

COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE – KY DO FEIJÃO CARIOCA (*Phaseolus vulgaris* L. TAA DAMA.) PARA O MUNICÍPIO DE BOTUCATU-SP***RAFAELA MAGALHÃES DOS SANTOS¹; RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN²; HELIO GRASSI FILHO³; VICENTE MOTA DA SILVA⁴; ANDERSON DE JESUS PEREIRA⁵**

* Esta nota científica é parte da dissertação intitulada: Resposta produtiva do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L. TAA DAMA.) sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas.

¹ Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, nº 3780 – CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu, SP, Brasil, E-mail: agronomia.magalhaes@gmail.com

² Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, nº 3780 – CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu, SP, Brasil, E-mail: rodrigo.roman@unesp.br

³ Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, nº 3780 – CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu, SP, Brasil, E-mail: helio.grassi@unesp.br

⁴ Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, nº 3780 – CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu, SP, Brasil, E-mail: vicente.silver@gmail.com

⁵ Departamento de Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, nº 3780 – CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu, SP, Brasil, E-mail: agroandersonn@gmail.com

1 RESUMO

A irrigação apresenta-se como ferramenta fundamental para a segurança hídrica no campo. Estudos sobre o uso racional da água na irrigação são importantes, devido a economia de água e energia. Nesse sentido, a determinação dos coeficientes de resposta hídrica (Ky) surge como alternativa para realizar o manejo da irrigação. O objetivo deste trabalho foi determinar os valores de Ky em diferentes fases fenológicas do feijão carioca cultivar TAA DAMA. Foi instalado um experimento em casa de vegetação, onde adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, constituído por 4 tratamentos e 12 repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos: T1: controle (não houve déficit hídrico); T2: estágio vegetativo; T3: estágio de floração e T4: estágio de enchimento de grão. Foram analisados a produtividade dos tratamentos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey a 5% de probabilidade. Foi possível concluir que a fase de enchimento de grão, aos 82 (DAP), obteve a maior perda de produtividade da cultura, com um decréscimo de 52,2% de produtividade em relação ao controle. Assim os valores de Ky nas fases vegetativa, floração e enchimento de grãos foram 1,37, 1,69 e 1,85 respectivamente.

Palavras-chave: coeficiente de resposta hídrica (Ky), evapotranspiração, tensiometria, Hargreaves Samani.

MAGALHÃES, R. S.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M; GRASSI FILHO, H.; SILVA, V. M.; PEREIRA, A. J.
PRODUCTIVITY COEFFICIENT – KY OF CARIOCA BEAN (*Phaseolus vulgaris* L. TAA DAMA.) FOR THE MUNICIPALITY OF BOTUCATU-SP

2 ABSTRACT

The irrigation presents itself as a fundamental tool for water security in agriculture. Studies on the rational irrigation water use are of importance for a good productivity, while at the same time ensuring water and power costs. In this sense, a determination of water response coefficients (K_y) appears as an alternative to carry out irrigation management. The objective of this work was to determine the K_y values for different bean phenological phases. An experiment was installed in a greenhouse, the experimental design was in a completely randomized design, consisting of 4 treatments and 12 repetitions. The treatments were application of water deficit, a different phenological stages: T1: control (there was no water up to deficit at any time); T2: vegetative stage; T3: flowering stage; T4: grain filling stage. It was measured the productivity. The collected data had an analysis of variation and Tukey test at 5% probability. It was possible to conclude that the grain filling stage, at 82 days after sowing, was the phase that obtained the greatest loss of productivity, resulting in a 52.2% decrease in productivity compared to the control. Thus, K_y values in the vegetative, flowering and grain filling stages were 1.37, 1.69 and 1.85 respectively.

Keywords: water response coefficient (K_y), evapotranspiration, tensiometer, Hargreaves Samani.

3 INTRODUÇÃO

A produtividade de uma cultura está diretamente ligada com três principais fatores que interagem entre si, são eles o solo, a planta e a atmosfera. A relação de tais fatores resulta na produção da cultura, que é influenciada pelas condições ambientais do local de cultivo, tal interação denomina-se fator de resposta hídrica ou coeficiente de produtividade (K_y) (SILVA et al., 2009).

Em decorrência da ampla variação das condições ambientais, a desuniformidade na distribuição das chuvas acarreta fortemente o abastecimento de água nos solos agricultáveis, sendo assim, a irrigação apresenta-se como ferramenta fundamental para a segurança hídrica no campo, considerando que somente as águas pluviais não são suficientes para suprir a demanda hídrica das culturas.

Tendo a irrigação um importante papel na agricultura, é necessário ressaltar que seu manejo deve ser realizado de forma adequada, atendendo a evapotranspiração da cultura, não devendo ocorrer irrigação em excesso, causando impactos negativos como o desperdício de água, salinização, compactação, erosão do solo e consumo elevado de energia (PITOL LUCAS et al., 2015), como também não deve ocorrer irrigação em deficiência, implicando nos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas, acarretando em problemas como perda de turgência, murcha, queima das plantas, favorecimentos da entrada de patógenos e conseqüentemente perdas expressivas de produtividade (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Segundo Silva et al. (2012) as plantas são capazes de expressar o seu maior potencial produtivo quando não sofrem

estresse hídrico em nenhum momento, ou seja, quando a evapotranspiração real (ET_r) é igual a evapotranspiração máxima (ET_m). Porém, caso a oferta hídrica seja menor do que a demanda evapotranspirativa da planta, ocorrerá déficit hídrico e assim o rendimento da planta será menor, em função da quantidade de água que foi ofertada. A produtividade de uma cultura diminui à medida que a severidade do déficit hídrico aumenta, e é fortemente influenciada em decorrência da fase fenológica em que ocorrer o estresse hídrico (ALMEIDA, 2016).

Com a finalidade de relacionar a produtividade com a quantidade de água que é ofertada para determinada cultura durante seu ciclo, Doorenbos e Kassam (1979) propuseram o coeficiente de resposta de rendimento hídrico – K_y, através de uma equação na qual a redução do rendimento relativo está vinculada a uma redução relativa da evapotranspiração.

$$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_r}{ET_m}\right) \quad (1)$$

Onde K_y: coeficiente de resposta de rendimento hídrico; Y_r: o rendimento real (kg ha⁻¹); Y_m: o rendimento máximo ou potencial (kg ha⁻¹); ET_r: evapotranspiração real da cultura (mm) e a ET_m: evapotranspiração máxima da cultura (mm).

Assim para avaliar a queda ou o aumento da produtividade em função da oferta de água para determinada cultura, utiliza-se o coeficiente K_y, predizendo a produtividade em função do déficit hídrico das plantas. Nas fases fenológicas da cultura onde K_y < 1,0, identifica-se que nessas fases a planta apresenta maior tolerância ao estresse hídrico, impactando em reduções de produtividade proporcionalmente menores com o uso reduzido da água, possibilitando a otimização dos custos oriundos da irrigação. Nas fases em que K_y > 1,0, identifica maior sensibilidade ao estresse hídrico, impactando em reduções de

produtividade proporcionalmente maiores com o uso reduzido da água, sinalizado a necessidade da irrigação em quantidades satisfatórias que atenda a evapotranspiração da cultura. Quando K_y = 1 representa que a redução do rendimento é diretamente proporcional à redução do uso de água.

Neste contexto, é possível realizar o planejamento do uso da água nas lavouras, gerenciando os momentos de aplicação de maiores ou menores lâminas de irrigação, de acordo com os valores de K_y em cada fase da cultura, efetivando a otimização dos custos no campo e conseqüentemente promovendo maiores lucros ao produtor. Por conseguinte, realizou-se este estudo, cujo objetivo foi determinar o fator de resposta hídrica da produção (K_y), para a cultura do feijão carioca cultivar TAA DAMA, no município de Botucatu, SP, da qual não existem referências na literatura técnica ou científica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP/Câmpus de Botucatu, Estado de São Paulo, em casa de vegetação. Foram utilizados vasos de amianto com capacidade de 50 L, o solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura franca.

Para a realização desse experimento, foram utilizadas sementes de Feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar TAA DAMA, tratadas com inseticida Cruiser 350 FS e o fungicida Vitavax Thiram 200 SC.

A irrigação foi efetuada por um sistema de gotejamento, com botões gotejadores com vazão de 4,0 L h⁻¹. Os teores de água no solo foram determinados com tensiômetros instalados nas profundidades de 15 cm, considerando-se o valor médio destas para fins de cálculo das lâminas de irrigação. As curvas de retenção

de água no solo foram determinadas para as mesmas profundidades, conforme metodologia citada pela Embrapa (2007).

Na distribuição dos tratamentos, adotou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e doze repetições. O tratamento 1 foi irrigado mantendo o solo em capacidade de campo durante todo o ciclo da cultura. A irrigação era realizada quando a leitura da tensão do solo atingia o valor de 26 kPa (35% da CAD), sendo irrigado pelo tempo determinado de acordo com o sistema de irrigação utilizado até que a tensão voltasse a estar em 6 kPa (capacidade de campo) com umidade de $0,211 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, sendo este a testemunha. Os demais tratamentos sofreram déficit hídrico em apenas uma fase de desenvolvimento sendo:

vegetativa, floração e enchimento de grãos. Nos momentos de aplicação do déficit hídrico, os tratamentos não foram irrigados até a tensão de água no solo atingir 70 kPa, compreendendo a umidade de $0,104 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Os tratamentos foram delineados da seguinte forma: T1: Testemunha (não sofreu déficit hídrico em nenhum momento); T2: sofreu déficit hídrico apenas na fase vegetativa (Figura 1); T3: sofreu déficit hídrico apenas na fase de floração (Figura 2); T4: sofreu déficit hídrico apenas na fase de enchimento de grão (Figura 3).

Os tratamentos foram iniciados aos 35 DAP (dias após plantio), antes deste período todos os tratamentos foram irrigados igualmente, sendo mantidos em capacidade de campo.

Figura 1. Estresse hídrico na fase vegetativa



Fonte: SANTOS, R.M. (2021).

Figura 2. Estresse hídrico na fase de floração

Fonte: Santos (2021).

Figura 3. Estresse hídrico na fase de enchimento de grão

Fonte: Santos (2021).

Aos 90 DAP foi realizado a análise de produtividade, contabilizando as vagens por planta, e a quantidade de grãos por vagem e seus respectivos pesos quando estes atingiram a umidade de 15%.

Para a obtenção dos valores de E_{Tr} e E_{Tm} , que constituem a equação de K_y ,

$$E_{To} = 0,0023 * Ra (T_{méd} + 17,8) * (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} \quad (2)$$

Em que R_a : radiação no topo da atmosfera, em $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$ (valor tabelado

primeiramente é necessário estimar-se os valores de E_{To} (evapotranspiração de referência) e E_{Tc} (evapotranspiração da cultura).

Para a estimativa de E_{To} , foi utilizado o modelo proposto por Hargreaves e Samani (1985) conforme equação a seguir:

conforme latitude do local e dia do ano); $T_{máx}$, $T_{mín}$ e $T_{méd}$ são as temperaturas

máxima, mínima e média do ar em °C, respectivamente.

A equação de Hargreaves Samani foi inicialmente proposta para ser utilizada em regiões de climas árido e semi-árido (ADEBOYE et al., 2009; SENTELHAS, GILLESPIE; SANTOS, 2010; SUBBURAYAN; MURUGAPPAN; MOHAN, 2011), assim Bernardo, Soares e Mantovani (2006) apontam possíveis valores de ETo superestimados sob climas úmidos e valores subestimados para condições de alta velocidade do vento. O clima de Botucatu apresenta-se como Cwa, mesotérmico (subtropical e temperado) com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos (ROSSI et al., 2018). Contudo Shahidian et al. (2011) estudando a utilização da equação de Hargreaves e Samani (1985) para o

cálculo da ETo em estufas, concluíram que tal equação resulta em estimativas de ETo satisfatórias quando utilizada no interior de casa de vegetação, uma vez que a velocidade do vento em estufas é negligenciável.

Para estimar a ETc, utilizou-se a equação:

$$ETc = ETo * Kc \quad (3)$$

Em que ETc: evapotranspiração da cultura; ETo: evapotranspiração de referência e Kc é o coeficiente de cultivo.

Os valores de Kc utilizados foram os valores propostos por Doorenbos e Kassam (1979) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores do coeficiente de cultura (Kc)

| Fase | Estágio de desenvolvimento | Duração (dias) | DAP | Kc | Fase |
|------|----------------------------|----------------|---------|------|---------|
| 1 | Desenvolvimento inicial | 35 | 1 - 35 | 0,4 | V0 - V3 |
| 2 | Vegetativa | 15 | 35 - 50 | 0,65 | V3 - V4 |
| 3 | Floração | 13 | 50 - 63 | 1,05 | R5 - R6 |
| 4 | Enchimento de grão | 24 | 63 - 87 | 0,9 | R7 - R8 |
| 5 | Maturação | 3 | 87-90 | 0,85 | R9 |

DAP: Dias após o plantio; Kc: coeficiente de cultivo.

Fonte: SANTOS, R.M. (2021).

A estimativa da ETr foi realizada conforme equação a seguir:

$$ETr = ETc * Ks \quad (4)$$

Em que ETr: evapotranspiração real; ETc: evapotranspiração da cultura e Ks: efeito do déficit hídrico no solo obtido através dos dados de tensiometria.

Para o cálculo de Yr foram obtidos os valores de produtividade dos tratamentos que sofreram estresse hídrico em uma fase fenológica, sendo T2, T3 e T4.

O valor de rendimento máximo (Ym) foi obtido de acordo com a produtividade

obtida no tratamento 1 (testemunha), que o solo permaneceu em capacidade de campo durante todo o ciclo da cultura, conforme metodologia proposta pela Embrapa (2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo evidencia as altas produtividades que é possível alcançar, gerenciando o uso da água na irrigação, onde a maior produtividade alcançada foi no tratamento 1 (testemunha) com 4983,2 kg ha⁻¹ (Tabela 2), sendo 73,89% superior à produtividade média do país na safra de 2020/21.

De acordo com a ANA (2021), o uso de diferentes tipos de sistemas de irrigação vem aumentando cada vez mais, onde o crescimento médio anual alcançou 216 mil hectares em 2019, sendo 66% maior que no ano de 2011. Neste sentido, nota-se a expressiva expansão do uso da irrigação nas lavouras e a necessidade de gerenciamento destas, tendo em vista que a produtividade média do feijão no Brasil continua sendo baixa, mesmo com o aumento do uso da irrigação no país.

Neste sentido os coeficientes K_y , adentram a questões de gerenciamento das águas nas fases fenológicas do feijão carioca para o alcance de maiores produtividades.

Na fase vegetativa, Steduto et al. (2012) aponta que o valor do coeficiente K_y pode variar de 0,38 a 0,56, no presente

estudo, o valor de K_y nesta fase foi 1,37 (Tabela 2). Esta diferença no valor pode ter sido influenciada pela adaptação da cultura às condições ambientais locais e pela cultivar TAA DAMA utilizada. No tratamento T2, houve redução de produtividade de 30,2%. Assim destaca-se o alto nível de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico na fase vegetativa. Desta forma, caso a cultura seja irrigada nas fases subsequentes, em níveis onde E_{Tr} atinja os valores de E_{Tc} , ou fique próximos a estes, a cultura consegue se estabelecer fisiologicamente, porém tal déficit comprometerá a produtividade final.

Em todo o caso, a obtenção de 3479,8 $kg\ ha^{-1}$ (Tratamento 2) é 62,6% maior que a média de produtividade obtida na safra de 2020/21.

Tabela 2. Valores do coeficiente K_y

| Tratamento | E_{Tr} (mm/dia) | E_{Tm} (mm/dia) | $(1-E_{Tr}/E_{Tm})$ | Y_r ($kg\ ha^{-1}$) | Y_m ($kg\ ha^{-1}$) | $(1-Y_r/Y_m)$ | K_y |
|------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|-------|
| 1 | 326,1 | 415,35 | 0,215 | 4983,2 | 4983,2 | 0,000 | 0,00 |
| 2 | 323,9 | 415,35 | 0,220 | 3479,8 | 4983,2 | 0,302 | 1,37 |
| 3 | 323,8 | 415,35 | 0,220 | 3125,4 | 4983,2 | 0,373 | 1,69 |
| 4 | 298,45 | 415,35 | 0,281 | 2384,4 | 4983,2 | 0,522 | 1,85 |

* Valores médios da evapotranspiração máxima (E_{Tm} , mm), evapotranspiração real (E_{Tr} , mm), do déficit de evapotranspiração relativa $[(1 - E_{Tr}/E_{Tm})]$, mm), da produtividade real (Y_r , $kg\ ha^{-1}$), produtividade máxima (Y_m , $kg\ ha^{-1}$) e queda do rendimento relativo $[(1 - Y_r/Y_m)]$, ha^{-1}) em diferentes fases do feijão carioca analisados em Botucatu-SP.

Fonte: SANTOS, R.M. (2021).

Na fase de floração da cultura, o valor de K_y que consta no documento da FAO 66 varia de 1,35 a 1,75 (STEDUTO et al., 2012). Na presente pesquisa o valor obtido foi de 1,69 (Tabela 2), condizendo com o valor proposto pela FAO 66, representando um alto nível de sensibilidade da cultura ao estresse hídrico nesta fase, acarretando na diminuição de 37,3 % da produtividade final.

Na fase de enchimento de grão, o valor de K_y proposto pela FAO 66 varia de 0,87 a 1,44 (STEDUTO et al., 2012). Na presente pesquisa foi obtido o valor de 1,85

(Tabela 2), acarretando na diminuição de 52,2% na produtividade, classificando esta fase como altamente sensível ao déficit hídrico. Tal variação pode ter ocorrido devido ao material genético da cultivar TAA DAMA, apresentando a característica de alta sensibilidade ao estresse hídrico nesta fase.

Em sua pesquisa com deficiência hídrica em diferentes fases do feijão caupi, Bezerra et al. (2003) concluíram que a fase de enchimento de grão foi a fase que mais sofreu com o déficit hídrico, obtendo a menor produtividade, corroborando com os resultados da presente pesquisa, onde o valor

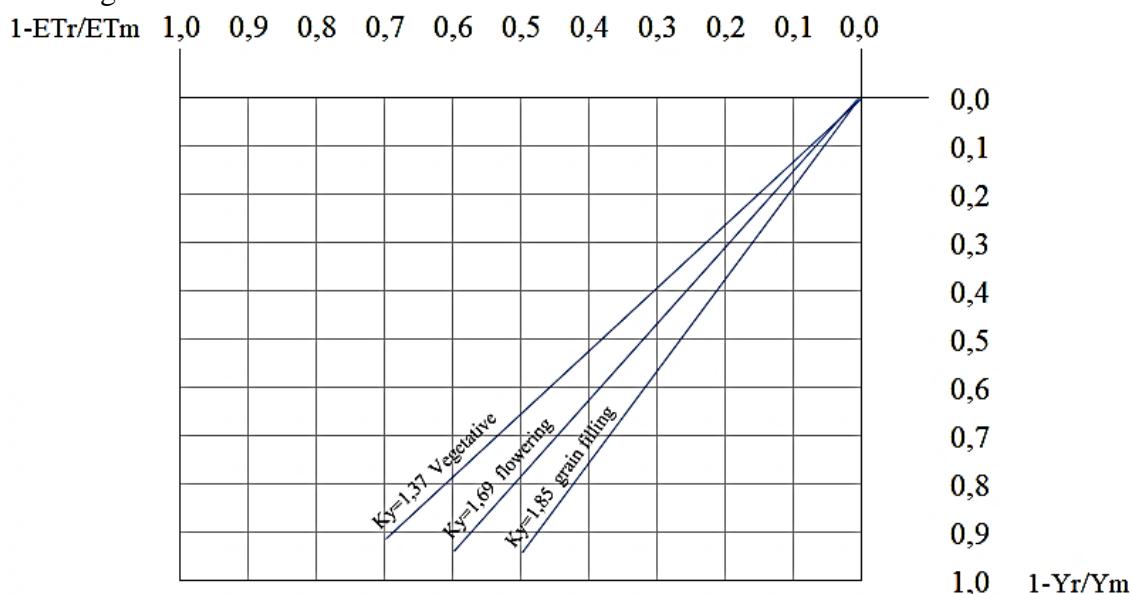
de K_y foi 1,85. Assim, o valor de K_y condiz com a baixa produtividade obtida no tratamento 4 (Tabela 2).

Os valores de K_y foram determinados a partir de relações lineares, devido o rendimento relativo (Y_r/Y_m) ser relacionado linearmente com a evapotranspiração relativa (E_{Tr}/E_{Tm}), ou seja, quando ocorre alterações com a

variável independente, consequentemente irá alterar a variável dependente.

Na Figura 4 nota-se as diferenças nos valores de K_y , quanto mais íngreme o declive da função linear, maior é o valor de K_y , e maior é a redução do rendimento numa dada redução na evapotranspiração decorrentes do déficit hídrico aplicado no período específico.

Figura 4. Funções lineares de produção de água para feijão carioca cultivar TAA DAMA com déficits hídricos ocorrendo durante o período vegetativo, floração e enchimento de grão



Fonte: SANTOS, R.M. (2021).

Tendo em vista que não há pesquisas definindo o valor de K_y para a cultivar TAA DAMA, o presente artigo é a primeira fonte bibliográfica disponível para os produtores da região de Botucatu-SP.

6 CONCLUSÃO

A produtividade do feijão carioca cultivar TAA DAMA cultivado em Botucatu, é fortemente relacionada com a disponibilidade de água ofertada durante o ciclo. Os valores de K_y foram todos superiores a 1,0, variando na seguinte ordem decrescente: enchimento de grão (1,85), floração (1,69) e vegetativo (1,37). **A fase que apresentou maior sensibilidade ao**

déficit hídrico foi no enchimento de grãos acarretando na diminuição de 52,2% da produtividade. Devido a sensibilidade ao estresse hídrico da cultura do feijão carioca cultivar TAA DAMA, a irrigação suplementar para a região de Botucatu-SP é recomendada em todas as fases fenológicas da cultura.

7 REFERÊNCIAS

ADEBOYE, O. B.; OSUNBITAN; J. A.; ADEKALU, K. O.; OKUNADE, D. A. Evaluation of FAO -56 Penman Monteith and temperature based models in estimating reference evapotranspiration using complete and limited data, application to

- Nigeria. **Agricultural Engineering International**, Pequim, v. 11, n. 1291, p. 1-25, 2009.
- ALMEIDA, B. M. **Déficit e excesso hídrico na cultura do milho em ambiente protegido**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências/Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- ANA. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília, DF: ANA, 2021.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006.
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 13-18, 2003.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. (Irrigation and Drainage paper, n. 33).
- EMBRAPA. **Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório**. Teresina: Embrapa, nov. 2007.
- EMBRAPA. **Estratégias de Manejo de Irrigação: Exemplos de Cálculo**. Sete Lagoas: Embrapa, set. 2010.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, Chicago, v. 1, n. 2, p. 1-12, 1985.
- LUCAS, D. D. P.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; TRENTIN, R.; DILL HINNAH, F.; SILVA, J. R. Excedente hídrico em diferentes solos e épocas de semeadura do girassol no Rio Grande do Sul. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 6, p. 431-440, 2015.
- ROSSI, T. J.; ESCOBEDO, J. F.; SANTOS, C. M.; ROSSI, L. R.; SILVA, M. B. P.; DAL PAI, E. Global, diffuse and direct solar radiation of the infrared spectrum in Botucatu/SP/ Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Belfast, v. 82, part. 1, p. 448-459, 2018.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SANTOS, R.M. **Resposta produtiva do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L. TAA DAMA.) sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2021.
- SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman–Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canadá. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 5, p. 635-644, 2010.
- SHAHIDIAN, S.; SERRALHEIRO, R. P.; TEIXEIRA, J. L.; SERRANO, J.; SANTOS, F. L.; GUIMARÃES, R.C. **Utilização da equação de Hargreaves Samani para o cálculo da ETo em estufas**. In: CONGRESSO IBÉRICO DE AGRO INGENIERÍA, 6., 2011, Évora.

Artigo [...]. Évora: Universidade de Évora, 2011. p. 1-11.

SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C.; OLIVEIRA, L. M. M.; GALVÍNCIO, J. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L.

Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado do Semiárido brasileiro por sensoriamento remoto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 9, p. 1218-1226, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v47n9/06.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2021.

SILVA, L. L.; COSTA, R. F.; CAMPOS, J. H. B. C.; DANTAS, R. T. Influência das

precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 454-461, 2009.

STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; FERERES, E.; RAES, D. **Resposta do rendimento da cultura à água**. Roma; FAO, 2012. (Irrigation and Drainage Paper, n. 66).

SUBBURAYAN, S.; MURUGAPPAN, A.; MOHAN, S. Modified Hargreaves Equation for Estimation of ETo in a Hot and Humid Location in Tamilnadu State, India. **International Journal of Engineering Science and Technology**, Tehran, v. 3, n. 1, p. 592-600, 2011.