

CAPÍTULO 02

ESTRESSE HÍDRICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE HANDROANTHUS IMPETIGINOSUS E ADENANTHERA PAVONINA

WATER STRESS ON THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF
HANDROANTHUS IMPETIGINOSUS AND ADENANTHERA
PAVONINE SEEDS

DOI: 10.5281/zenodo.10202250

Daisa do Socorro de Sousa Lima¹

Gícila Maria dos Santos Ribeiro²

Beatriz Sousa Barbosa³

Raimundo Thiago Lima da Silva⁴

Cassio Rafael Costa dos Santos⁵

Marília Shibata⁶

¹ daisalimaftal@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/0502288623957939>, <https://orcid.org/0009-0009-0637-9385>,
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, *campus* Capitão Poço.

² gicilamaria16@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/3914272367237336>, <https://orcid.org/0009-0007-7877-7900>,
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, *campus* Capitão Poço.

³ barbosabeatriz@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/8646036018119177>, <https://orcid.org/0000-0002-2146-1370>,
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, *campus* Capitão Poço.

-
- ⁴ raimundo.lima@ufra.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/0422399812730914>, <https://orcid.org/0000-0002-1596-4852>,
Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA, *campus* Capitão Poço.
- ⁵ cassio.santos@ufra.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/9409844469349573>, <https://orcid.org/0000-0001-9356-0186>,
Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA, *campus* Capitão Poço.
- ⁶ mariliashibata@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/4496821106580866>, <https://orcid.org/0000-0002-3564-2949>,
Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, Brasil

RESUMO

O ambiente e seus fatores adversos podem causar múltiplos estresses, podendo assim limitar a germinação de sementes e o desenvolvimento inicial das mudas. Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito do estresse hídrico na qualidade fisiológica de sementes de *Handroanthus impetiginosus* e *Adenantha pavonina*. As sementes foram submetidas à aplicação de doses crescentes de polietileno glicol (PEG 6000), nas seguintes proporções: 0, -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa. O experimento foi conduzido em câmara de germinação na temperatura constante de $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, com fotoperíodo de 12 horas durante 21 dias. As variáveis analisadas foram: porcentagem de germinação, comprimento e massa seca das plântulas e índice de velocidade de germinação. As porcentagens de germinação das sementes de *A. pavonina* foram superiores no tratamento controle, alcançando 89% com redução drástica a partir do potencial -0,2 MPa (39%). Já as sementes de *H. impetiginosus* não se verificou diferenças na germinação entre os tratamentos testados. O estresse hídrico imposto pelas soluções com potenciais hídricos abaixo de -0,4 MPa foram prejudiciais à germinação e ao vigor das sementes de *A. pavonina*, enquanto para as sementes de *H. impetiginosus*, foram tolerantes em todos os potenciais testados.

Palavras-chave: Déficit hídrico; Polietileno glicol; Produção de mudas.

ABSTRACT

The environment and its adverse factors can cause multiple stresses, which can limit seed germination and the initial development of seedlings. This work aimed to analyze the effect of water stress on the physiological quality of *Handroanthus impetiginosus* and *Adenantha pavonina* seeds. The seeds were subjected to the application of increasing doses of polyethylene glycol (PEG 6000), in the following proportions: 0, -0.2; -0.4; -0.6; -0.8 and -1.0 MPa. The experiment was conducted at constant temperature of $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, with a 12-hour photoperiod for 21 days. The variables analyzed were: percentage of germination, length and dry mass of seedlings and germination speed index. The germination percentages of *A. pavonina* seeds were higher in the control treatment, reaching 89% with a drastic reduction from the -0.2 MPa potential (39%). As for *H. impetiginosus* seeds, there were no differences in germination between the treatments tested. The water stress imposed by solutions with water

potentials below -0.4 MPa were harmful to the germination and vigor of *A. pavonina* seeds, while for *H. impetiginosus* seeds, they were tolerant at all potentials tested.

Keywords: Water deficit; Polyethylene glycol; Seedling production.

INTRODUÇÃO

O estresse hídrico é um fator ambiental que afeta a germinação de sementes (Bhatt *et al.* 2022). Quando a disponibilidade de água no solo é limitada, as sementes são incapazes de absorver a quantidade necessária de água para iniciar o processo de germinação. Como resultado, as taxas de germinação diminuem e o tempo necessário para a germinação pode aumentar (Das e Roychoudhury, 2014; Shama *et al.* 2012).

Além disso, o estresse hídrico pode levar a acumulação de substâncias tóxicas e a diminuição da atividade enzimática (Mittler 2002; Shao *et al.* 2008; Sharma *et al.* 2012), o que pode comprometer a qualidade e a capacidade de sobrevivência das plântulas. Por esses motivos, é importante considerar o estresse hídrico para a produção de mudas e na regeneração florestal, afim de garantir a disponibilidade adequada de água durante o processo de germinação das sementes.

Cada espécie pode apresentar mecanismos que conferem a tolerância ao estresse hídrico. Assim é fundamental o entendimento da ecofisiologia das espécies e conhecer os limites de tolerância e adaptação a ambientes com secas (Guedes *et al.* 2013; Bezerra *et al.* 2019). Algumas espécies apresentam resistência em relação às variações no potencial hídrico, sendo que as mais tolerantes possuem vantagem sobre as mais sensíveis, tornando essa importante característica um fator decisivo para recomendações de plantios de espécies capazes de suportar diferentes condições de potenciais osmóticos, sobretudo em áreas com baixa disponibilidade hídrica (Moura *et al.* 2011; Rego *et al.* 2011; Avrella *et al.* 2017).

A maioria das espécies florestais, ainda há uma carência dessas informações como para *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Adenanthera pavonina* L. Ambas as espécies apresentam grande potencial econômico e silvicultural. *H. impetiginosus* pertence à família Bignoniaceae, é conhecida vulgarmente como ipê rosa, ocorrendo principalmente nas regiões nordeste e centro-oeste brasileiras. É conhecida por sua beleza e possui alto valor ornamental por suas belas flores, apresentando também importância medicinal devido aos compostos que são extraídos de sua casca (Tormena *et al.* 2020).

Enquanto *Adenanthera pavonina* L. é uma espécie arbórea da Ásia tropical e pertence à família das Fabaceae, podendo ser conhecida popularmente como árvore-de-conta-vermelha, olho-de-dragão e pau-de-coral (Araújo *et al.* 2019). A espécie apresenta uso bastante diversificado, podendo ser cultivada como forrageira, ornamental, na arborização urbana e em reflorestamento. Também existem relatos de seu uso em perfumaria e na confecção de artesanatos (Geronço *et al.* 2020).

Estudos anteriores relatam que *H. impetiginosus* possuem mecanismos de tolerância à seca (Oliveira *et al.* 2020). Em outras espécies florestais há relatos que o estresse hídrico pode afetar a germinação de sementes com a redução da velocidade e na porcentagem de germinação (Luo *et al.* 2022) e alterações no crescimento e desenvolvimento das plântulas (Gomes *et al.* 2023).

Além disso, a longevidade das sementes, a dormência e a atividade de patógenos do solo podem ser afetadas pelas mudanças no clima (Baldrian *et al.* 2023; Klupczynska e Pawłowski 2021; Ooi 2012). No entanto, ainda há poucas informações sobre o efeito do estresse hídrico na germinação e qualidade das sementes dessas espécies, o que pode limitar o seu uso em programas de recuperação de áreas degradadas através da produção de mudas ou o plantio direto. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o efeito do estresse hídrico na germinação de sementes de *Handroanthus impetiginosus* e *Adenanthera pavonina*.

METODOLOGIA

As sementes de *H. impetiginosus* utilizadas no experimento foram coletadas no município de Capitão Poço, oriundas de seis árvores matrizes. Após a coleta, as sementes foram submetidas à secagem em temperatura controlada em laboratório (20 °C; UR 49 %) por treze dias e armazenadas em sacos plásticos por 1 ano e 2 meses ($\pm 6,4$ °C; UR 57 %) até o início do experimento.

Já a coleta das sementes de *A. pavonina* foi realizada no mês de fevereiro de 2021. As sementes foram provenientes de três árvores matrizes localizadas no município de Ourém-PA. Após a coleta, as sementes foram beneficiadas manualmente e armazenadas em refrigerador por 2 meses ($\pm 6,4$ °C; UR 57 %) até o início do experimento.

As sementes de *A. pavonina* foram escarificadas manualmente com lixa nº 80 na região oposta ao hilo, para superação da dormência (Pelazza *et al.* 2011). Posteriormente, utilizou-se

uma solução com fungicida (Captana 500g/kg) a 5% por cinco minutos. As sementes de *H. impetiginosus* não receberam tratamento pré-germinativo e realizou-se a assepsia em hipoclorito de sódio a 2 % por 5 minutos.

Em seguida, as sementes foram submetidas à aplicação de doses crescentes de polietileno glicol (PEG 6000) para alcançar os seguintes potenciais hídricos: 0, -0,2; -0,4; - 0,6; -0,8 e -1,0 MPa de acordo com metodologia descrita por Villela et al. (1991), totalizando seis tratamentos com quatro repetições e 25 sementes em cada tratamento. As sementes foram colocadas para germinar em rolos de papel germitest, umedecidos com água destilada (testemunha) e com as soluções de PEG 6000, com a quantidade equivalente a 3 vezes a massa do papel.

O experimento foi conduzido em câmara de germinação do tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) regulada na temperatura constante de $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Oliveira et al., 2005), com fotoperíodo de 12 horas, durante 21 dias. Ao final do teste, foram avaliadas as seguintes variáveis: porcentagem de germinação de plântulas normais (G), comprimento (CP), massa seca (MS) das plântulas à $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 h e o índice de velocidade de germinação (IVG) com avaliações diárias (Maguire, 1962).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 4 repetições de 25 sementes cada. Os resultados foram submetidos à análise de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk e à análise de homogeneidade de variâncias, pelo teste de Levene, ambos a 5% de probabilidade. Os dados não normais e/ou heterogêneos foram submetidos a transformação Box-Cox. Em seguida, foi realizada a análise de variância, pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estresse hídrico na germinação de sementes de *A. pavonina*

As porcentagens de germinação das sementes de *A. pavonina* foram superiores no tratamento controle, alcançando 89 % com redução drástica a partir do potencial -0,2 MPa (39 %). Essa redução se manteve com os demais tratamentos, os quais não diferiram significativamente entre si (Tabela 1).

O decréscimo observado na germinação das sementes com a redução do potencial osmótico foi também verificado por Fonseca e Perez (2003), ao testar diferentes níveis de

concentrações de PEG 6000 em *A. pavonina*, alcançando 81 % no tratamento controle e diminuição para 46 % no tratamento -0,2 MPa e 25 % no tratamento -0,4 MPa. Similarmente, na germinação das sementes dessa espécie, observou-se, 60 a 40 % de germinação nos tratamentos testemunha e -0,5 MPa, respectivamente, enquanto para os demais tratamentos (-1,0, -1,5 e -2,0 MPa) não houve germinação, evidenciando que tais potenciais hídricos inibiram completamente o poder germinativo das sementes (Leite *et al.* 2018).

Tabela 1 - Resultados da análise de comparação de médias da porcentagem de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas (CP) e massa seca (MS) de *A. pavonina*, em condições de estresse hídrico simulado com PEG (6000)

TRATAMENTO	G (%)	IVG	CP (cm. plantula ⁻¹)	MS (mg. plantula ⁻¹)
0	89,0 ± 2,00 a	2,27 ± 0,15 a	18,75 ± 0,68 a	125,8 ± 0,01 a
-0,2	39,0 ± 22,00 b	1,24 ± 0,64 b	6,76 ± 4,44 b	97,8 ± 0,04 a
-0,4	13,0 ± 11,49 b	0,40 ± 0,37 bc	2,2 ± 2,00 b	129,8 ± 0,002 a
-0,6	6,0 ± 2,31 b	0,21 ± 0,07 c	1,12 ± 0,40 b	126,3 ± 0,005 a
-0,8	1,0 ± 2,00 b	0,03 ± 0,06 c	0,19 ± 0,38 b	32,5 ± 0,07 a
-1	1,0 ± 2,00 b	0,03 ± 0,06 c	0,12 ± 0,24 b	32,5 ± 0,07 a

Corroborando com nossos resultados, Dutra *et al.* (2022) em estudo com *Physalis peruviana*, também obtiveram alta porcentagem de germinação até o potencial -0,2 MPa, enquanto que nos demais potenciais osmóticos (-0,4 e -0,6 MPa), a porcentagem de germinação reduziu gradativamente, ou seja, a porcentagem de germinação apresentou redução de acordo com o aumento das concentrações de PEG-6000. Esse decréscimo na germinação pode estar relacionado ao fato de que o PEG apresenta alta viscosidade, impedindo que as sementes absorvam água e, como consequência, pode ter ocasionado a redução do seu potencial germinativo.

A baixa tolerância da *A. pavonina* ao estresse hídrico também foi constatada ao observar os resultados do índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 1). O potencial de -0,2 MPa diferiu dos potenciais -0,6, -0,8 e -1,0 MPa e valores superiores foram observados apenas no tratamento controle (2,27) havendo uma redução à medida que o potencial osmótico das soluções diminuiu. Esse retardamento da germinação, após o condicionamento osmótico, pode

expressar perda de vigor ou ainda falhas no mecanismo de reparo que atua no processo de deterioração das sementes (Lanteri *et al.* 1998).

Em relação ao comprimento de plântulas (CP), obteve-se um valor significativamente superior no tratamento controle (18,75 cm), com diminuição a partir de -0,2 MPa (Tabela 1). Geralmente, quando as sementes são expostas a concentrações crescentes de PEG, observa-se uma tendência a redução no comprimento das plântulas, especialmente em concentrações mais elevadas de PEG. Isso ocorre porque o PEG reduz a disponibilidade de água para as plantas, causando estresse hídrico e afetando seu crescimento. No presente estudo, não foi observado esse comportamento com valores de CP semelhantes nas concentrações testadas.

Outras espécies podem ser mais tolerantes ao estresse hídrico e, portanto, podem ser capazes de manter seu crescimento mesmo em condições de baixa disponibilidade de água. Em estudo realizado por Duarte *et al.* (2018) com a espécie *A. colubrina* observou resultados divergentes com reduções significativas das variáveis analisadas à medida que o potencial osmótico se tornou mais negativo com maiores médias no tratamento controle (0 MPa), reduzindo drasticamente a partir do potencial -0,8 MPa.

Sabe-se que para sementes de diversas espécies, existe um valor de potencial osmótico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (Carvalho 2005). Os dados deste estudo evidenciam que as sementes de *A. pavonina*, ao serem expostas à solução de PEG em qualquer condição de déficit hídrico a partir de -0,2 MPa, apresentaram uma redução na germinação e no índice de velocidade de germinação e, conseqüentemente, em seu desenvolvimento.

Diante dos resultados apresentados, é possível afirmar que as variáveis analisadas, com exceção da massa seca, foram afetadas negativamente pelo aumento das concentrações de PEG 6000 aos quais as sementes foram submetidas. Com isto, é importante ressaltar que nessas variáveis a queda foi drástica na menor concentração utilizada, ou seja -0,2 MPa, enfatizando a intolerância da espécie ao estresse hídrico a partir desse potencial osmótico.

Estresse hídrico na germinação de sementes de *H. impetiginosus*

Ao analisar o efeito do estresse hídrico nas sementes de *H. impetiginosus* com PEG 6000, pode-se observar que, para a variável porcentagem de germinação (G), não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 - Porcentagem de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas (CP) e massa seca (MS) de *H. impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos em condições de estresse hídrico simulado com PEG (6000)

Tratamento	G (%)	IVG	CP (cm plântula ⁻¹)	MS (mg plantula ⁻¹)
0	92 ±6,83 a	3,90 ±0,30 a	11,38 ±0,56 a	22,14 ±0,001 a
-0,2	97 ±2,00 a	3,85 ±0,09 a	11,72 ±0,78 a	22,17 ±0,001 a
-0,4	83 ±8,25 a	2,95 ±0,31 b	9,98 ±0,17 ab	21,99 ±0,001 a
-0,6	98 ±4,00 a	3,32 ±0,07 b	10,36 ±0,33 ab	20,23 ±0,001 a
-0,8	87 ±10,52 a	3,08 ±0,16 b	8,77 ±0,39 b	20,96 ±0,001 a
-1	95 ±6,00 a	3,16 ±0,10 b	11,37 ±0,36ab	22,30 ±0,001 a

Fonte: Autores, 2023.

Resultados diferentes foram encontrados por Santos *et al.* (2018) em que o agente osmótico PEG 6000 causou redução significativa na germinação de sementes de *H. impetiginosus* a partir de -0,4 MPa, com valores iguais a 60 e 64 % nas temperaturas de 25 e 30 °C, respectivamente, e 0 % germinação a partir do potencial -0,8 MPa para a temperatura de 30 °C. Esses resultados mostram o comprometimento na germinação e no vigor de sementes de *H. impetiginosus* em condições de estresse hídrico à medida que o potencial osmótico diminui, principalmente para agentes osmóticos a partir de -0,6 MPa.

Em outra espécie florestal, Bello *et al.* (2008) estudando a germinação em sementes de *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Sm., obtiveram redução na germinação e na formação de plântulas à medida em que foi reduzida a disponibilidade hídrica no substrato, sendo que as maiores porcentagens de germinação de sementes ocorreram nos tratamentos testemunha e -0,2 MPa, com 63 e 64% de germinação, respectivamente, havendo redução significativa entre -0,4 e -1,0 MPa, com inibição total do processo de germinação à -1,2MPa. A redução da germinação quando o potencial osmótico é mais negativo pode prolongar a duração da fase II e retardar ou impedir a fase III do processo de embebição de água (Antunes *et al.* 2011; Bewley *et al.* 2014).

Sabe-se que algumas espécies possuem sementes com capacidade para germinar sob condições de déficit hídrico, conferindo vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis à seca (Rosa *et al.* 2005). Segundo Martins *et al.* (2015), a espécie *H. impetiginosus*

possui facilidade de se adaptar em diferentes condições ambientais, levando-a a uma vantagem em relação a outras espécies florestais.

Em relação aos demais parâmetros de vigor, observou-se que o IVG obteve valores superiores nas concentrações 0 e -0,2 MPa, alcançando 3,90 e 3,85, respectivamente (Tabela 2). Em estudo realizado com três espécies arbóreas da família Bignoniaceae (*Tabebuia roseoalba*, *H. chrysotrichus* e *H. impetiginosus*), observou-se que, sob estresse hídrico, o IVG diminuiu à medida que o potencial hídrico se tornou mais negativo (Valdovinos *et al.* 2021), divergindo dos resultados encontrados no presente estudo.

Em relação ao comprimento de plântulas observou-se valores inferiores a partir de -0,4 MPa, sendo que os potenciais -0,6, -0,8 e -1,0 MPa não diferiram dos demais com 11,38 e 11,72 cm nos tratamentos 0 e -0,2 MPa, respectivamente (Tabela 2). Enquanto os resultados obtidos para massa seca não se diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2). Lucchese *et al.* (2018), estudando o efeito do estresse hídrico em plântulas da espécie florestal *Toona ciliata* var. *australis*, observaram incremento da massa fresca apenas no potencial -0,1 MPa.

Assim, a partir dos resultados encontrados no presente trabalho, fica evidente que as sementes de *H. impetiginosus* comportam-se de maneira resistente aos diferentes níveis de potenciais osmóticos em relação à germinação, contudo foi possível verificar o início da perda de qualidade fisiológica das sementes através das variáveis de vigor como IVG e comprimento de plântulas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados sugerem a capacidade da espécie *H. impetiginosus* de tolerar e se restabelecer em ambientes passíveis de seca, tolerando até o potencial mais negativo (-1,0 MPa). Já para a espécie *A. pavonina*, o resultado foi contrário, pois a mesma apresentou maior sensibilidade à seca, sendo indicado o limite de potencial de -0,2 MPa na fase de germinação.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, C. G. C.; PELACANI, C. R.; RIBEIRO, R. C.; SOUZA, J. V. D.; SOUZA, C. L. M. D.; CASTRO, R. D. D. Germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira) submetidas à deficiência hídrica. **Revista árvore**, v. 35, p. 1007-1015, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000600006>.

- ARAÚJO, N. M. P. PEREIRA, G. A.; ARRUDA, H. S.; PRADO, L. G.; RUIZ, A. L. T. G.; EBERLIN, M. N.; Pastore, G. M. O tratamento enzimático melhora as atividades antioxidante e antiproliferativa de sementes de *Adenanthera pavonina* L. **Biocatálise e biotecnologia agrícola**, v. 18, p. 101002, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.01.040>.
- AVRELLA, E. D.; BARATTO, B.; LUCCHESI, J. R., NAVROSKI, M. C., & FIOR, C. S. Estresse hídrico e salinidade na germinação de sementes de *Mimosa scabrella* Benth. **Revista Espacios**, v. 38, n. 47, p. 24-34, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n47/a17v38n47p24.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- BALDRIAN, P.; LÓPEZ-MONDÉJAR, R.; KOHOUT, P. Forest microbiome and global change. **Nature Reviews Microbiology**, p. 1-15, 2023. Nature Research. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00876-4>.
- BELLO, E. P.; ALBUQUERQUE, M. C. D. F., GUIMARÃES, S. C.; MENDONÇA, E. A. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) AC Sm. submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 16-24, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000300003>.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. Sementes: fisiologia do desenvolvimento, germinação e dormência. New York: Springer, 2014. v.1, 407p.
- BHATT, A.; DAIBES, L. F.; GALLACHER, D. J.; JARMA-OROZCO, A.; POMPELLI, M. F. O estresse hídrico inibe a germinação enquanto mantém a viabilidade do embrião de sementes de zonas úmidas subtropicais: uma abordagem funcional com contrastes filogenéticos. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.906771>.
- BEZERRA, A. C.; BARBOSA, L. da S.; ZUZA, J. F. C.; AZEVEDO, C. F. de. Fisiologia e vigor de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* BENTH em condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 9, n. 1, p. 41-46, 2019.
- CARVALHO, C. J. R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [S. *parahyba* var. *amazonicum*] e *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] à deficiência hídrica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.907-914, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600009>.
- DAS, K.; ROYCHOUDHURY, A. Espécies reativas de oxigênio (ROS) e resposta de antioxidantes como ROS-scavengers durante estresse ambiental em plantas. **Fronteiras da ciência ambiental**, v. 2, p. 53, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00053>.
- DUARTE, M. M.; KRATZ, D.; DE CARVALHO, R. L. L.; NOGUEIRA, A. C. Influência do estresse hídrico na germinação de sementes e formação de plântulas de angico branco. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.5, n.3, p.375-379, 2018. DOI: [10.34062/afs.v5i3.5521](https://doi.org/10.34062/afs.v5i3.5521).
- DUTRA, V. H.; AMORIM, L. M. A.; BERNARDO, A. M.G.; ALVES, E. C.; DE OLIVEIRA, C. M.; DOS SANTOS DIAS, D. C. F. Qualidade fisiológica de sementes de *Physalis peruviana* sob condições de estresse hídrico. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e44011225997-e44011225997, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25997>.

- FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. de A. Ação do polietileno glicol na germinação de sementes *Adenathera pavonina* L. e o uso de poliaminas na atenuação do estresse hídrico sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.01-06, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222003000100001>.
- GERONÇO, M. S.; MELO, R. C.; BARROS, H. L. M.; AQUINO, S. R.; OLIVEIRA, F. De C. E.; ISLÂ, M. T.; PESSOA, C. RIZZO, M. dos S.; COSTA, M. P. Avanços na pesquisa de *Adenathera pavonina*: Do uso tradicional à propriedade intelectual. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 14, n. 1, pág. 24-53, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5897/JMPR2019.6872>.
- GOMES, S. E. V.; GOMES, R. A.; DANTAS, B. F. Climate and seed size of a dry forest species: influence on seed production, physiological quality, and tolerance to abiotic stresses. **Journal of Seed Science**, v. 45, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45264166>.
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, C. R. D.; SANTOS, S. D. R. N. D. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v.23, n.1, p.45-53, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050988438>.
- KLUPCZYNSKA, E. A.; PAWŁOWSKI, T. A. Regulação da dormência de sementes e mecanismos de germinação em um ambiente em mudança. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 3, p. 1–18, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22031357>.
- LANTERI, S.; NADA, E.; BELLETTI, P. Effects of controlled deterioration and osmoconditioning on germination and nuclear replication in seeds of pepper (*Capsicum annuum* L.). **Annals of Botany**, New York, v. 77, n. 66, p. 591-597, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/77.6.591>.
- LEITE, I. A.; CAMANO, J. D. Z.; GUEDES, A. F.; BARROSO, R. F.; BAKKE, E. A.; de OLIVEIRA FREIRE, A. L. Avaliação da germinação de sementes de *Adenathera pavonina* L. submetidas ao estresse hídrico. **Biodiversidade**, v. 17, n. 3, 2018. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/7506>. Acesso em: 16 jan. 2023.
- LUCCHESI, J. R.; BOVOLINI, M. P.; HILGERT, M. A.; BROSE, C. B.; AVRELLA, E. D.; LAZAROTTO, M. Estresse salino e hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 141-149, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509831633>.
- LUO, Y.; CHENG, J.; YAN, X.; ZHANG, J.; ZHANG, J. Germination of seeds subjected to temperature and water availability: implications for ecological restoration. **Forests**, v. 13, n. 11, pág. 1854, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13111854>.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. . **Crop Science**, v. 2, pág. 176-177, 1962. DOI: <https://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.
- MARTINS, J. R.; EDVALDO, A. A. S.; ALVARENGA, A. A.; RODRIGUES, A. C.; RIBEIRO, D. E.; TOOROP, P. E. Sobrevivência de plântulas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart ex DC) Mattos em ambiente semiárido por meio de modificação da velocidade de

germinação e tolerância à dessecação pós-germinação. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, p. 812-820, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.23413>.

MITTLER, R. Estresse oxidativo, antioxidantes e tolerância ao estresse. **Tendências em ciência vegetal**, v. 7, n. 9, pág. 405-410, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02312-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312-9).

MOURA, M. R. LIMA, R. P.; DE FARIAS, S. G. G.; ALVES, A. R.; BEZERRA, R. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, p.230-235. 2011. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/830>. Acesso em: 16 mar. 2023.

OOI, M. K. J. Seed bank persistence and climate change. **Seed Science Research**, v. 22, n. 1, pág. 53-60, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258511000407>.

OLIVEIRA, L. M. D.; CARVALHO, M. L. M. D.; SILVA, T. T. D. A.; BORGES, D. I. Temperatura e Regime de Luz na Germinação de Sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich. – Bignoniaceae. **Ciência Agrotecnologia**, vol.29, n.3, p.642-648, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000300020>.

OLIVEIRA, N. P.; DO NASCIMENTO, J. W. S.; JÚNIOR, N. D. S. M.; DE OMENA SERAFIM, E.; LEANDRO, B. S.; PEREIRA, L. S.; DO NASCIMENTO, H. H. C. Ecofisiologia de mudas de *Handroanthus impetiginosus* submetidas a diferentes ciclos de rega. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36563-36574, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-264>.

PELAZZA, B. B.; SEGATO, S. V.; ROMANATO, F. N. Quebra de dormência em semente de *Adenanthera pavonina* L. **Nucleus**, v.8, n.1, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3738/nucleus.v8i1.464>.

REGO, S. S., FERREIRA, M. M., NOGUEIRA, A. C., GROSSI, F., SOUSA, R. K., BRONDANI, G. E., ARAUJO, M. A., & Silva, A. L. L. (2011). Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, 2(4), 37- 42. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v2n4.rego>.

ROSA, L. S.; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* BAILL (TIMBÓ). **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, p.306-314, 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74411309.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.

SANTOS, P.; BENEDITO, C. P.; ALVES, T. R; PAIVA, E. P.; SOUSA, E. C.; FREIRES, A. L. Estresse hídrico e temperatura na germinação e vigor de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v.22, n.5. p.349-354, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p349-354>.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Espécies reativas de oxigênio, dano oxidativo e mecanismo de defesa antioxidante em plantas sob condições

estressantes. **Journal of Botany**, v. 2012, p. 1–26, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/217037>.

SHAO, H. B.; CHU, L. Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes rendus biologiques**, v. 331, n. 3, pág. 215-225, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.01.002>.

TORMENA, R. P. I.; ROSA, E. V.; MOTA, B. D. F. O.; CHAKER, J. A.; FAGG, C. W.; FREIRE, D. O.; SOUSA, M. H. Evaluation of the antimicrobial activity of silver nanoparticles obtained by microwave-assisted green synthesis using *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos underbark extract. **RSC advances**, v. 10, n. 35, p. 20676-20681, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1039/D0RA03240A>.

VALDOVINOS, T. M.; PAULA, R. C. D.; SILVA, P. C. D. C.; FANCHINI, G. Germinação de sementes de três espécies arbóreas da família Bignoniaceae sob estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210072>.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela do potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/21308/1/pab18_novdez_91.pdf.

Acesso em: 14/01/2023.