitude de $20^{\circ} 40' 23,1''$ S e Longitude de $51^{\circ} 2' 2,1''$ O, na maior área irrigada do Noroeste Paulista, com mais de 2000 hectares irrigados. A estação Bonança se encontra dentro da área de estudo do município de Pereira Barreto, (Figura 1).

As Zonas Homogêneas de Evapotranspiração (ZH) foram propostas por Silva Junior [21] que utilizou se base histórica diária de ETo para definir 4 regiões de mesma ETo oferecendo valores diários médios mensais em cada zona, servindo de base para a realização do manejo da irrigação (Figura 2) sem que haja consulta diária e sistemática às estimativas de ETo presentes no Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira (<http://clima.feis.unesp.br>).

As necessidades hídricas da cultura do feijoeiro foram estimadas diariamente

utilizando-se a ETo fornecidos pela UNESP (2017), a ETo fornecida é calculada pela formula padrão Penman-Monteith conforme equação 1.

$$ET_o = \frac{-0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ETo = Evapotranspiração de referência (mm d^{-1})

Rn = Radiação neta na superfície do cultivo ($\text{MJ}^2 \text{m}^{-1} \text{d}^{-1}$)

Ra = Radiação extraterrestre (mm d^{-1})

G = Fluxo de calor no solo ($\text{MJ}^2 \text{m}^{-1} \text{d}^{-1}$)

T = Temperatura média do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)

U_2 = Velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1})

e_s = Pressão do vapor de saturação (kPa)

e_a = Pressão real do vapor (kPa)

$e_s - e_a$ = Déficit da pressão de vapor (kPa)

Δ = Pendente da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹)

γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹)

O coeficiente de cultivo (Kc) extraído da FAO 56 é representado por uma série de quatro segmentos lineares que mostram desde o desenvolvimento inicial, crescimento vegetativo, florescimento, maturação e maturidade fisiológica da cultura, conforme descrito na Figura 3, Allen et al. [2] afirmam que os valores de Kc devem ser usados sob condições climáticas padrão, como clima sub-úmido, umidade relativa mínima de 45% e velocidade média do vento de 2 m s⁻¹ e que variações na velocidade do vento podem alterar a resistência aerodinâmica e os coeficientes de cultura principalmente para as culturas altas. Eles também inferiram que sob altas velocidades do vento e baixa umidade relativa Kc tende a aumentar.

Nesse estudo o ciclo total de desenvolvimento variou de 95 a 100 dias. A partir dessas informações foi possível calcular a evapotranspiração da cultura (ETc), estimada pelo produto entre a ET_o e o Kc, conforme Equação 2.

$$ETc = ET_o \times Kc \quad (2)$$

Em que:

ETc = Evapotranspiração da cultura (mm d⁻¹)

ET_o = Evapotranspiração de referência (mm d⁻¹)

Kc = Coeficiente de cultura

A velocidade do vento e suas direções também foram estudadas para analisar seus efeitos no processo de ET_o, pois o vento está diretamente ligado a remoção do vapor d'água, em grande parte, com a dinâmica do vento, pois o ar acima da cultura vai se tornando gradativamente saturado com vapor d'água e se não há reposição de ar seco, a evapotranspiração da cultura decresce, como já estudado por Teixeira e Filho [23].

Nesse contexto, foram simulados três cenários diferentes para as sementeiras realizadas no município de Rubinéia e quatro cenários distintos para as sementeiras realizadas no município de Pereira Barreto, para assim saber a necessidade hídrica do feijoeiro utilizando as diferentes bases de dados de ET_o. Os dados das estações Ilha Solteira e Marinópolis e da ZH foram utilizados para as sementeiras realizadas em Rubinéia e para as sementeiras em Pereira Barreto foram os dados de ET_o da Estação Ilha Solteira, Marinópolis, Bonança e da ZH. Para auxiliar na definição dos melhores cenários simulado, foram observados os valores de direção do vento predominante (nomenclatura conforma a Figura 2) e a velocidade média durante o período estudado.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os valores de ETc calculados a partir dos dados de ET_o das diferentes estações e da ZH para cada ciclo produtivo do feijoeiro, nos municípios de Rubineia e Pereira Barreto. Para o sementeira na área comercial de Rubinéia na data 05/04, observou-se que os valores de ETc apresentaram diferença de 7,7 mm/safra quando utilizados dados de ET_o da Estação Ilha Solteira e Marinópolis, contudo para os dados de ZH 1, a diferença é crescente, sendo igual a 19,4 mm/safra em relação a Estação Marinópolis e de 11,8 mm/safra em relação a Estação Ilha Solteira. Essa diferença ocorreu por que a Estação Ilha Solteira está localizada 34 km da área de plantio estudo (Figura 1), enquanto que os dados das ZH é uma classificação do Noroeste Paulista proposta por Silva Junior [21] a partir de interpolação de valores históricos de ET_o, e a Estação Marinópolis se localiza 28 km da área de estudo em Rubinéia. Outro fator importante para a escolha da taxa de ET_o que represente o cenário estudado é o vento e sua direção, por ambas as estações estarem localizadas na mesma latitude e com altitudes próximas, não possuindo variáveis climáticas tão distintas.

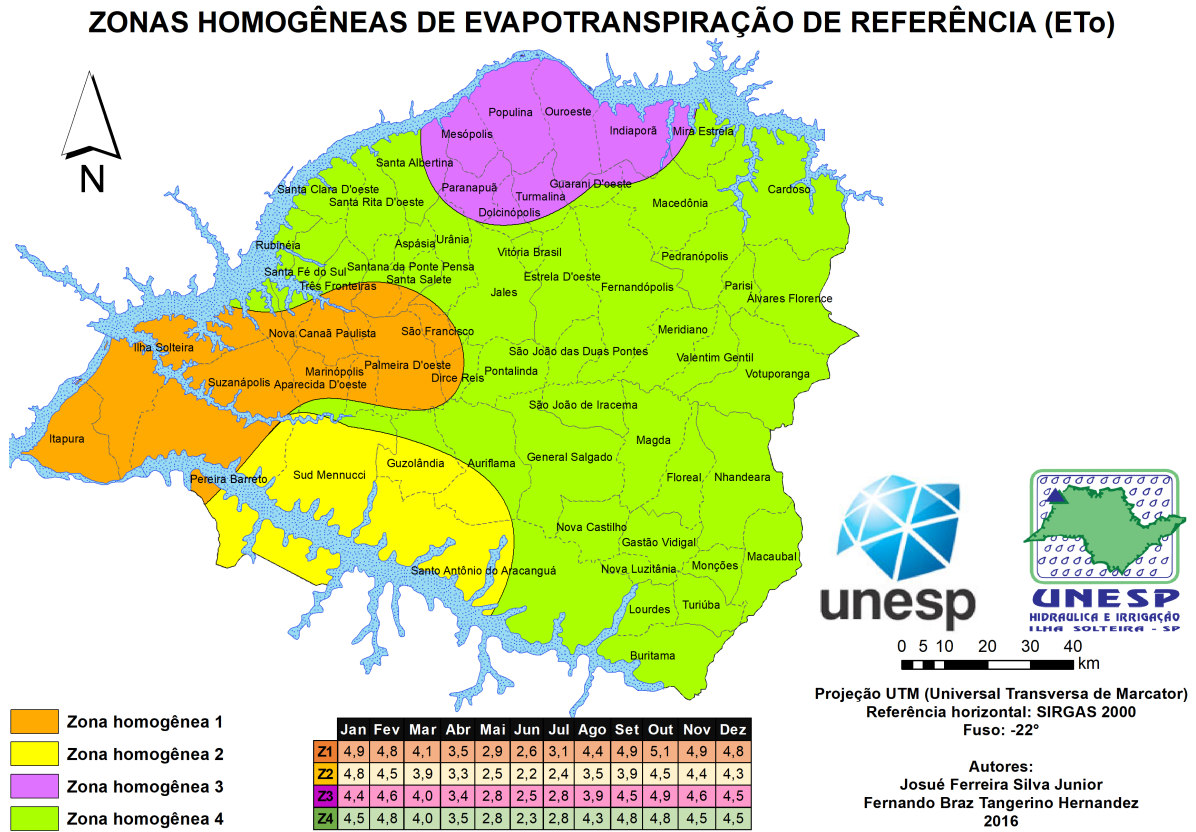


Figura 2: Mapa representativo das Zonas Homogêneas e valores estimados mensais da evapotranspiração, em mm d^{-1} , para cada diferente zona [21].

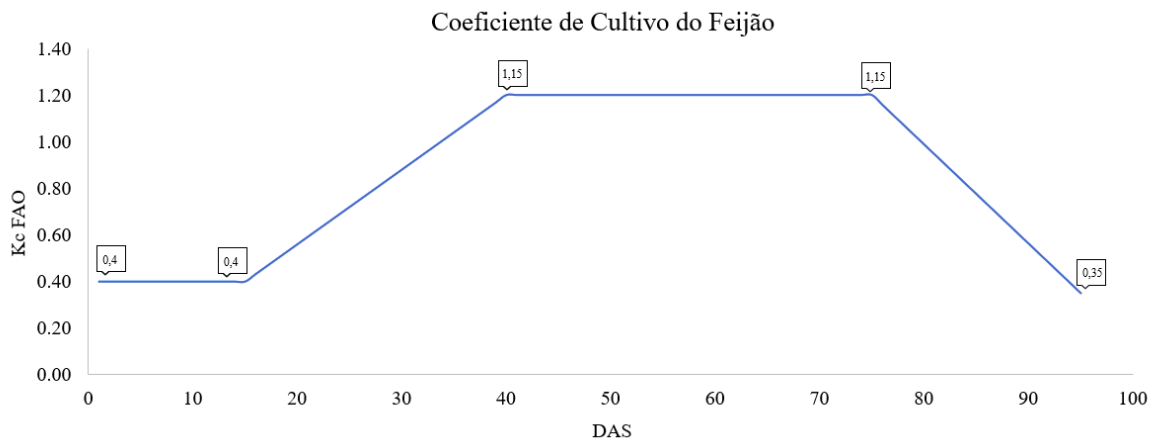


Figura 3: Curva do coeficiente de cultivo da cultura do feijão.

Assim, na data de semeadura 05/04, localizada no município de Rubinéia que fica à direita de um braço do Rio Paraná, notou-se que o vento predominante durante a safra na Estação Ilha Solteira foi de 123°, indicando que sua direção SE: (sudeste), tendendo para ESE: (lés-sudeste) (Figura 2),

com uma velocidade média de 1,1 m/s, classificados por Allen et al. [2], como fraco. Já, os dados de vento da estação Marinópolis para a mesma época de semeadura foram; direção do vento 116° indicando que sua predominância SE: (sudeste), tendendo para ESE: (lés-sudeste), evidenciando assim que

Tabela 1: Simulação da evapotranspiração da cultura do feijoeiro para diferentes safras na região Noroeste Paulista.

Saфра		ETc (mm/saфра)					
Semeadura	Colheita	Ilha Solteira	Marinópolis	Bonança	ZH	Municípios	
05/04/2017	08/07/2017	220,8	213,1	-	232,5	Rubinéia	
02/06/2017	04/09/2017	262,0	262,2	-	238,8	Rubinéia	
05/06/2017	07/09/2017	317,2	314,2	267,4	275,0	Pereira Barreto	
13/07/2017	20/10/2017	389,9	382,3	324,1	321,9	Pereira Barreto	
19/07/2017	26/10/2017	380,6	370,9	316,4	313,5	Pereira Barreto	
31/07/2017	02/11/2017	384,4	373,6	325,3	324,6	Pereira Barreto	
07/08/2017	11/11/2017	399,1	389,2	342,3	345,1	Pereira Barreto	

a massa de ar emergida do Rio Paraná, que poderia ser transportada pelo vento e levada até a área de semeadura, não causou influência nos dados de ETc, pois os mesmos sopraram do continente para o oriente.

Para Allen et al. [2], o aumento da velocidade do vento promove o aumento da evapotranspiração, sendo que pequenas variações na velocidade do vento podem dar lugar a significativas variações no processo evapotranspiratório.

Na semeadura 02/06, também realizada em Rubinéia, a ETc calculada a partir dos dados de Ilha Solteira foi de 262 mm/saфра (Tabela 1) e utilizando os dados da Estação Marinópolis foi de 262,2 mm/saфра, apresentando uma diferença de 0,2 mm durante toda a saфра, já a ETc baseada nos dados de ZH 2 o valor foi igual a 283,8 mm/saфра, sendo aproximadamente 22 mm acima dos valores de ETc obtidos a partir dos dados de Ilha Solteira e Marinópolis. Essa diferença está relacionada com a metodologia que os dados de ZH foram construídas, na metodologia de Silva Junior [21], que leva em conta uma série de dados climáticos de 2012 a 2015, para de zonas 4 de ETo para o Noroeste Paulista, conforme (Figura 2).

Analisando os dados de direção e velocidade dos ventos, que mostraram-se que para Estação Ilha Solteira foi de 111° (Tabela 2), sendo esse vento ESE (Figura 2), com uma velocidade de 1,4 m/s (Tabela 3), Marinópolis mesma velocidade do vento com direção de 107°, tais elementos causaram di-

ferença relevante nos dados de ETo e, conseqüentemente, de ETc.

Na Tabela 1, na semeadura 05/06 realizada em área comercial no município de Pereira Barreto, observa-se que empregando os dados das ZH 2 a demanda hídrica apresentou-se similar aos dados da estação Bonança, com uma diferença de apenas 8 mm/saфра, utilizando os dados de Ilha Solteira foram precisos 317,2 mm/saфра, já utilizando os dados de Marinópolis foram 314,2 mm/saфра. Quando comparados com a estação Bonança, que é mais próxima as áreas de semeadura, as taxas de ETc foram menores com valor igual a 267,4 mm/saфра, diferenciando em 49,8 mm/saфра, significando que o irrigante superestimaria em aproximadamente 15% a lâmina total para saфра utilizando dados das estações de Ilha Solteira e Marinópolis.

A semeadura em 05/06 que possui 75 hectares tendo capacidade de aplicação de lâmina de irrigação de 4,3 mm, utilizando 100% de sua velocidade, a economia de água chegará de 37.350 m³, mostrando a importância de buscar a melhor ETo e aplicação de água.

Utilizando os dados de ETo da Estação Ilha Solteira para o manejo da irrigação, ocorrerá um excesso de água no solo. Segundo Taiz e Zeiger [22], tanto o excesso, quanto o déficit de água no solo em diferentes fases fenológicas da cultura, causam redução na produtividade em diferentes proporções. Estudos realizados por Angelocci

Tabela 2: Direção do vento predominante durante as safras de feijão na região Noroeste Paulista.

Safrá		Direção do vento (graus)				Municípios
Semeadura	Colheita	Ilha Solteira	Marinópolis	Bonança		
05/04/2017	08/07/2017	123°	106°	-	Rubinéia	
02/06/2017	04/09/2017	111°	107°	-	Rubinéia	
05/06/2017	07/09/2017	110°	106°	140°	Pereira Barreto	
13/07/2017	20/10/2017	109°	97°	146°	Pereira Barreto	
19/07/2017	26/10/2017	109°	98°	147°	Pereira Barreto	
31/07/2017	02/11/2017	113°	105°	156°	Pereira Barreto	
07/08/2017	11/11/2017	111°	103°	156°	Pereira Barreto	

Tabela 3: Velocidade do vento média predominante durante as safras de feijão na região Noroeste Paulista.

Safrá		Velocidade média do vento (m s^{-1})				Municípios
Semeadura	Colheita	Ilha Solteira	Marinópolis	Bonança		
05/04/2017	08/07/2017	1,1	1,0	-	Rubinéia	
02/06/2017	04/09/2017	1,4	1,4	-	Rubinéia	
05/06/2017	07/09/2017	1,4	1,4	0,9	Pereira Barreto	
13/07/2017	20/10/2017	1,6	1,6	1,0	Pereira Barreto	
19/07/2017	26/10/2017	1,6	1,6	1,0	Pereira Barreto	
31/07/2017	02/11/2017	1,6	1,6	1,0	Pereira Barreto	
07/08/2017	11/11/2017	1,6	1,7	1,0	Pereira Barreto	

et al. [4], Marin et al. [11] e Nassif et al. [16], mostraram que há resposta da condutância foliar, à temperatura do ar, déficit de vapor de pressão e radiação solar, tendo uma relação quadrática em que a condutância foliar diminui quando a atmosfera exige altas taxas de evapotranspiração.

Ainda para a semeadura em 05/06, notou-se que uma diferença expressiva entre a ETc possui um fator, o vento. Devido ao pivô central estar localizado à margem direita do Rio Tietê, o vento transporta a massa de ar contendo água proveniente da evaporação do rio para a direção onde está localizado o pivô. Na Tabela 2 e 3 é possível observar que a velocidade do vento é $0,9 \text{ m s}^{-1}$ e sua direção predominante na estação Bonança de 140° , (Figura 2). Enquanto os dados de vento da Estação Ilha Solteira sopram na direção ESE com 110° e a uma velocidade média $1,4 \text{ m s}^{-1}$, em Marinópolis a direção do vento é de 106° (Fi-

gura 2), com velocidade de $1,4 \text{ m s}^{-1}$. Desta forma, o vento é um elemento do clima que influencia diretamente o microclima de uma área ou região, mostrando tanto aspectos positivos quanto negativos ao crescimento de culturas. Para Pereira et al. [18], os ventos que ocorrem de maneira excessiva e contínua podem causar um grande problema para o desenvolvimento de atividades agrícolas, sendo necessário dispor de alternativas, como os quebra ventos, para proteger as culturas.

Para a semeadura em 13/07 a demanda hídrica do feijão é menor quando utilizados os dados de ETo da Estação Bonança, $324,1 \text{ mm/safra}$ (Tabela 1), apresentando diferença de $65,8 \text{ mm/safra}$ com relação aos dados da Estação Ilha Solteira. Para essa semeadura se o Irrigante utilizar os dados de ETo da Estação Ilha Solteira para realizar o manejo da irrigação, aplicaria 53.134 m^3 de água a mais durante uma única sa-

fra. Quando comparado com os dados da Estação Marinópolis a diferença de encontrada foi de 58,2 mm/safra, porém quando inseridos os dados da ZH 2 a demanda hídrica é inferior à ETc adquirida a partir dos dados da Estação Bonança, podendo assim acarretar em deficiência hídrica em alguma fase do ciclo da cultura. O que Miorini et al. [13], relatou em seu estudo que a disponibilidade de água no solo é um dos principais fatores limitantes para o crescimento e produção do feijoeiro, pois o desenvolvimento da cultura é afetado pela quantidade de água disponível no solo, assim, o déficit ou excesso de água, nas diferentes fases fenológicas de desenvolvimento da cultura do feijão, causam redução na produtividade em diferentes proporções.

Para a época de semeadura realizada em 13/07, a demanda hídrica calculada com os dados da estação Ilha Solteira foi de 389,9 mm/safra (Tabela 1), já com a utilização dos dados de Marinópolis a ETc foi de 370,9 mm/safra; 9,7 mm inferior, quando comparadas à Ilha Solteira. As informações de ETc com os dados de entrada da estação Bonança foi de 316,4 mm/safra, sendo 2,9 mm superior as da ZH 2, que foi de 313,5 mm/safra. A metodologia utilizada por Silva Junior [21], para a elaboração das ZH, ele utilizou os dados da estação Bonança, assim conseguindo representar bem próximo da realidade a ETo do que realmente acontece na ZH 2.

Ainda para a semeadura em 13/07, quando analisado as ETc juntamente com os dados de velocidade e direção do vento, justificam-se valores de evapotranspiração tão distintas entre estações agrometeorológicas, mesmo próximas e com altitude semelhante. Marin et al. [10] constataram que em condições de alta energia disponível, velocidade do vento e déficit de vapor de pressão, normalmente são encontradas taxas de ETo superiores 4,0 mm/dia. Além da intensidade do vento, deve-se ter atenção também à sua direção predominante durante a época de seme-

adura. A localização de proteções vegetais (quebra-vento), tão úteis nas atividades agropecuárias, depende principalmente do conhecimento das direções predominantes do vento [15]. Com isso, Mendonça [12], relata que estudos mais aprofundados da estimativa da ETo é de extrema importância na agricultura, pois a adaptação ideal do uso da água na irrigação de acordo às necessidades hídricas está implicitamente ligada com o conhecimento da ETc.

Analisando as Tabelas 1, 2 e 3, juntamente, na época de semeadura 31/07, a diferença da ETc da Estação Bonança para a Estação Ilha Solteira é de 59,1 mm/safra, que também pode ser atribuída a direção do vento, sendo o vento predominante na estação Bonança 156° (Figura 2), indicando que a água evaporada na superfície do Rio Tietê e levada para a área que está localizado o pivô com semeadura em 31/07. Com a lâmina de projeto de 3,6 mm e o pivô central ligado a 100% de velocidade, o Irrigante utilizando os dados de Ilha Solteira precisaria acionar seu equipamento 16 vezes mais, aumentando assim seu custo de produção.

O vento é uma variável meteorológica relevante no processo de evaporação da água, pois transporta calor e massa via fluxos turbulentos tanto na horizontal quanto na vertical [2], com isso esse movimento de massas e fluxo de calor influencia diretamente na ETc, se os ventos transportarem grandes massas de vapor de água [17], como demonstrado no semeadura realizado em 07/08, onde o vento transporta a massa de ar como vapor de água do Rio Tietê para a direção do pivô, como pode ser observado analisando os dados da Tabela 2 e 3. A ETc foi de 342,3 mm/safra (Tabela 1) a partir de dados da estação Bonança, quando confrontados com os dados obtidos com base na Estação Ilha Solteira a diferença foi de 56,8 mm/safra, indicando superestimava da ETc, que ao usar esses dados levaria o Irrigante a aplicar 56.800 m³, precisando ligar seu sistema de irrigação 15 vezes a mais, gerando depreciação do equi-

pamento, aumento no custo de produção e irrigação, ainda o excesso de água poderia acarretar em problemas filotécnicos. Assim, a implantação da Estação Bonança, que encontra-se na maior área irrigada do Noroeste Paulista foi de fundamental importância na disponibilização de dados mais precisos para realização de manejo de irrigação, demonstrando que a utilização de dados de outras estações pode levar à estimativas inadequadas da demanda hídrica das culturas, podendo comprometer a produtividade e a rentabilidade da atividade nas diferentes safras.

Conclusions

Nas sementeiras de feijão de outono/inverno em Rubinéia, o Irrigante possui a opção de utilizar dados das Estações Ilha Solteira e Marinópolis, fato que as ETo são semelhantes.

Para sementeiras na região sul do município de Pereira Barreto, às margens do Rio Tietê, na ausência dos dados locais de ETo, recomenda-se o uso das ZH 2 ao invés das opções Ilha Solteira e Marinópolis.

Se houver Irrigantes na margem esquerda do Rio Paraná recomenda-se ficarem atentos na direção dos ventos, pois em algumas épocas do ano os ventos podem soprar das águas do rio para o continente alterando o padrão da ETo diária.

Recomenda se realizar outros estudos, sobre ETo e direção dos ventos, no Noroeste Paulista, para uma escolha precisa de ETo que melhor represente a ETc das áreas cultivadas, para minimizar os o consumo e água e acionamento demasiado dos sistemas de irrigação.

Agradecimentos

Apoio financeiro da FAPESP Processo 2.009/52.467-4

References

[1] AGEITEC. *Árvore de conhecimento do feijão*. 2018.

- [2] R. Allen, L. S. Pereira, D. Raes e M. Smith. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO Irrigation e Drainage, 1998, p. 15.
- [3] E. C. Amendola. *Evolução da agricultura irrigada por pivô central no noroeste paulista*. Ilha Solteira, 2016.
- [4] Luiz Roberto Angelocci, Fábio Ricardo Marin, Ricardo Ferraz de Oliveira e Evandro Zanini Righi. "Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmospheric water demand relationship in an irrigated acid lime orchard". Em: *Brazilian Journal of Plant Physiology* 16.1 (2004), pp. 53–64. DOI: 10.1590/S1677-04202004000100008.
- [5] CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira: grãos*. 2017.
- [6] J. Doorenbos e A. H. Kassam. *Efeito da água no rendimento das culturas*. FAO Irrigation e Drainage, 1994, p. 306.
- [7] FAO. *FAOSTAT*. 2018.
- [8] Margarida Garcia de Figueiredo, José Antônio Frizzone, Mariusa Momenti Pitelli e Roberto Rezende. "Lâmina ótima de irrigação do feijoeiro, com restrição de água, em função do nível de aversão ao risco do produtor". Em: *Acta Scientiarum. Agronomy* 30.1 (2008), pp. 81–87. DOI: 10.4025/actasciagron.v30i1.1135.
- [9] José Antônio Frizzone. "Otimização do uso da água na agricultura irrigada: perspectivas e desafios". Em: *Engenharia Rural* 15 (2004), pp. 37–56.
- [10] Fábio Ricardo Marin, Luiz Roberto Angelocci, Daniel Silveira Pinto Nassif, Leandro G. Costa, Murilo S. Vianna e Kassio S. Carvalho. "Crop coefficient changes with reference evapotranspiration for highly canopy-atmosphere coupled crops".

- Em: *Agricultural Water Management* 163 (2016), pp. 139–145. DOI: 10.1016/j.agwat.2015.09.010.
- [11] Fábio Ricardo Marin, Luiz Roberto Angelocci, Evandro Zanini Righi e Paulo César Sentelhas. “Evapotranspiration and irrigation requirements of a coffee plantation in Southern Brazil”. Em: *Experimental Agriculture* 41.2 (2005), pp. 187–197. DOI: 10.1017/S0014479704002480.
- [12] E. A. Mendonça. “Estimativa da Evapotranspiração de Referência no Município de Capim – PB”. M.Sc. UFPB, 2008, p. 114.
- [13] Thomas José Justo Miorini, João Carlos Cury Saad e Marcela Leite Mene-gale. “Supressão de água em diferentes fases fenológicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)” Em: *IRRIGA* 16.4 (2011), p. 360. DOI: 10.15809/irriga.2011v16n4p360.
- [14] J. A. A. Moreira, J. A. Azevedo, L. F. Stone e T. J. Caixeta. “Irrigação”. Em: *Cultura do feijoeiro - fatores que afetam a produtividade*. Ed. por M. J. O. Zimmerman, M. Rocha e T. Yamada. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1988, pp. 317–340.
- [15] Fabrício César Munhoz e Anice Garcia. “Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava-SP”. Em: *Revista Brasileira de Meteorologia* 23.1 (2008), pp. 30–34. DOI: 10.1590/S0102-77862008000100003.
- [16] Daniel Silveira Pinto Nassif, Fábio Ricardo Marin e Leandro G. Costa. “Evapotranspiration and Transpiration Coupling to the Atmosphere of Sugarcane in Southern Brazil: Scaling Up from Leaf to Field”. Em: *Sugar Tech* 16.3 (2014), pp. 250–254. DOI: 10.1007/s12355-013-0267-0.
- [17] A.S. Oliveira, F. A. C. Pereira, G. X. S. Oliveira e V. P. Borges. “Evaporação da água de reservatórios: Medição e estimativa por métodos meteorológicos”. Em: *Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações*. INSA, 2012, pp. 44–73.
- [18] A. R. Pereira, Luiz Roberto Angelocci e Paulo César Sentelhas. *Meteorologia Agrícola*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz-USP, 2007, p. 125.
- [19] J. R. Portugal, A. R. Peres e R. A. F. Rodrigues. “Aspectos climáticos do feijoeiro”. Em: *Aspectos gerais da cultura do feijão*. Ed. por Orivaldo Arf, L. B. Lemos, R. P. Soratto e S. Ferrari. Botucatu: FEPAF, 2015, pp. 65–75.
- [20] Cláudio Ricardo da Silva, José Alves Júnior, Tonny José Araújo da Silva, Marcos Vinícius Folegatti e Luis Fernando de Souza Magno Campeche. “Variação sazonal na evapotranspiração de plantas jovens de lima ácida ‘Tahiti’”. Em: *IRRIGA* 11.1 (2006), pp. 26–35. DOI: 10.15809/irriga.2006v11n1p26-35.
- [21] J. F. Silva Junior. “Evapotranspiração de referência como base para o manejo sustentável da irrigação no Noroeste Paulista”. Ph.D. UNESP, 2017, p. 81.
- [22] L. Taiz e E. Zeiger. *Fisiologia Vegetal*. 3^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 719.
- [23] A. H. C. Teixeira e J. M. P. L. Filho. *Cultivo da mangueira*. 2004.