



## Lisímetros de pesagem de pequeno porte na investigação de transpiração de plantas de feijão

Luis Philippe de Arruda LIMA<sup>1\*</sup>, Denilton Carlos GAIO<sup>1</sup>, Lauro Leocádio da ROSA<sup>1</sup>,  
Mariane Ribeiro dos ANJOS<sup>1</sup>, Carlo Ralph DE MUSIS<sup>1</sup>, Luciana SANCHES<sup>1</sup>, José de Souza NOGUEIRA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.  
(ORCID: \*; 0000-0002-1905-4530; 0000-0003-3834-3677; 0000-0003-2715-0132; 0000-0001-6047-1304;  
0000-0002-3645-3541; 0000-0003-2504-7924)

\*E-mail: [luisphilippe@fisica.ufmt.br](mailto:luisphilippe@fisica.ufmt.br) (ORCID: 0000-0001-5906-0866)

Recebido em 11/03/2019; Aceito em 22/01/2020; Publicado em 13/04/2020.

**RESUMO:** Estudos envolvendo lisímetros de pesagem adaptados para plantas de pequeno porte não são comuns, normalmente, a investigação da evapotranspiração e transpiração de culturas se dá por meio da utilização de recipientes de grande porte apoiados em sistemas de balanceamento, o que demanda um grande trabalho mecânico para construção dos mesmos. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo investigar a eficiência de lisímetros de pesagem de pequeno porte, que foram construídos para o estudo da transpiração de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na estação de seca, em Cuiabá-MT. Com a utilização de vasos e garrafas pet, foi possível construir 198 lisímetros de pesagem de pequeno porte e dividi-los em 15 grupos com diferentes quantidades de água no solo. Dados horários de temperatura e umidade relativa do ar, adquiridos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foram utilizados no cálculo do déficit de pressão de vapor (DPV) para a caracterização da condição meteorológica local durante o dia de medições. Foi possível realizar o balanço hídrico nos lisímetros com a utilização de balança digital. Obteve-se um ajuste exponencial da transpiração em função da quantidade de água no solo ( $R^2 = 77,8\%$ ) e observou-se uma forte relação da transpiração com o déficit de pressão de vapor.

**Palavras-chave:** lisímetros adaptados; taxa de transpiração; déficit de pressão de vapor.

### Small weighing lysimeters in the investigation of transpiration of bean plants

**ABSTRACT:** Studies involving weighing lysimeters adapted for plants of small sizes are not common, usually the investigation of evapotranspiration and transpiration of cultures occurs through the use of large containers supported in balancing systems, which demands a great mechanical work for construction. Thus, this study aimed to investigate the efficiency of small-scale weighing lysimeters constructed for the study of the transpiration of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) in the dry season in Cuiabá (Mato Grosso). Using plastic vases and pet bottles, it was possible to construct 198 small weighing lysimeters and divide them into 15 groups with different amounts of water in the soil. Hourly air temperature and relative humidity data, acquired from the National Institute of Meteorology (INMET), were used in the calculation of the vapor pressure deficit (VPD) for the characterization of the local meteorological condition during the day of measurements. It was possible to perform the water balance in the lysimeters with the use of commercial balance (1g precision). An exponential adjustment was obtained of transpiration as a function of the amount of water in the soil ( $R^2 = 77.8\%$ ) and a strong relationship of transpiration with the vapor pressure deficit was observed.

**Keywords:** adapted lysimeters; transpiration rate; vapor pressure deficit.

### 1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas agrícolas produzidas no Brasil e no mundo, tendo grande importância na economia, na segurança alimentar e nutricional (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Além de ser um dos maiores produtores, tendo na safra de 2017/2018 um rendimento de produção de 981 kg ha<sup>-1</sup>, o Brasil destaca-se também pelo grande consumo do grão, que é para as famílias com baixo poder aquisitivo uma fonte de proteína acessível (BAIDA et al., 2011; FAO, 2011; CONAB, 2019).

A importância da cultura do feijão implica na necessidade de se conhecer a relação dessa planta com as variáveis meteorológicas que influenciam diretamente ou

indiretamente o seu desenvolvimento. A transpiração das plantas é um fenômeno que, quando estudado, traz informações a respeito de suas necessidades hídricas, que é um fator determinante de produtividade da cultura (VILLA NOVA et al., 2002; ALMEIDA et al., 2016). Comumente, diferentes métodos para medir a transpiração são descritos na literatura. Os métodos térmicos (PINTO JR et al., 2013; SAMPAIO et al., 2014; ALMEIDA et al., 2016; COELHO et al., 2012) e técnicas de lisimetria (ALMEIDA et al., 2016; MARTINS et al., 2018) apresentam resultados satisfatórios.

A técnica de lisimetria utilizada neste trabalho baseia-se no balanço de massa do sistema em dois momentos distintos. Para garantir o controle de entrada e saída de água, o volume

do solo deve ser isolado. O monitoramento da massa dos lisímetros de pesagem é feito, geralmente, por balanças convencionais ou de células de cargas e para evidenciar a transpiração do cultivo, diminuindo a evaporação do processo total da evapotranspiração, recomenda-se a utilização de plásticos (polietileno) para fazer a cobertura do solo (RAMAKRISHNA et al., 2006).

Dentre os trabalhos que mais comumente são referenciados, em estudos que envolvem transpiração de plantas submetidas a diferentes quantidades de água no solo, está o estudo experimental de Denmead; Shaw, (1962) (AKURAJU et al., 2017; ALLIAUME et al., 2017; CHANG, 2017; NADAL-SALA et al., 2017; PETERS et al., 2017; SPINELLI et al., 2017). Denmead; Shaw, (1962) avaliaram o comportamento da transpiração de plantas de milho em função da quantidade de água no solo, utilizando contêineres de 45 centímetros de diâmetro e 60 centímetros de profundidade, ajustando 3 curvas, sendo uma para cada dia com diferentes condições meteorológicas. Este trabalho baseou-se na curva de transpiração para dia seco e claro obtida por Denmead; Shaw, (1962). Estudos que utilizam lisímetros de pesagem para plantas de pequeno porte, como o caso das plantas de feijão, não são comuns na literatura, o que acaba elevando a importância desta pesquisa.

Com base nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi investigar a eficiência de lisímetros de pesagem de pequeno porte, que foram construídos para o estudo da transpiração de plantas de feijão, em Cuiabá-MT.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Local de estudo

O experimento foi desenvolvido na área adjunta à bordadura da estação meteorológica “Mestre Bombled” situada na Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá, localizada a 183 m de altitude, presente nas coordenadas 15° 36' 31" S de latitude e 56° 03'49" W de longitude.

### 2.2. Estrutura

Foram confeccionadas três mesas com 66 lugares cada para colocação dos lisímetros arranjados em 11 filas e 6 colunas (Figura 1), totalizando, assim, 198 lugares para lisímetros. O suporte dos vasos consistiu em armações de ferros presos nas partes superiores e inferiores para a garantia de total apoio. Os lisímetros foram identificados com numeração matricial Mij, em que M é a mesa (A, B e C) e i e j são os índices correspondentes às filas e às colunas, respectivamente.



Figura 1. Mesa A, uma das 3 mesas utilizadas no experimento.  
Figure 1. Table A, one of the 3 tables used in the experiment.

Os lisímetros de pesagem adaptados eram formados por vasos de dimensões de 1,7 litros, com 8,9 centímetros de diâmetro de base e 20,7 centímetros de altura. O vaso, na sua parte lateral, foi totalmente vedado para que o solo pudesse ser colocado. Bases de garrafas pet de 2 ou 2,5 litros foram conectadas às bases dos vasos para facilitar o controle de água que viesse a permanecer no fundo da estrutura (Figura 2). Quando era necessária, realizou-se a contabilização da água excedente pelos orifícios feitos nas bases, que, após esse procedimento, foram vedados com rolhas. As estruturas totais dos lisímetros apresentaram massa média de 74 g com desvio padrão de 4 g. Durante o desenvolvimento das plantas, o monitoramento das massas dos lisímetros era realizado periodicamente com o uso de balança digital com precisão de  $\pm 1$  g.



Figura 2. Lisímetro utilizado no experimento.  
Figure 2. Lysimeter used in the experiment.

### 2.3. Características do solo e plantio

Utilizou-se o solo do tipo terra preta e a massa média colocada nos lisímetros foi de 1300 g com desvio padrão de 3 g. Compôs-se o solo, em 1000 g de amostra, valores de 29,3% de silte, 62,3% de areia e 8,4% de argila. Realizou-se o plantio no início de junho de 2017 para que o experimento pudesse ser realizado na estação seca que, para a região de Cuiabá-MT, está compreendida entre maio e setembro (LUZ et al., 2017).

Os dados de transpiração deste trabalho são correspondentes às plantas de feijão em estágio de desenvolvimento V4 (Figura 3), ou seja, mais de 50% das plantas apresentaram uma terceira folha trifoliada (estádio V4). Considera-se que determinado plantio está em um determinado estágio de desenvolvimento se mais de 50% das plantas se encontram nesse estágio (NEUMAIER et al., 2000).

### 2.4. Tratamento contra pragas

Algumas plantas apresentaram, logo em suas primeiras semanas de desenvolvimento, especialmente nas partes aéreas, manchas brancas que correspondem ao fungo (*Erysiphe polygoni* DC.) que causa a doença chamada de oídio que, dentre outros danos à planta, pode afetar negativamente o seu desenvolvimento e a sua produção. Para o tratamento desse patógeno fez-se pulverização, em toda planta, de uma mistura composta por 5% de leite e 95% de água (BETTIOL, 2004). Um dia após a pulverização, houve o desaparecimento dessas manchas.



Figura 3. Plantas em estágio V4.

Figure 3. Plants in V4 stage.

Na imagem, é possível observar que, ao fundo, há plantas que apresentam três folhas trifoliadas, isto é, em cada ramo da planta existem 3 folhas.

It is possible to observe that in the background there are plants that have three trifoliate leaf, that is, in each branch of the plant there are 3 leaves.

## 2.5. Rearranjo de quantidade de água no solo ( $\theta_{\text{solo}}$ )

Na semana da análise da transpiração, rearranjou-se a quantidade de água de rega para que existissem 15 tratamentos. Esse rearranjo foi feito com acréscimos proporcionais na quantidade de rega, de modo que existissem 15 diferentes quantidades de água no solo. A amostra para cada tratamento consistiu em doze lisímetros com a mesma quantidade de água disponível no solo. Além disso, em cada lisímetro colocou-se uma camada de plástico bolha de polietileno para evitar a evaporação do solo (RAMAKRISHNA et al., 2006), de modo que a análise fosse feita considerando apenas a transpiração das plantas.

## 2.6. Medições da transpiração

Ocorreu secagem das folhas de algumas plantas, provavelmente, devido à baixa umidade relativa do ar atmosférico e à alta temperatura em Cuiabá, no período de plantio. Foram utilizados, por essa razão, apenas 137 lisímetros do número total do início do plantio. No dia 10 de agosto, mensuraram-se as massas dos lisímetros em 5 horários distintos (Tabela 1). Optou-se por realizar todas as medições antes do anoitecer, de modo a garantir o não fechamento dos estômatos devido a não incidência de luz solar.

Tabela 1. Cronograma das medidas das massas dos lisímetros no dia 10/08/2017.

Table 1. Schedule of measurements of the masses of lysimeters on 08/10/2017.

Medida	Horas	Cálculo de transpiração
1 <sup>a</sup>	6	
2 <sup>a</sup>	9	
3 <sup>a</sup>	12	
4 <sup>a</sup>	15	X
5 <sup>a</sup>	16	X

Para a curva de transpiração *versus* quantidade de água no solo, foram utilizadas apenas as duas últimas medidas de

pesagem dos lisímetros (Tabela 1). A transpiração resultou da diferença de massa de cada lisímetro nos dois últimos horários, 15 e 16 horas. Para obtenção da lâmina d'água transpirada, em mm, dividiram-se os valores de massa de água (convertidos para  $\text{mm}^3$ ) pela área da base do vaso (em  $\text{mm}^2$ ). Para a quantidade de água no solo, em porcentagem (%), fez-se a média da diferença entre a massa do lisímetro no momento da pesagem (15 e 16 horas) e a massa do lisímetro com massa seca de terra.

## 2.7. Dados meteorológicos

Foram utilizados dados horários de temperatura e umidade relativa do ar, adquiridos da plataforma eletrônica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no cálculo do déficit de pressão de vapor (DPV), conforme a Equação 3. Escolheu-se o DPV para a caracterização da condição meteorológica local por ser uma das variáveis ambientais mais importantes a qual o estômato responde (MARRICHI et al., 2009).

Para obter os valores horários do DPV (Equação 3), primeiramente, foram calculadas a pressão de vapor de saturação ( $e_s$ ), a partir da Equação de Tetens (1930) –Equação 1– e a pressão parcial de vapor d'água no ar ( $e_a$ ), a partir da Equação 2, conforme a metodologia utilizada por Alvarenga et al. (2014).

A pressão de saturação foi calculada utilizando a equação de Tetens (1930), conforme a Equação 1. Onde  $e_s$  é a pressão de vapor de saturação, em kPa, e  $T$  é a temperatura horária do ar em  $^{\circ}\text{C}$ .

$$e_s = 0,6108 \exp\left(\frac{7,5 T}{237,5 + T}\right) \quad (01)$$

A pressão parcial de vapor foi calculada utilizando a Equação 2, conforme a metodologia de Alvarenga et al. (2014). Onde  $e_a$  é pressão parcial de vapor d'água no ar, em kPa, e UR é a umidade relativa horária em porcentagem (%).

$$e_a = \frac{e_s \text{UR}}{100} \quad (02)$$

O déficit de pressão de vapor (DPV) foi obtido a partir da diferença entre a pressão de vapor de saturação ( $e_s$ ) e a pressão parcial de vapor d'água no ar ( $e_a$ ), sendo ambos em kPa (Equação 3).

$$\text{DPV} = e_s - e_a \quad (03)$$

## 2.8. Análise estatística

Fez-se uma análise exploratória nos dados de transpiração para detecção de possíveis outliers. Logo após, foi testada a aderência à normalidade por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk (nível de significância de 5%) e, posteriormente, considerando a distribuição dos dados, avaliou-se a diferença entre os tratamentos por meio do teste de Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5%.

Analisaram-se os dados de quantidade de água no solo através do coeficiente de variação (CV), em porcentagem (%), com base na classificação de Warrick; Nielsen, (1980). O CV é obtido a partir da razão entre o desvio-padrão e a média dos dados. Quando o CV é menor que 12%, os dados apresentam baixa variabilidade; quando CV é maior que 12%

e menor que 60%, os dados apresentam média variabilidade e, quando CV é maior que 60%, os dados apresentam alta variabilidade.

### 3. RESULTADOS

Obtiveram-se, para quantidade de água no solo ( $\theta_{\text{solo}}$ ), valores entre 20% (mínimos) e 46% (máximos). Essa faixa de valores é maior que a utilizada por Denmead; Shaw, (1962) para o dia seco e claro (aproximadamente entre 25% e 40%). Os valores médios de  $\theta_{\text{solo}}$ , com os respectivos desvios padrões, e os coeficientes de variação (CV) de cada tratamento estão na Tabela 2.

Tabela 2. Média dos valores de quantidade de água no solo ( $\theta_{\text{solo}}$ ).  
Table 2. Average values of amount of water in the soil ( $\theta_{\text{soil}}$ ).

Treatamento	Média de $\theta_{\text{solo}}$ (%)	Desvio Padrão (%)	CV (%)
1	24,5	0,5	2,2
2	25,7	0,5	2,0
3	27,3	0,6	2,2
4	28,7	0,0	0,0
5	30,5	0,0	0,0
6	30,3	0,8	2,6
7	32,8	2,6	8,0
8	35,0	6,1	17,3
9	36,2	5,5	15,1
10	38,0	5,0	13,3
11	38,5	4,5	11,8
12	40,8	5,7	13,9
13	41,0	7,7	18,7
14	42,0	8,3	19,8
15	44,0	6,6	15,1

Os valores de  $\theta_{\text{solo}}$  do tratamento 1 ao tratamento 7 apresentaram baixa variabilidade entre as amostras, com CV menor que 12%. A partir do tratamento 8, os valores de  $\theta_{\text{solo}}$  apresentaram média variabilidade entre as amostras, conforme a classificação de Warrick; Nielsen, (1980), com CV entre 12% e 60%. Isto é, considera-se que os valores de rega, para que a quantidade de água se mantivesse dentro da faixa prevista para o dia de medições, foram adequadamente ajustados, de modo que o acréscimo entre tratamentos consecutivos fosse constante.

Em se tratando da transpiração, houve diferença significativa entre os tratamentos, conforme o nível de significância dado pelo teste de Kruskal-Wallis (p-valor menor que 0,05). Assim, os diferentes valores de quantidade de água no solo influenciaram diretamente no resultado da transpiração. A curva obtida para a taxa de transpiração ( $\text{mm s}^{-1}$ ) em função da quantidade de água do solo apresentou dois diferentes regimes, conforme a Figura 4. O comportamento do DPV durante o dia de medições está apresentado na Figura 5.

### 4. DISCUSSÃO

Durante o período de plantio, as condições meteorológicas representaram bem a estação seca de Cuiabá. A umidade relativa do ar chegou a valores baixos e, principalmente, no dia de medições, a partir das 9 horas da manhã, houve uma queda abrupta atingindo valores extremos (abaixo de 20%). Baixos valores de umidade relativa do ar, como os registrados, podem prejudicar a cultura na fase de maturação (VIEIRA et al., 2006). A temperatura do ar atingiu valores altos durante todo o período de cultivo. No dia de medições foram registradas temperaturas próximas de

37 °C. Esse valor está acima da recomendação para as práticas de feijão, pois a cultura terá um desenvolvimento satisfatório em faixa de temperatura de 18° a 30°C (FILGUEIRA, 2008).

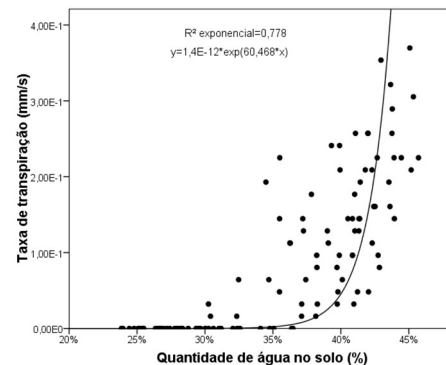


Figura 4. Curva da taxa de transpiração ( $\text{mm s}^{-1}$ ) em função da quantidade de água no solo ( $\theta_{\text{solo}}$ ) (ajuste exponencial  $R^2=77,8\%$ ).  
Figure 4. Transpiration rate curve ( $\text{mm s}^{-1}$ ) as a function of the amount of water in the soil ( $\theta_{\text{soil}}$ ) (exponential adjustment  $R^2 = 77.8\%$ ).

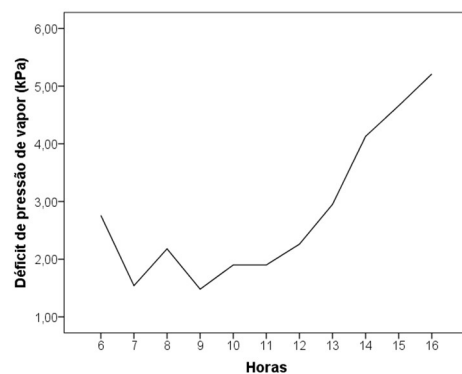


Figura 5. Déficit de pressão de vapor (kPa) calculado com base em Alvarenga et al. (2014) e Tetens (1930), das 6 horas às 16 horas.  
Figure 5. Vapor pressure deficit (kPa) calculated based on Alvarenga et al. (2014) and Tetens (1930), from 6am to 4pm.

Até 35% de  $\theta_{\text{solo}}$  (1º regime), as plantas apresentaram transpirações próximas de zero, devido principalmente às baixas quantidades de água presentes no solo. Uma das rápidas respostas das plantas, quando submetidas às baixas quantidades de água, é o fechamento estomático que tem como finalidade manter o conteúdo hídrico favorável nos tecidos por maior tempo possível (FIOREZE et al., 2013). Essa transpiração medida, no 1º regime, como é bem próximo de zero, deveu-se provavelmente à transpiração cuticular (região da epiderme das folhas).

Uma curva exponencial foi a melhor que se ajustou aos dados, com  $R^2$  igual a 77,8%. Isso pode ser explicado pelo fato de a transpiração crescer fortemente com o aumento da disponibilidade hídrica, a partir de 35% de  $\theta_{\text{solo}}$  (2º regime). Com a turgescência nas células das folhas, os estômatos mantêm-se abertos, ficando sujeitos assim ao forte poder evaporativo da atmosfera. A curva de transpiração de plantas de milho, obtida por Denmead; Shaw, (1962) para dia seco e claro, também apresenta crescimento com o aumento da disponibilidade hídrica até alcançar um patamar na faixa de maiores valores de quantidade de água no solo.

Neste trabalho, a transpiração não apresentou esse patamar, como o obtido por Denmead; Shaw, (1962). É muito provável que a forte demanda evaporativa da atmosfera (Figura 5), expressa pelo DPV, não permitiu que as plantas de feijão submetidas às grandes quantidades de água no solo mantivessem seus estômatos totalmente abertos, não existindo assim quantidades constantes de transpiração (patamar), como esperado. Das 9 às 16 horas, durante boa parte das medições, a umidade relativa decresceu abruptamente até alcançar o valor de 16% (no último horário de medições, às 16 horas), o que implicou em valores extremamente altos de déficit de pressão de vapor (acima de 5 kPa). Um valor de déficit de pressão de vapor de 5 kPa corresponde a, aproximadamente, 5% da pressão atmosférica total.

## 5. CONCLUSÕES

Os lisímetros de pesagem construídos mostraram-se ser uma ferramenta de fácil manejo e aquedados para pequenas plantas.

Mesmo com a alta disponibilidade hídrica, a extrema condição meteorológica, em Cuiabá-MT, impôs um crescimento de forma exponencial da transpiração com o aumento da quantidade de água no solo ( $R^2=77,8\%$ ), sem a presença de valores constantes da transpiração para os maiores valores de quantidade de água no solo. Para trabalhos futuros, sugere-se que as medições sejam feitas em dias com menor demanda evaporativa, isto é, com maiores valores de umidade relativa e menores valores de temperatura do ar. Além disso, sugere-se que haja um aumento da capacidade de retenção de água no solo, que pode ser obtido com a utilização de vasos de maiores dimensões.

## 6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecimentos ao PPGFA (Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental), da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), pelo incentivo à pesquisa e ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT pelo espaço cedido para a realização do experimento.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. B.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA NETO, J. A.; SILVA, C. J. Transpiração em *Coffea Canephora* L. via balanço de calor no caule e lisímetro de pesagem eletrônica. **Holos**, São Paulo, v. 3, p. 62-75, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.3041>

AKURAJU, V. R.; RYU, D.; GEORGE, B.; RYU, Y.; DASSANAYAKE, K. Seasonal and inter-annual variability of soil moisture stress function in dryland wheat field, Australia. **Agricultural and forest meteorology**, Amsteden, v. 232, p. 489-499, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.10.007>

ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; RODRIGUÊS, D. E.; RINALDI, P. C. N. Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática em alvos artificiais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 182-193, 2014.

ALLIAUME, F.; ROSSING, W. A. H.; TITTONELLI, P.; DOGLIOTTI, S. Modelling soil tillage and mulching effects on soil water dynamics in raised-bed vegetable rotations. **European Journal of Agronomy**, v. 82, p. 268-281, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.08.011>

BARBOSA, F.; GONZAGA, A. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 248 p. (Documentos, 272)

BAIDA, F. C.; SANTIAGO, D. C.; TAKAHASHI, L. S. A.; ATHANAZIO, J. C.; CADIOLI, M. C.; LEVY, R. M. Reações de linhagem de feijão-vagem ao *Meloidogyne javanica* e *M. paranaensis* em casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 237-341, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.6146>

BETTIOL, W. **Leite de vaca cru para o controle de oídio**. Embrapa Meio Ambiente. 2004.

CHANG, J.-H. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Routledge: Transaction Publishers, 2017. 304 p.

COELHO, R. D.; VELLAME, L. M.; FRAGA JÚNIOR, E. F. Método de dissipação térmica para a estimativa da transpiração de plantas jovens de laranjeira 'Valência'. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 573-581, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000300016>

CONAB\_COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: grãos. **Quarto levantamento**, v. 6, n. 4, 2019. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso: março de 2019.

DENMEAD, O. T.; SHAW, R. H. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. **Agronomy journal**, Madison, v. 54, n. 5, p. 385-390, 1962. DOI: <https://dx.doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050005x>

FAO\_FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of Food and Agriculture 2010-2011: Women in Agriculture**. Rome: FAO, 2011. Disponível em <<http://www.fao.org/3/i2050e/i2050e00.htm>>. Acesso: março de 2019.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FIGUEIRE, S. L.; RODRIGUES, J. D.; CARNEIRO, J. P. C.; DO AMARAL SILVA, A.; LIMA, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p. 1432-1439, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100003>

LUZ, L. D.; STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M.; SILVA, A. Hidrodinâmica da Confluência dos Rios Cuiabá e Paraguai, Pantanal Mato-grossense. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. spe, p. 1-10, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.132949>

MARRICHI, A. H. C. **Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em sete clones comerciais de *Eucalyptus* e seus padrões de resposta ao déficit de pressão de vapor**. 2009. 104f.

- Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2009.
- MARTINS, I. P.; FARIA, R. T. de; PALARETTI, L. F.; DALRI, A. B.; OLIVERIO, C.; LIBARDI, L. G. P. Lisímetros de pesagem para medidas de evapotranspiração em estufa. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 4, p. 715-722, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n4p715-722>
- NADAL-SALA, D.; SABATÉ, S.; SÁNCHEZ-COSTA, E.; POBLADOR, S.; SABATER, F.; GRACIA, C. Growth and water use performance of four co-occurring riparian tree species in a Mediterranean riparian forest. **Forest ecology and management**, v. 396, p. 132-142, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.021>
- NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. IN: BONATO, E. R. **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. p. 19-44.
- PETERS, A.; DURNER, W.; IDEN, S. C. Modified Feddes type stress reduction function for modeling root water uptake: Accounting for limited aeration and low water potential. **Agricultural water management**, Amsterdam, v. 185, p. 126-136, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.02.010>
- PINTO JR, O. B.; VOURLITIS, G. L.; SANCHES, L.; DALMAGRO, H. J.; LOBO, F. D. A.; NOGUEIRA, J. D. S. Transpiração pelo método da sonda de dissipação térmica em floresta de transição Amazônica-Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 3, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000300004>
- RAMAKRISHNA, A.; TAM, H. M.; WANI, S. P.; LONG, T. D. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 95, n. 2, p. 115-125, 2006. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.030>
- SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida ‘tahiti’ submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 292, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.15809/irriga.2014v19n2p292>
- SPINELLI, G. M.; SHACKEL, K. A.; GILBERT, M. E. A model exploring whether the coupled effects of plant water supply and demand affect the interpretation of water potentials and irrigation management. **Agricultural water management**, Amsterdam, v. 192, p. 271-280, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.07.019>
- TETENS, V. O. Über einige meteorologische Begriffe, Zeitschrift **Geophysic**, Wurzburg, v. 6, p. 297-309, 1930.
- VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 600 p.
- VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, J. L.; ANGELOCCI, L. R.; DOURADO NETO, D. Estimativa do coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 1, p. 81-88, 2002.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (Ed). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. p.319-344.