

## Efeito do déficit hídrico no crescimento inicial de quatro espécies agrícolas

*Effect of water deficit on the initial growth of four agricultural species*

**Mariele Cristine Tesche Küster**  
**Luana Paganotto Leandro**  
**Guilherme Afonso Kessler de Andrade**  
**Silvane Vestena**

Universidade Federal do Pampa – Unipampa – São Gabriel – Rio Grande do Sul - Brasil

### Resumo

A baixa disponibilidade hídrica afeta negativamente o crescimento dos cultivos agrícolas e é a principal causa da redução da produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de quatro espécies agrícolas (*Zea mays* L. cv. cargil 482, *Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS esplendor, *Helianthus annuus* L. cv. BRS 323 e *Pisum sativum* L. cv. exzellenz 62) sob diferentes regimes hídricos simulando déficit hídrico no ano de 2018. As plantas receberam os seguintes tratamentos de irrigação: diária, 3, 6 e 12 dias. Decorridos 60 dias após a implantação do experimento, foi mensurada as características biométricas: altura da parte aérea, comprimento do sistema radicular, diâmetro do colo, número de folhas, biomassa fresca e seca da parte aérea, radicular e total. Em todas as espécies agrícolas o diâmetro do colo e o comprimento do sistema radicular não sofreram efeito dos tratamentos simulando déficit hídrico; entretanto, para os demais parâmetros, altura da parte aérea, número de folhas e biomassa ocorreram reduções nos seus valores com o aumento do déficit hídrico. Milho foi a espécie que não apresentou redução no crescimento quando submetido ao déficit hídrico. Os resultados são de importância ecológica e econômica, onde demonstram que as espécies testadas apresentam baixa tolerância ao déficit hídrico, exceto para milho necessitando de condições particulares de água para seu crescimento e desenvolvimento.

### Abstract

Low water availability affects the growth of agricultural crops negatively and it is the main cause of reduced productivity. The objective of this work was to evaluate the initial growth of four agricultural species (*Zea mays* L. cv. cargil 482, *Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS esplendor, *Helianthus annuus* L. cv. BRS 323 e *Pisum sativum* L. cv. exzellenz 62.) under different water regimes simulating water deficit in 2018. The plants have received the following irrigation treatments: daily, 3, 6 and 12 days. Sixty days after the experiment was implanted, the biometric characteristics were measured: aerial part height, root system length, above ground diameter, number of leaves, fresh and dry biomass from the aerial part, root and total. In all agricultural species, plant lap and the length of the root system were not affected by the treatments simulating water deficit; however, on the other parameters, aerial part height, number of leaves and biomass, there were reductions in their values with the increase in water deficit. Corn was the species that showed no reduction in growth when subjected to water deficit. The results are about the ecological and economic importance, which demonstrates that the species tested have low tolerance to water deficit, except for corn which needs particular water conditions for its growth and development.

### Palavras-chave

Ecofisiologia. Déficit hídrico.  
Espécies agrícolas.

### Keywords

Ecophysiology. Water deficit.  
Agricultural species.

## 1. Introdução

A disponibilidade hídrica é considerada o fator climático de maior efeito sobre a produtividade agrícola, sendo o que rege a distribuição das espécies nas diferentes zonas climáticas do globo terrestre. A produtividade de plantas cultivadas em ambientes com restrição hídrica é, frequentemente, afetada por características da planta que permitem a manutenção do *status* hídrico durante o ressecamento do solo (Floss, 2004).

A redução do teor de água na planta, a diminuição do potencial hídrico foliar, alterações nas propriedades das membranas com perda de turgor, aumento da respiração celular, redução da condutância estomática com bloqueio ao influxo de CO<sub>2</sub> para as folhas, inibição da fotossíntese afetando o acúmulo de fotoassimilados e com menor produção de massa seca, senescência prematura e diminuição do crescimento celular constituem mecanismos de respostas de uma planta submetida ao estresse hídrico (Santos e Carlesso, 1998; Floss, 2004; Fialho *et al.*, 2010; Duarte *et al.*, 2013; Arruda *et al.*, 2015; Queiroz *et al.*, 2017; Rigotti *et al.*, 2019).

Adicionalmente, o estresse promovido pelo déficit hídrico ainda pode limitar o tamanho e o número das folhas (Taiz e Zeiger, 2017), reduzir a expansão foliar (Vale *et al.*, 2012; Almeida *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2018), a altura das plantas (Coelho *et al.*, 2010; Fialho *et al.*, 2010) e o diâmetro do colo (Fialho *et al.*, 2010; Araújo *et al.*, 2011), levando a perda de biomassa vegetal (Santos e Carlesso, 1998; Araújo *et al.*, 2011; Rodrigues *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2020).

O monitoramento do estresse hídrico é essencial para determinar o impacto no desenvolvimento e na produtividade das espécies. Porém, as respostas ao estresse hídrico podem variar de acordo com as diferentes fases de crescimento das plantas; sendo amplamente influenciada pelo tempo, intensidade, duração e frequência do estresse, além das diversas interações planta-solo-atmosfera e das condições climáticas, bem como é dependente da espécie ou estágio de desenvolvimento (Nogueira *et al.*, 2005; Martins, 2012; Santos e Schumacher, 2016; Taiz e Zeiger, 2017).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi verificar os efeitos de diferentes períodos de irrigação simulando déficit hídrico nas características biométricas e biomassa de milho (*Zea mays* L. cv. cargil 482), feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS esplendor), girassol (*Helianthus annuus* L. cv. BRS 323) e ervilha (*Pisum sativum* L. cv. exzellenz 62).

## 2. Material e métodos

O experimento foi realizado durante os meses de outubro e novembro de 2018 na Universidade Federal do Pampa – Campus São Gabriel (30°20'11" S e 54°19'11" W, 114 m de altitude), município de São Gabriel, Rio Grande do Sul; conduzido em casa de vegetação, coberta com polietileno de baixa densidade (PeBD) de 100 µm, sombrite de 50%.

As sementes das quatro espécies agrícolas: milho (*Zea mays* L. cv. cargil 482), feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS esplendor), girassol (*Helianthus annuus* L. cv. BRS 323) e ervilha (*Pisum sativum* L. cv. exzellenz 62) foram obtidas no comércio especializado em produtos agropecuários e, depois da semeadura no substrato (terra + substrato comercial Plantmax® + cama de equino com casca de arroz carbonizada), as mudas passaram pelo processo de aclimação durante 10 dias na casa de vegetação.

Depois desse período de aclimação, foi instalado o experimento com quatro períodos de irrigação (diária, 3, 6 e 12 dias), utilizando 2 litros de água de torneira fornecidos por regador seguindo cada tratamento durante 60 dias de experimento para simular déficit hídrico, sendo que cada tratamento (período de irrigação) foi composto por 6 repetições com uma muda da espécie agrícola para cada repetição. O substrato utilizado também foi composto por terra + substrato comercial Plantmax® + cama de equino com casca de arroz carbonizada.

Decorridos 60 dias após a instalação do experimento de déficit hídrico foram mensuradas características biométricas das mudas: altura da parte aérea (H) e comprimento do sistema radicular (CSR): com auxílio de uma régua graduada em cm planta<sup>-1</sup>; diâmetro do colo (DC): com paquímetro digital expresso em mm; número de folhas (NF): computado de modo manual; massas frescas da parte aérea (MFPA), do sistema radicular (MFR) e total (MFT): mensurada em balança digital após lavagem das mudas em água corrente; e suas respectivas massas secas (MSPA, MSR e MST): após a secagem em estufa com circulação de ar a 60°C, por 72 horas, sendo os resultados de ambas, expressos em g planta<sup>-1</sup>.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições para cada período de irrigação testado. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o software estatístico ESTAT, versão 2 (Estat, 1994).

### 3. Resultados e discussões

As características biométricas das mudas avaliadas nesse estudo apresentaram respostas distintas entre si. Pela análise de variância observou-se efeito significativo dos diferentes períodos de irrigação simulando déficit hídrico em algumas das características analisadas, exceto para diâmetro do caule e comprimento do sistema radicular (Tabela 1).

Para todas as espécies agrícolas testadas as características biométricas diâmetro do colo e comprimento radicular, não foram observadas diferenças estatísticas nos diferentes períodos de déficit hídrico; entretanto, para número de folhas e altura das plantas os diferentes períodos de irrigação influenciaram significativamente, com redução nos valores médios nesses parâmetros, exceto para milho. Assim, observou-se diminuição mais acentuada no número de folhas e altura das plantas de girassol, feijão e ervilha com o aumento do déficit hídrico especialmente no tratamento com intervalo de 12 dias de irrigação (Tabela 1).

Os resultados encontrados na literatura quanto ao comportamento do caráter altura das plantas são divergentes, sendo que, em alguns casos os genótipos testados apresentaram redução nesse parâmetro devido ao fato do estresse hídrico reduzir o turgor das células e, conseqüentemente, o seu crescimento (Costa *et al.*, 2008; Vale *et al.*, 2012; Pereira *et al.*, 2020), porém, em outros trabalhos ocorre um aumento, quando submetidos ao estresse hídrico (Aguilar *et al.*, 2008).

Para essas características biométricas, o milho, dentre as quatro espécies agrícolas, foi a que não sofreu efeito reducional ou de acréscimo no crescimento inicial quando submetido aos diferentes períodos de irrigação (Tabela 1). O milho é relativamente tolerante ao déficit hídrico durante a fase vegetativa, porém demonstra extrema sensibilidade com decréscimo no rendimento de grãos se o déficit hídrico ocorrer na fase de florescimento e enchimento de grãos (Kasele *et al.*, 1994 *apud* Santos e Carlesso, 1998). A consequência primária do déficit hídrico no

rendimento de grãos ocorre devido à redução na expansão das folhas, à redução do aproveitamento dos nutrientes do solo e à redução na área fotossintética das plantas (Floss, 2006; Kerbauy, 2008; Taiz e Zeiger, 2017). No presente experimento apenas foi acompanhado o crescimento na fase vegetativa das espécies e, cabe ressaltar que o milho mostrou-se ser tolerante ao déficit hídrico imposto.

Kerbauy (2008) e Taiz e Zeiger (2017) relatam que o número de folhas é um fator inteiramente ligado ao desenvolvimento da planta, visto que elas são o principal órgão onde ocorre a fotossíntese e, também por serem centros de reserva, fonte de auxina e cofatores de enraizamento que são translocados para a base, contribuindo, assim, para a formação de novos órgãos vegetativos e reprodutivos. A redução na atividade fotossintética pela redução na assimilação do CO<sub>2</sub> e a senescência das folhas são também indicadores do efeito do déficit hídrico de uma cultura (Faver *et al.*, 1996; Santos e Carlesso, 1998; Vale *et al.*, 2012). Tais informações devem ser consideradas, quando se afirma que fatores climáticos influenciam diretamente nas suas atividades morfológicas e fisiológicas, bem como atuando no seu desenvolvimento, crescimento e, como consequência incide nos níveis de produção e no que se refere aos tratamentos culturais (Coelho *et al.*, 2010; Martins, 2012; Vale *et al.*, 2012).

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo Santos e Schumacher (2016) e Taiz e Zeiger (2017), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores.

Desta forma, no crescimento do sistema radicular (Tabela 1) não se observou diferenças entre os diferentes tratamentos de déficit hídrico. Em trabalhos que avaliam características biométricas na qualidade das espécies vegetais, é enfatizado que o recipiente de cultivo influencia o crescimento do sistema radicular (Trazzi *et al.*, 2014); entretanto, apesar de não ter encontrado diferenças no crescimento em comprimento das raízes foi encontrado diferenças na biomassa desta estrutura vegetativa (Tabela 2). Isto pode demonstrar que o déficit hídrico contribuiu para a redução no número de raízes e, conseqüentemente na diminuição da biomassa fresca, seca e total deste órgão (Tabela 2), sendo esta uma característica importante para o sucesso a campo em condições de falta de água. Corroborando com o presente estudo, Figueirôa *et al.* (2004) verificaram menor massa seca da raiz de mudas de *Myracrodruon urundeuva* (Alémão) Engl. sob déficit hídrico e por Silva *et al.* (2002) para *Melaleuca alternifolia* Cheel quando a deficiência hídrica severa diminuiu o crescimento e a produção de biomassa fresca e seca das plantas.

Santos e Schumacher (2016) relatam que o volume de solo explorado e o contato íntimo entre a superfície das raízes e o solo são essenciais para a absorção efetiva da água pelas raízes. O contato é maximizado pela emissão dos pêlos radiculares, com conseqüente aumento na área superficial e na capacidade de absorção de água. Além disso, o déficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo. Entretanto, à medida que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorverem água, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo às plantas. Desta forma, nem toda a água que o solo armazena é disponível às plantas (Santos e Carlesso, 1998; Santos e Schumacher, 2016). Assim, essa redução na biomassa do sistema radicular foi evidente com todas as espécies testadas em decorrência dos tratamentos impostos (Tabela 2).

Os resultados deste estudo corroboram com os realizados com Hellal *et al.* (2018) trabalhando com cevada (*Hordeum vulgare* L.) onde a altura da parte aérea, o comprimento da raiz, a porcentagem de germinação e a massa seca diminuíram quando as sementes e plantas foram expostas a diferentes níveis de estresse induzidos com o crescente estresse hídrico. Segundo Carneiro *et al.* (2011), Santos e Schumacher (2016) e Taiz e Zeiger (2017) a redução da massa seca de plântulas em função da restrição hídrica se dá devido à menor velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos ou pela dificuldade de hidrólise e mobilização das reservas na planta, sendo evidente em vários trabalhos que o déficit hídrico afeta a emissão de novas folhas, área foliar e antecipa a senescência com abscisão foliar. Para Coelho *et al.* (2010) em muitas espécies, como o milho ou girassol, o número de folhas já é determinado geneticamente; entretanto, Machado Neto *et al.* (2006) relatam que ocorrência de déficit hídrico antes do florescimento das plantas reduz o número de folhas do milho e girassol.

O girassol representa grande importância na economia mundial, sendo uma das três mais importantes culturas anuais produtoras de óleo do mundo. As perspectivas de crescimento da área cultivada com esta espécie são bastante favoráveis e vêm aumentando em diversas regiões do Brasil (Barros e Rossetto, 2009), visando atender o mercado de óleos comestíveis nobres, produção de silagem e de mel, além do ramo de flores ornamentais. Além destas características, o girassol tem grande importância nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos, porém, devido ao seu cultivo, na maioria das vezes em segunda época ou safrinha, está frequentemente sujeito a condições climáticas desfavoráveis ao seu desenvolvimento (Dickmann *et al.*, 2005), em especial a disponibilidade hídrica do solo, por ocasião da semeadura (Backes *et al.*, 2008). Assim, nas condições do presente trabalho, o girassol se mostrou sensível aos diferentes períodos de irrigação, o mesmo ocorrendo com as duas leguminosas testadas, feijão e ervilha.

Machado Neto *et al.* (2006) e Coelho *et al.* (2012) enfatizam que feijão é considerado uma espécie com pouca tolerância a estresses hídricos, sendo uma cultura de ampla adaptação climática, importante para a nutrição da população brasileira e fonte de renda de pequenos, médios e grandes produtores. No entanto, o solo nem sempre oferece ambiente ótimo para a germinação das sementes e crescimento das plantas, porque, quando ocorre deficiência hídrica, subentende-se que o solo apresenta potenciais hídricos que dificultam a absorção da água necessária para os processos metabólicos das plantas. Em déficit hídrico o feijoeiro apresenta baixa eficiência fotossintética por aumentar a resistência estomática e, como consequência sua produção de grãos é drasticamente reduzida em estresse hídrico, sendo manifestado com redução no crescimento foliar, redução da nodulação e, conseqüentemente a não fixação de nitrogênio.

Para Rab *et al.* (2018) e Pereira *et al.* (2020), a ervilha é uma espécie anual das zonas temperadas, com crescimento determinado para cultivares destinadas à produção de grãos e indeterminado para a produção de vagens comestíveis. Enfatiza-se pelos pesquisadores mencionados, que a ervilha é uma espécie muito sensível ao déficit hídrico. Pereira *et al.* (2020) testando o efeito do déficit hídrico e salino na germinação e crescimento inicial da ervilha demonstraram que as simulações das condições de estresse prejudicaram o desempenho fisiológico e permitiram a constatação dos efeitos do estresse na germinação e no crescimento inicial das plântulas pelo decréscimo nas características biométricas e biomassa observadas.

As plantas submetidas à falta de água podem apresentar diferentes modelos de percepção desse fator de estresse, que podem ser definidos pela característica de tolerância à

seca pertencente a cada espécie. As células individuais de um órgão submetido à restrição hídrica apresentam alterações no volume, acompanhadas de modificações na água e potencial osmótico (Feng *et al.*, 2016; Stefanello *et al.*, 2018).

Assim, os resultados são de importância ecológica e econômica, pois demonstram que as espécies testadas apresentam baixa tolerância ao estresse hídrico, exceto para milho necessitando de condições particulares de água para seu crescimento e desenvolvimento. Essa baixa tolerância ao estresse hídrico confere as espécies um caráter não adaptativo e indica que as mesmas apresentam baixa capacidade de estabelecimento em locais com restrição hídrica, devido aos estreitos limites de crescimento e desenvolvimento evidentes nas características biométricas e de biomassa.

#### 4. Conclusões

O crescimento inicial de feijão, de girassol e de ervilha foi afetado negativamente pelos diferentes períodos de irrigação e, apenas o milho se mostrou mais resistente a essa condição ambiental; entretanto, para os dados de biomassa todas as quatro espécies testadas se mostraram sensíveis ao déficit hídrico.

Em uma situação de déficit hídrico na região onde foi desenvolvido o trabalho, essas espécies são sensíveis a falta de água e estudos nas mesmas condições devem ser conduzidos a campo para confirmar tal fato.

#### Referências

1. AGUIAR, R. S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R. T.; VIDAL, L. H. I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 1-14, 2008.
2. ALMEIDA, J. A. S.; AZEVEDO, M. T. V. L. G.; SALOMON, M. V.; MEDINA, P. F. Water stress in germination, growth and development of coffee cultivars. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 1, p. 82-89, 2018.
3. ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 155-124, 2011.
4. ARRUDA, I. M.; MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 146-154, 2015.
5. BACKES, R. L.; SOUZA, A. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M.; BAVARESCO, A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, v. 9, p. 41-48, 2008.
6. BARROS, C. S.; ROSSETTO, C. A. V. Teste de germinação sob condições de restrição hídrica para avaliar o vigor de sementes de girassol. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2621-2624, 2009.
7. CARNEIRO, M. M. L. C.; DEUNER, S.; OLIVEIRA, P. V. de; TEIXEIRA, S. B.; SOUSA, C. P.; BACARIN, M. A.; MORAES, D. M. de. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 755-764, 2011.

8. COELHO, D. L. M.; AGOSTINI, E. A. T. de; GUABERTO, L. M.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Estresse hídrico com diferentes osmóticos em sementes de feijão e expressão diferencial de proteínas durante a germinação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 491-499, 2010.
9. COSTA, J. R.; PINHO, J. L. M.; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 443-450, 2008.
10. DICKMANN, L.; CARVALHO, M. A. C.; BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P. Comportamento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 3, p. 64-75, 2005.
11. DUARTE, E. A. A.; MELO FILO, P. de A.; SANTOS, R. C. Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 843-847, 2013.
12. FAVER, K. L.; GERIK, T. J.; THAXTON, P. M. Late season water stress in cotton: Leaf gas exchange and assimilation capacity. **Crop Science**, v. 36, p. 922-928, 1996.
13. FENG, W.; LINDNER, H.; ROBBINS, N. E.; DINNENYA, J. R. Growing out of stress: The role of cell and organ-scale growth control in plant water-stress responses. **The Plant Cell**, v. 28, p. 1769-1782, 2016.
14. FIALHO, G. S.; SILVA, D. P.; REIS, E. F.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G. Comportamento de plantas de café arábica submetidas a déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Idesia**, v. 28, n. 3, p. 35-39, 2010.
15. FIGUEIRÔA, J. A. M. de; BARBOSA, D. C. de A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasílica**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.
16. FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo, 2004.
17. HELLAL, F. A.; EL-SHABRAWI, H. M.; ABD EL-HADY, M.; KHATAB, I. A.; EL-SAYED, S. A. A.; ABDELLY, C. Influence of PEG induced drought stress on molecular and biochemical constituents and seedling growth of Egyptian barley cultivars. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, v. 16, p. 203-212, 2018.
18. KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 208. 472p.
19. MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C.; COSTA, P. R.; DONÁ, R. L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 142-148, 2006.
20. MARTINS, A. O. Inferências genético-fisiológicas da tolerância à seca em milho. 2012. 122 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.
21. NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, p. 7587, 2005.
22. QUEIROZ, T. B.; PEREIRA, N. N. de J.; SILVA, J. C. R. L.; FONSECA, F. S. A. da; MARTINS, E. R. Influence of water regime on initial growth and essential oil of *Eucalyptus globules*. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, p. 1-8, 2017.
23. PEREIRA, I. C.; CATÃO, H. C. R.; CAIXETA, F. Seed physiological quality and seedling growth of pea under water and salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 95-100, 2020.

24. RAB, J. A.; IQBAL, M. Z.; SHAFIQ, M.; ATHAR, M. Effect of different soil types on seedling growth of *Pisum sativum* L. **Insight Botany**, v. 8, n. 1, p. 1-5, 2018.
25. RIGOTTI, C. J.; DEFAVERI, E. F.; RAMON, J. M.; KLEIN, C.; VARGAS, D. P. de. Efeito da irrigação sobre características produtivas e nutricionais de cinco pastagens perenes de verão cultivadas no sul do Brasil. **Caderno de Pesquisa**, v. 31, n. 1, p. 09-16, 2019.
26. RODRIGUES, E. V.; SILVA, K. J. D; ROCHA, M. de M.; BASTOS, E. A.; SANTOS, A. dos. Tolerance of F<sub>2</sub> populations of cowpea to water deficit. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 48-55, 2018.
27. SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
28. SANTOS, K. F. dos; SCHUMACHER, M. V. Ecofisiologia e crescimento de *Eucalyptus* em condição de déficit hídrico. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 4, n. 2, p. 33-44, 2016.
29. SILVA, S. R. S.; WAGNER, V.; DEMUNER, A. J.; DIAS, C. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 13631368, 2002.
30. SISTEMA DE ANÁLISE ESTATÍSTICA (ESTAT 2.0). Jaboticabal: Pólo Computacional do Departamento de Ciências Exatas da UNESP. 1994.
31. STEFANELLO, R.; BASTIANI, G. G. de; NEVES, L. A. S. das. Estresse hídrico na germinação de sementes de tomilho (*Thymus vulgaris* - Lamiaceae). **Caderno de Pesquisa**, v. 30, n. 03, p. 13-20, 2018.
32. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 2017. 858 p.
33. TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMEIINA, W. M. Concentração e quantidade de nutrientes em mudas de teca produzidas em substratos orgânicos. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 2, n. 1, p. 19-31, 2014.
34. VALE, N. M. do; BARILI, L. D.; STINGHIN, D. S. R. J. C.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; KOOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 135-144, 2012.

Tabela 1 - Médias ( $\pm$  desvios padrão) para número de folhas (NF), altura da parte aérea (H), comprimento do sistema radicular (CSR), diâmetro do colo (DC) de milho (*Zea mays* L. cv. cargil 482), girassol (*Helianthus annuus* L. cv. BRS 323), feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS esplendor) e ervilha (*Pisum sativum* L. exzellenz 62) submetidas ao déficit hídrico

Tratamento	NF	H (cm)	DC (mm)	CSR (cm)
Diário	7,4 $\pm$ 0,12 a	82,0 $\pm$ 3,08 a	15,18 $\pm$ 1,12 a	42,4 $\pm$ 2,10 a
3 dias	8,0 $\pm$ 0,11 a	84,4 $\pm$ 5,12 a	14,90 $\pm$ 2,03 a	42,8 $\pm$ 3,21 a
6 dias	8,0 $\pm$ 0,10 a	92,6 $\pm$ 6,22 a	15,23 $\pm$ 3,63 a	37,6 $\pm$ 2,22 a
12 dias	7,2 $\pm$ 0,09 a	84,2 $\pm$ 12,65 a	13,43 $\pm$ 2,32 a	39,0 $\pm$ 4,49 a
<i>Zea mays</i> L. cv. cargil 482				
Diário	14,2 $\pm$ 0,52 a	66,4 $\pm$ 3,56 ab	5,18 $\pm$ 2,02 a	25,80 $\pm$ 2,56 a
3 dias	13,8 $\pm$ 0,98 a	73,2 $\pm$ 5,63 a	5,20 $\pm$ 1,13 a	28,00 $\pm$ 4,14 a
6 dias	11,6 $\pm$ 0,48 ab	57,6 $\pm$ 4,71 bc	5,58 $\pm$ 1,08 a	26,70 $\pm$ 3,63 a
12 dias	9,6 $\pm$ 1,02 b	47,8 $\pm$ 5,20 c	5,02 $\pm$ 0,98 a	30,00 $\pm$ 4,52 a
<i>Helianthus annuus</i> L. BRS 323				
Diário	42,6 $\pm$ 0,85 a	60,8 $\pm$ 7,66 a	5,71 $\pm$ 1,36 a	23,80 $\pm$ 2,32 a
3 dias	35,2 $\pm$ 0,78 ab	51,8 $\pm$ 2,22 ab	5,20 $\pm$ 1,52 a	27,00 $\pm$ 3,22 a
6 dias	34,8 $\pm$ 0,96 ab	51,0 $\pm$ 3,65 ab	5,58 $\pm$ 2,15 a	24,70 $\pm$ 1,10 a
12 dias	26,8 $\pm$ 0,76 b	41,0 $\pm$ 4,43 b	5,02 $\pm$ 1,12 a	28,00 $\pm$ 2,63 a
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. cv. BRS esplendor				
Diário	44,6 $\pm$ 0,79 a	49,0 $\pm$ 6,33 a	4,70 $\pm$ 0,96 a	23,40 $\pm$ 3,08 a
3 dias	45,4 $\pm$ 0,67 a	50,0 $\pm$ 7,20 a	4,30 $\pm$ 1,08 a	24,20 $\pm$ 2,10 a
6 dias	35,8 $\pm$ 0,77 b	45,4 $\pm$ 5,78 ab	3,89 $\pm$ 1,25 a	21,60 $\pm$ 1,96 a
12 dias	33,0 $\pm$ 0,93 b	39,0 $\pm$ 4,49 b	4,02 $\pm$ 1,06 a	26,70 $\pm$ 2,36 a
<i>Pisum sativum</i> L. cv. exzellenz 62				

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 2 - Médias ( $\pm$ desvios padrão) para massa fresca do sistema radicular (MFSR), da parte aérea (MFPA), total (MFT) e massa seca do sistema radicular (MSSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST) de milho (*Zea mays* L. cv. cargil 482), girassol (*Helianthus annuus* L. cv. BRS 323), feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS esplendor) e ervilha (*Pisum sativum* L. exzellenz 62) submetidos ao déficit hídrico

Tratamento		MFSR	MFPA	MFT	MSSR	MSPA	MST	
		g planta <sup>-1</sup>						
Diário	Zea mays L. cv. cargil 482	92,81 $\pm$ 7,32 a	169,10 $\pm$ 11,65 c	261,91 $\pm$ 12,52 b	10,20 $\pm$ 1,23 a	14,31 $\pm$ 1,22 b	24,51 $\pm$ 2,64 a	
		3 dias	83,77 $\pm$ 8,12 b	275,3 $\pm$ 9,54 a	359,07 $\pm$ 15,46 a	5,03 $\pm$ 0,98 b	20,22 $\pm$ 2,42 a	25,25 $\pm$ 1,98 a
		6 dias	51,36 $\pm$ 6,89 bc	167,7 $\pm$ 10,63 c	219,06 $\pm$ 10,85 c	4,79 $\pm$ 0,68 bc	16,78 $\pm$ 1,61 b	21,57 $\pm$ 1,87 a
		12 dias	50,28 $\pm$ 6,33 c	213,23 $\pm$ 11,38 b	263,51 $\pm$ 11,39 b	4,39 $\pm$ 0,96 c	13,23 $\pm$ 2,35 ab	17,62 $\pm$ 1,56 b
Diário	Helianthus annuus L. cv. BRS 32	22,93 $\pm$ 3,34 a	164,47 $\pm$ 12,87 b	187,40 $\pm$ 9,87 b	3,06 $\pm$ 0,92 a	12,46 $\pm$ 1,65 a	15,52 $\pm$ 1,52 a	
		3 dias	21,75 $\pm$ 2,12 ab	190,94 $\pm$ 14,45 a	212,69 $\pm$ 10,78 a	2,84 $\pm$ 0,85 ab	8,98 $\pm$ 1,42 ab	11,82 $\pm$ 1,10 b
		6 dias	17,48 $\pm$ 2,89 b	114,12 $\pm$ 12,32 c	131,60 $\pm$ 7,46 c	2,36 $\pm$ 0,87 b	6,12 $\pm$ 1,93 b	8,48 $\pm$ 0,98 c
		12 dias	4,18 $\pm$ 1,96 c	29,72 $\pm$ 7,89 d	33,90 $\pm$ 6,22 d	0,47 $\pm$ 0,96 c	1,89 $\pm$ 0,13 c	2,36 $\pm$ 0,12 d
Diário	Phaseolus vulgaris L. cv. BRS esplendor	15,8 $\pm$ 3,74 a	200,19 $\pm$ 14,56 a	215,99 $\pm$ 11,96 a	5,44 $\pm$ 0,89 a	13,22 $\pm$ 1,72 a	18,66 $\pm$ 1,98 a	
		3 dias	12,2 $\pm$ 2,08 ab	157,37 $\pm$ 11,52 b	169,57 $\pm$ 9,83 b	3,00 $\pm$ 0,96 b	11,08 $\pm$ 1,81 a	14,08 $\pm$ 1,93 c
		6 dias	9,8 $\pm$ 1,32 b	160,22 $\pm$ 12,74 b	170,02 $\pm$ 9,73 b	2,46 $\pm$ 0,95 bc	12,92 $\pm$ 2,69 a	15,38 $\pm$ 1,35 bc
		12 dias	6,0 $\pm$ 1,23 c	87,16 $\pm$ 13,20 c	93,16 $\pm$ 9,35 c	1,96 $\pm$ 0,87 c	5,16 $\pm$ 0,98 b	7,12 $\pm$ 0,95 d
Diário	Pisum sativum L. cv. exzellenz 62	15,4 $\pm$ 3,76 a	130,23 $\pm$ 10,86 ab	145,63 $\pm$ 9,81 a	4,22 $\pm$ 0,93 a	12,03 $\pm$ 3,82 a	16,25 $\pm$ 1,25 a	
		3 dias	6,7 $\pm$ 1,23 b	141,37 $\pm$ 11,12 a	148,07 $\pm$ 7,43 a	1,57 $\pm$ 0,12 b	13,49 $\pm$ 3,65 a	15,06 $\pm$ 1,52 a
		6 dias	4,3 $\pm$ 0,96 bc	127,56 $\pm$ 9,85 b	131,86 $\pm$ 7,32 b	1,05 $\pm$ 0,08 c	8,12 $\pm$ 2,82 b	9,17 $\pm$ 0,89 b
		12 dias	3,4 $\pm$ 0,98 c	106,72 $\pm$ 8,76 c	110,12 $\pm$ 5,96 c	0,92 $\pm$ 0,05 c	5,25 $\pm$ 1,36 c	6,17 $\pm$ 0,84 b

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade