

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CURSO DE AGRONOMIA**

**MATHEUS LEMES DA SILVA LIMA**

**COMPORTAMENTO DE TRATAMENTOS QUÍMICOS EM DETRIMENTO  
DO ESTRESSE HÍDRICO EM SEMENTES E PLÂNTULAS DE SOJA**

**UBERLÂNDIA-MG**

**2021**

**MATHEUS LEMES DA SILVA LIMA**

**COMPORTAMENTO DE TRATAMENTOS QUÍMICOS EM DETRIMENTO  
DO ESTRESSE HÍDRICO EM SEMENTES E PLÂNTULAS DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Agronomia da Universidade Federal de  
Uberlândia, como requisito necessário para  
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Cesar R. M. Catão.

**UBERLÂNDIA-MG**

**2021**

**MATHEUS LEMES DA SILVA LIMA**

**COMPORTAMENTO DE TRATAMENTOS QUÍMICOS EM DETRIMENTO  
DO ESTRESSE HÍDRICO EM SEMENTES E PLÂNTULAS DE SOJA**

Banca de avaliação:

---

Prof. Dr. Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão  
(Orientador)

---

Dr. Adílio de Sá Júnior

---

Daniel Bonifácio Oliveira Cardoso

**UBERLANDIA-MG**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, quero agradecer à Deus por ter abençoado a minha trajetória dentro da universidade, por me dar força e sabedoria para buscar meus objetivos.

Quero agradecer aos meus pais, Maria Aparecida e Clênio, que me deram todo o apoio e suporte para iniciar e concluir minha formação como pessoa e como profissional. Sou imensamente grato a eles por acreditarem em mim e terem me permitido estudar.

Agradeço as minhas avós, Amada e Celina, por me fazerem acreditar que sou capaz de alcançar os meus objetivos e conquistar o mundo. O apoio, a força, o amor, a sabedoria e os conselhos que as duas me deram foi fundamental na minha trajetória.

Agradeço a minha namorada, Natalie, pela dedicação, pelo apoio e por estar sempre presente ao meu lado me orientando e ajudando no meu crescimento pessoal.

Agradeço ao meu professor orientador, Hugo, pela contribuição na minha formação acadêmica e pelo suporte na realização deste trabalho.

Sem vocês eu não conseguiria!

## RESUMO

A produção de soja é influenciada por estresses bióticos e abióticos. A escassez de água retarda e diminui a germinação de sementes, causando emergência desigual das plântulas, estande insatisfatório e conseqüentemente, redução da produtividade. Objetivou-se avaliar os efeitos de tratamentos químicos como agentes redutores do estresse hídrico em sementes e plântulas de soja. Foram utilizadas sementes de soja da cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, tratadas quimicamente e submetidas ao estresse hídrico sob diferentes potenciais osmóticos. O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia. O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro tratamentos químicos de sementes (Controle (água); Thiametoxam; Fludioxonil + Metalaxil-M e Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico) e quatro potenciais osmóticos (0,0; -0,1; -0,2 e -0,3 MPa) com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: germinação, comprimento do hipocótilo, raiz e total de plântulas, índice de vigor do crescimento (SLVi) e índice de vigor do peso da plântula (SWVi). A germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de soja foi afetada negativamente pelo maior potencial osmótico, independentemente do tratamento de sementes. O tratamento com Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico aumenta a tolerância de sementes e plântulas ao estresse hídrico.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L) Merrill, qualidade fisiológica, tratamento de sementes, potencial osmótico, estresse hídrico.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	11
4. CONCLUSÃO .....	17
5. REFERÊNCIAS .....	18

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill), em termos econômicos, é a principal espécie cultivada no território brasileiro (CARVALHO et al., 2020). A sua produção é estimulada pelo aumento populacional global, associado aos múltiplos usos da cultura, como ração humana e animal e produção de biodiesel (WU et al., 2018). Na safra 2020/21, a área plantada no Brasil apresentou crescimento de 4,2% em comparação ao período 2019/20, atingindo 38,5 milhões de hectares e produção total de 135,4 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

A cultura da soja é afetada negativamente por estresses bióticos e abióticos (BRZEZINSKI et al., 2015). Os estresses bióticos, como doenças, pragas e nematoides podem ocasionar redução na porcentagem de germinação e prejudicar o estabelecimento inicial da cultura acarretando perdas de produtividade (SILVA et al., 2019). Já os estresses abióticos, dentre esses, a disponibilidade hídrica, a temperatura e o fotoperíodo provocam alterações significativas no ciclo da soja (RODRIGUES et al., 2001).

O tratamento químico de sementes busca reduzir os impactos causados pelos estresses bióticos, como doenças do solo e ataque de pragas (SOARES et al., 2019). Essa tecnologia consiste na aplicação de compostos químicos ou biológicos nas sementes, a fim de suprimir, controlar ou repelir patógenos, insetos ou outras pragas (ABRASEM, 2015). Deste modo, mantém a qualidade fisiológica, genética e sanitária das sementes, apresentando efeitos benéficos em diversas fases do crescimento inicial e do desenvolvimento da cultura, refletindo em boas produtividades (CUNHA et al., 2015).

Porém, ainda há informações limitadas de como tais tratamentos se comportam sob qualidade fisiológica das sementes (LACERDA et al., 2021), se irão causar fitotoxidez ou aumentar a tolerância por exemplo diante do estresse hídrico. Em determinadas situações, alguns princípios ativos podem levar à redução da germinação e do vigor e, conseqüentemente, menor estabelecimento de mudas resultante da fitotoxicidade nas sementes (ALVES et al., 2017). Entretanto, alguns estudos demonstraram que o tratamento de sementes aumenta a emergência de plântulas e beneficia o crescimento das plantas submetidas ao estresse hídrico (BALARDIN et al., 2011). É sabido que taxas inadequadas de grupos químicos (CARVALHO et al., 2020) e o volume de calda (EMBRAPA, 2011) também podem causar efeitos fitotóxicos em qualquer circunstância.

Dentre os estresses abióticos, o estresse hídrico é considerado o grande desafio da atual agricultura, uma vez que, em muitas situações, a semeadura é realizada em

condições inadequadas de umidade do solo (MUNNS; TESTER, 2008) visando o escape de infecções mais intensas da ferrugem asiática e melhores condições para implantação da 2ª safra (FERRARI et al., 2015). A escassez de água retarda e diminui a germinação de sementes (MORTELE et al., 2008), causa emergência desigual de plântulas, estabelecimento de estande insatisfatório (STEINER et al., 2017) e conseqüentemente, redução da produtividade (LAWLES et al., 2012).

Para que a germinação ocorra é necessário um potencial osmótico satisfatório, capaz de promover a embebição e, conseqüentemente, a ativação do metabolismo das sementes (MARCOS FILHO, 2015). Nos casos de ausência ou redução da capacidade de embebição das sementes por estresse hídrico a germinação é comprometida, afetando de forma negativa o desenvolvimento inicial das plântulas e a produção das lavouras (SOUZA et al., 2016).

Em condições de laboratório podem ser realizados estudos que simulem condições de estresse hídrico no solo, umedecendo o substrato de germinação com soluções aquosas que propiciam potenciais osmóticos negativos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Usualmente, a solução mais utilizada é com polietilenoglicol (PEG 6000), proposta pela primeira vez por Michel e Kaufmann (1973). Esse composto osmótico é quimicamente inerte, atóxico e não absorvível pelas sementes (VILLELA et al., 1991). Algumas pesquisas simulando o efeito do estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de diferentes espécies foram desenvolvidas, a exemplo daquelas com sementes de soja (SOARES et al., 2015).

Diante o exposto, objetivou-se avaliar os efeitos de tratamentos químicos como agentes redutores do estresse hídrico em sementes e plântulas de soja.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia, localizada no estado de Minas Gerais, Brasil. Para o trabalho foram utilizadas sementes de soja da cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF.

Inicialmente, as sementes foram misturadas em homogeneizador de 18 canais com duas passagens pelo equipamento. Em seguida, foi realizada a caracterização inicial das sementes a fim de avaliar a qualidade física e fisiológica das mesmas, utilizando os seguintes testes:

**Peso de mil sementes (g):** determinado por meio da utilização de 8 repetições de 100 sementes, conforme Brasil (2009).

**Teor de água (%):** determinado pelo método de estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas, utilizando-se duas amostras com 5g de sementes cada, (BRASIL, 2009).

**Germinação (%):** realizada em substrato de papel umedecido com água destilada na quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado. Os rolos foram levados para germinar em câmara tipo *Biological Oxygen Demand* (B.O.D.) regulada para o regime de temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . A primeira contagem de germinação foi realizada no quinto dia. No oitavo dia foi realizado a contagem final da germinação e a determinação de plântulas normais fortes.

**Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ):** o vigor foi avaliado indiretamente por meio da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes. Oito repetições de 50 sementes foram colocadas em copo plástico descartável (capacidade de 200 mL), pesadas em balança analítica de precisão (0,001 g), imersas sobre 75 ml de água deionizada e colocadas em câmara de germinação previamente regulada a  $25^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Após esse período de embebição, os recipientes foram retirados da câmara e com auxílio de um bastão de vidro as soluções contendo as sementes foram agitadas para uniformização dos lixiviados. Imediatamente procedeu-se à leitura em condutivímetro Digimed CD-21, com eletrodo constante 1, cujos dados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de semente.

Após realização da caracterização inicial, o ensaio tratamento químico de sementes sob o estresse hídrico foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro tratamentos químicos de sementes (Controle (água); Thiametoxam; Fludioxonil + Metalaxil-M e Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico;) e quatro potenciais osmóticos (0,0; -0,1; -0,2 e -0,3 MPa) com quatro repetições. Para a obtenção dos potenciais osmóticos foram utilizadas soluções aquosas compostas por água deionizada e polietilenoglicol (PEG 6000), preparadas de acordo com as especificações contidas em Tabela proposta por Villela, Doni Filho e Siqueira (1991).

O tratamento químico de sementes foi realizado manualmente em sacos plásticos, mediante agitação constante e vigorosa, até a cobertura completa das sementes pela calda. O volume da calda foi padronizado em 600 ml  $100 \text{ kg}^{-1}$  de sementes. A dosagem utilizada para preparo da calda seguiu as orientações contidas na bula de cada produto, acrescida de água destilada na quantidade equivalente a faltante para completar o volume especificado (Tabela 1). Nenhum polímero e secador de pó foram utilizados.

**Tabela 1.** Ingredientes ativos, produtos comerciais, classificação e taxas de aplicação para tratamento de sementes de soja. Uberlândia, 2021.

Ingrediente ativo (i.a.)	Nome comercial	Classificação <sup>1</sup>	Dose do produto comercial <sup>2</sup>	Dose de água <sup>3</sup>
Thiametoxam	Cruiser 350 FS	I	300	300
Fludioxonil + Metalaxil-M	Maxim XL	F + F	100	500
Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico	Standak Top	I + F + F	200	400
Controle	-	-	-	600

Classificação<sup>1</sup>: I: Inseticida; F: Fungicida; Dose do produto comercial<sup>2</sup>: ml 100 Kg<sup>-1</sup> de sementes; Dose de água<sup>3</sup>: ml 100 Kg<sup>-1</sup> de sementes; Volume total: 600 ml 100 Kg<sup>-1</sup> de sementes.

Após o tratamento as sementes foram secas a sombra por um dia, onde iniciou-se a montagem dos testes para avaliar a qualidade fisiológica das sementes sob condições de estresse hídrico. As variáveis analisadas foram: germinação, comprimento de hipocótilo, raiz primária e total das plântulas, índice de vigor de comprimento (SLVi) e índice de vigor do peso da muda (SWVi).

**Germinação (%):** foram utilizadas 200 sementes de cada tratamento químico, divididas em quatro repetições de 50 sementes e distribuídas em folhas de papel para germinação umedecido com as soluções de polietilenoglicol (PEG 6000) na quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado, sem adição posterior da solução. As soluções de PEG 6000 foram preparadas com os potenciais osmóticos: 0,0 (controle: água destilada); -0,1; -0,2 e -0,3 MPa. Após as folhas de germinação foram organizadas em forma de rolo e acondicionadas em sacos plásticos transparentes com a finalidade de evitar a perda de água por evaporação e garantir o potencial osmótico desejado. Em seguida, foram levadas para germinar em câmara tipo *Biological Oxygen Demand* (B.O.D.) regulada para o regime de temperatura de 25°C. No oitavo dia, realizou-se a contagem da germinação, cujo critério utilizado foi o de plântulas normais, expresso em porcentagem.

**Comprimento de mudas (cm):** foram colocadas 20 sementes de soja tratadas quimicamente em papel para germinação umedecido com os potenciais osmóticos: 0,0 (controle: água destilada); -0,1; -0,2 e -0,3 MPa. As sementes foram dispostas em duas linhas traçadas longitudinalmente contendo 10 sementes e espaçadas uniformemente para possibilitar o livre desenvolvimento das plântulas. Cada tratamento foi composto por quatro repetições. Os rolos foram envolvidos em sacos plásticos e colocados em câmara

tipo *Biological Oxygen Demand* (B.O.D.) nas mesmas condições do teste de germinação. No quinto dia, foi mensurado somente das plântulas normais o comprimento do hipocótilo, da raiz primária e total das plântulas normais, com auxílio de régua graduada em milímetros.

**Índices de vigor:** o índice de vigor do comprimento (SLVi) e o índice de vigor do peso da plântula (SWVi) foram determinados para cada tratamento empregando as equações propostas por Abdul-Baki & Anderson (1973):

$$SLVi = \text{comprimento da plântula (cm)} \times \text{germinação (\%)}$$

$$SWVi = \text{peso da plântula (mg)} \times \text{germinação (\%)}.$$

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F com as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott teste em  $p \leq 0,05$ . Todas as análises estatísticas foram realizado com o software estatístico SISVAR.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas da análise de variância estão em Anexo. É possível observar que houve interação significativa entre os fatores estudados para a maioria das variáveis. Apenas o comprimento de hipocótilo, da raiz primária e total de plântulas não apresentou significância para o fator de variação tratamento de sementes.

Os resultados da avaliação da qualidade fisiológica inicial das sementes estão apresentados na Tabela 2. As sementes de soja avaliadas atenderam ao padrão mínimo de germinação (80%) estabelecido pela legislação para comercialização (BRASIL, 2013) e apresentaram alto nível de vigor pelo teste de condutividade elétrica conforme tabela citada por Vieira et al. (2002).

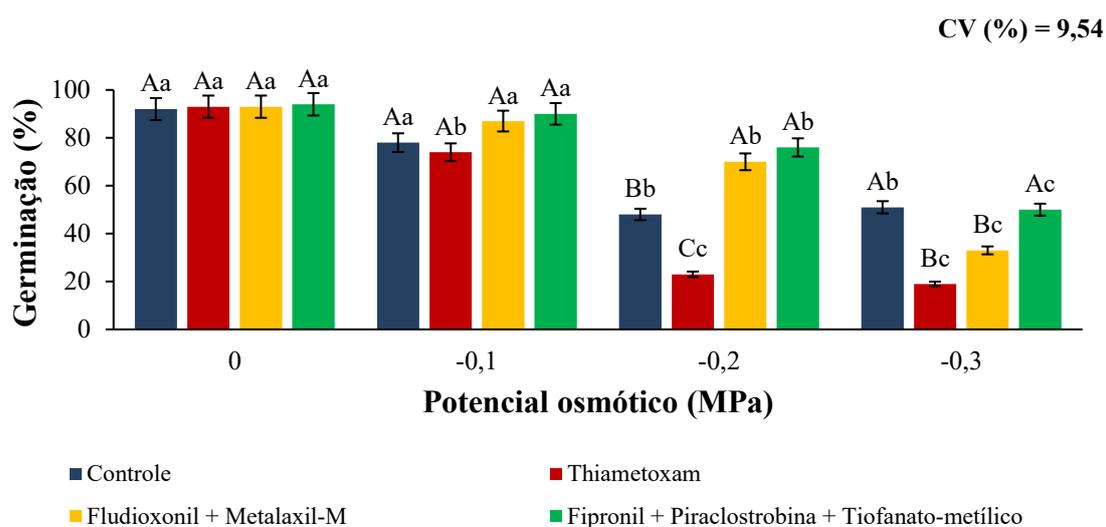
**Tabela 2.** Caracterização fisiológica das sementes de soja cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF por meio da primeira contagem de germinação (PCG), contagem final de germinação (G), porcentagem de plântulas normais fortes (PNF) e condutividade elétrica (CE). Uberlândia, 2021.

Cultivar	Peso de mil sementes (g)	Teor de água (%)	PCG (%)	G (%)	PNF (%)	CE ( $\mu S \cdot cm^{-1} \cdot g^{-1}$ )
Brasmax Desafio RR - 8473 RSF	195	8,0	94	94	86	66

A alta qualidade fisiológica inicial das sementes é de extrema importância para o presente estudo, garantindo confiabilidade e consistência aos resultados. É possível verificar que as sementes possuíam elevado PMS, teor de água adequado, germinação de 94% e alto vigor de plântulas normais fortes. O PMS é uma medida usada para diversas finalidades, inclusive, fins de semeadura e tratamento das sementes. Já a uniformidade do teor de água contribuiu para obtenção de resultados consistentes (MARCOS FILHO, 2015). O vigor das sementes confere uma emergência rápida, uniforme e o desenvolvimento de plântulas normais fortes sob ampla diversidade de condições de ambiente (BAALBAKI et al., 2009).

No potencial zero (somente água) os tratamentos químicos não influenciaram na germinação. A germinação das sementes de soja foi afetada negativamente pela redução no potencial osmótico, independentemente do tratamento de sementes (Figura 1). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por outros autores estudando o comportamento de sementes de soja sob estresse hídrico (PEREIRA et al. 2015; SOARES et al. 2015). O estresse hídrico também comprometeu a germinação das sementes de outras culturas, como feijão (PAIVA, 2018), amendoim (STEINER et al., 2019) e crame (SILVA et al., 2019).

**Figura 1.** Germinação (%) de sementes tratadas de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, submetidas ao estresse hídrico em diferentes potenciais osmóticos. Barras seguidas de mesma letra maiúscula entre os tratamentos de sementes e de mesma letra minúscula entre os potenciais osmóticos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



A redução na germinação das sementes sob baixos potenciais osmóticos, se deve à redução na disponibilidade de água necessária para a ativação e manutenção do

metabolismo das sementes (BEWLEY et al., 2013). Outro fator que também pode explicar essa redução na germinação é o alto peso molecular do polietilenoglicol (PEG 6000), que não é absorvido devido à sua alta viscosidade, comprometendo a disponibilidade de oxigênio para as sementes durante o processo de germinação (BRACCINI et al., 1996).

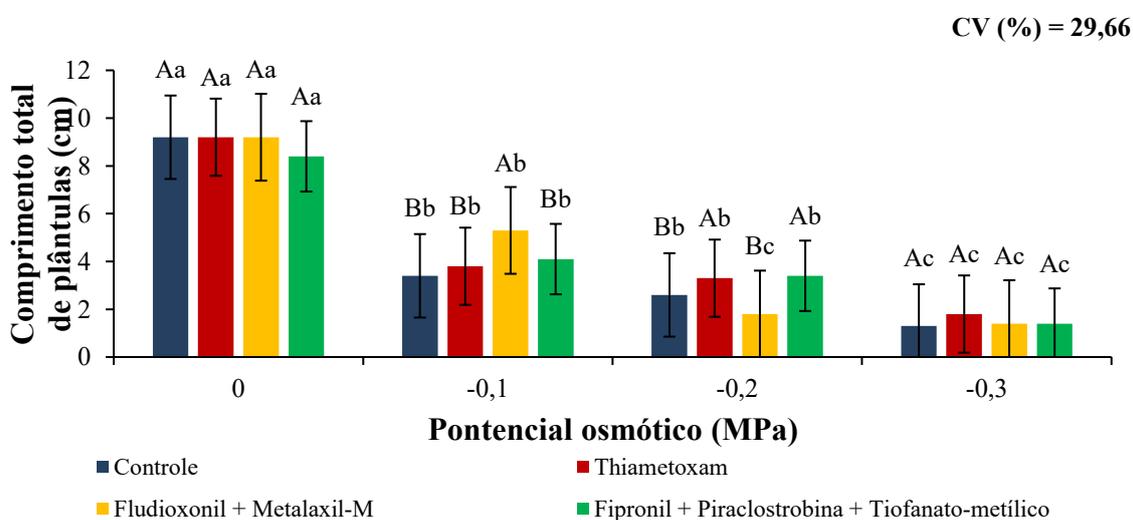
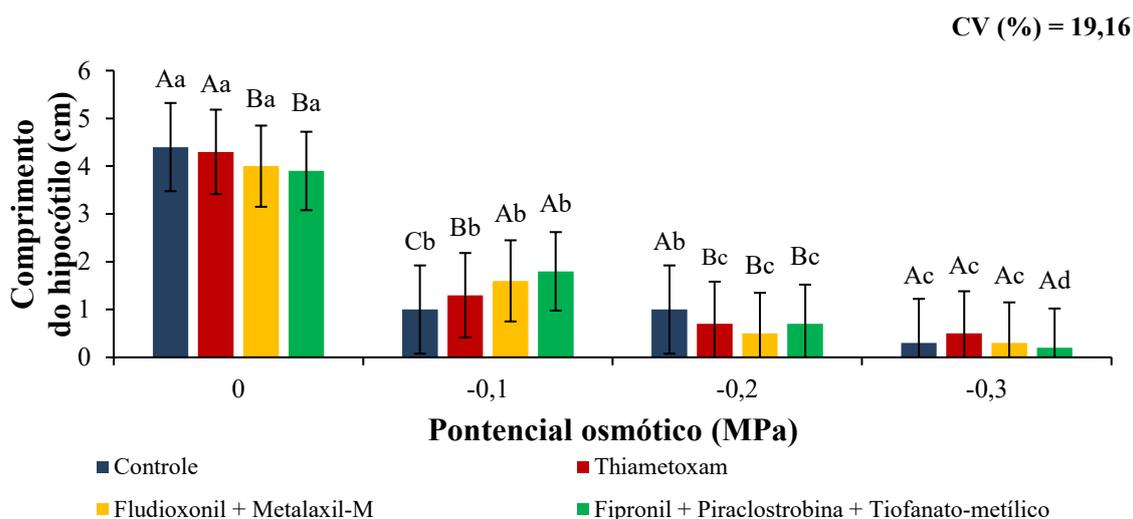
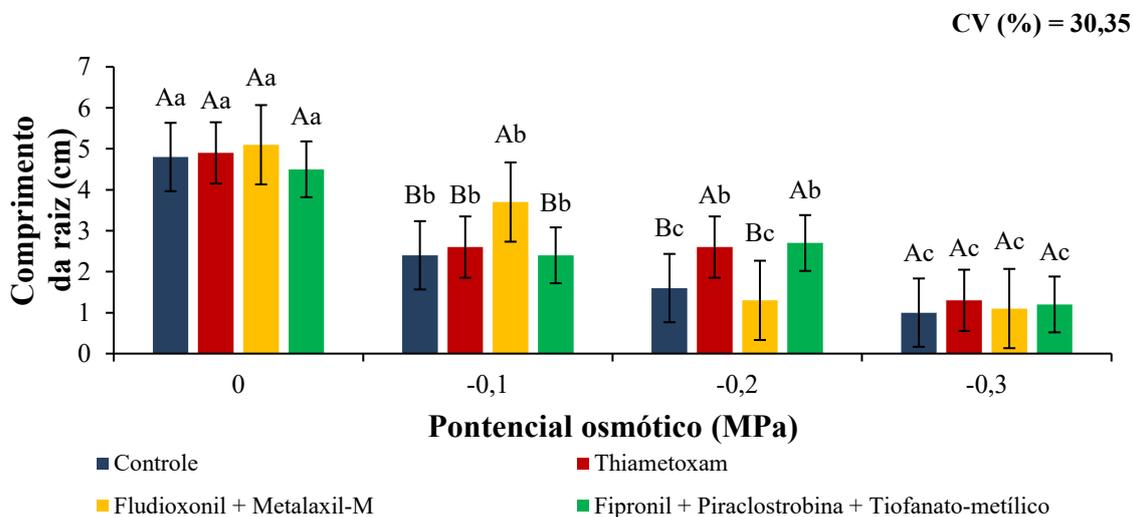
O tratamento de sementes com o inseticida Thiametoxam apresentou menor porcentagem de germinação no potencial  $-0,2$  MPa quando comparado aos demais tratamentos, conforme observado na Figura 1. É possível observar também que a medida que reduziu o potencial osmótico, o tratamento com Thiametoxam, reduziu a germinação a partir do potencial de  $-0,1$  MPa. Esses resultados sugerem que essa molécula inseticida pode ter causado toxicidade às sementes de soja em condições de potenciais osmóticos negativos.

Entretanto, vale ressaltar que efeitos fisiológicos benéficos via o tratamento de sementes com Thiametoxam foram relatados por Castro et al. (2008). Rocha et al. (2020) observaram que o tratamento de sementes de soja com moléculas inseticidas afetam a germinação e apresentam maior toxicidade do que moléculas fungicidas.

Com  $-0,2$  MPa Fludioxonil + Metalaxil-M e Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico responderam com significância positiva (Figura 1). O tratamento de sementes com Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico se mostra promissor na tolerância do estresse hídrico nas sementes de soja, não diferindo do tratamento controle no potencial  $-0,3$  MPa. Balardin et al. (2011) relataram que o tratamento com Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico incrementaram na germinação e emergência de plântulas sob efeito do estresse hídrico demonstrando que a combinação de inseticida/fungicida é vital para otimizar o benefício promovido pelo tratamento de sementes.

As plântulas provenientes de sementes que foram submetidas aos diferentes potenciais osmóticos apresentaram diferença estatística para os comprimentos do hipocótilo, da raiz primária e total das plântulas (Figura 2).

**Figura 2.** Comprimento da raiz, do hipocótilo e total de plântulas de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, oriundas de sementes submetidas ao estresse hídrico em diferentes potenciais osmóticos. Barras seguidas de mesma letra maiúscula entre os tratamentos de sementes e de mesma letra minúscula entre os potenciais osmóticos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



No potencial osmótico controle (0,0 MPa) é possível observar o maior desempenho das plântulas (comprimentos do hipocótilo, raiz primária e total de plântulas) em relação aos outros potenciais (Figura 2). Na medida que houve decréscimo do potencial osmótico o desempenho das plântulas ou de suas partes foi reduzido. Mesmo em condições de estresse hídrico moderado houve redução no desenvolvimento das plântulas (BEWLEY et al., 2013).

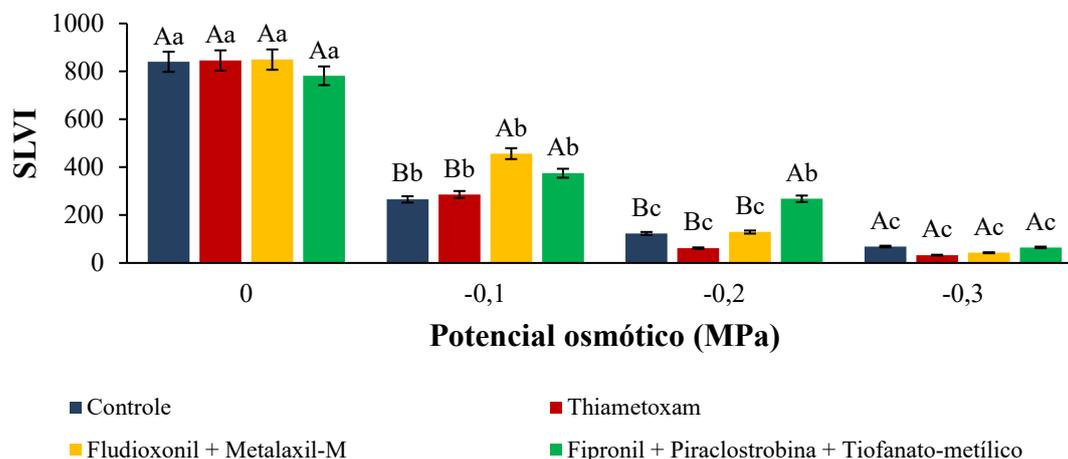
Taiz e Zeiger (2013) relataram que a redução do crescimento de plântulas é o primeiro fator que pode ser mensurado em condições de potenciais osmóticos negativos. Conforme relatado o crescimento de plântulas em condições de estresse hídrico é prejudicado (IONOV et al., 2013). Segundo Medeiros et al. (2015) a redução no comprimento das plântulas ocorre devido a mudanças na turgidez celular causada por uma redução na síntese de proteínas em condições de estresse hídrico. Ao reduzir a pressão de turgor, a menor disponibilidade de água, suprime a expansão e o crescimento celular, afetando o metabolismo (BEWLEY et al., 2013).

Na Figura 2 é possível observar que no potencial controle (0,0) as plântulas oriundas de sementes tratadas com Fludioxonil + Metalaxil-M e Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico apresentaram menor comprimento do hipocótilo. Porém, o comprimento da raiz e comprimento total das plântulas foi superior quando as sementes foram tratadas com Fludioxonil + Metalaxil-M (potencial -0,1 MPa), Thiametoxam e Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (potencial -0,2 MPa) sob restrição hídrica. No potencial osmótico -0,3 MPa os tratamentos não diferiram estatisticamente. Balardin et al. (2011) relataram que na presença de estresse hídrico o tratamento das sementes com Fipronil + Tiofanato-metílico + Piraclostrobina proporcionou incremento significativo na estatura de planta, comprimento radicular, volume radicular, massa seca da parte aérea massa seca radicular e área foliar.

O índice de comprimento de vigor das plântulas de soja foi significativamente reduzido com a exposição ao estresse hídrico para todos os tratamentos de sementes (Figura 3). Esses resultados evidenciam o efeito negativo que a escassez de água promove no alongamento das plântulas de soja, conforme observado no menor comprimento do hipocótilo e da raiz primária (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Steiner et al. (2019) quando investigaram os efeitos da salinidade e do estresse hídrico na qualidade de sementes de amendoim com diferentes tamanhos e no desempenho inicial de plântulas.

**Figura 3.** Índice de vigor de comprimento de plântulas (SLVi) de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, oriundas de sementes submetidas ao estresse hídrico em diferentes potenciais osmóticos. Barras seguidas de mesma letra maiúscula entre os tratamentos de sementes e de mesma letra minúscula entre os potenciais osmóticos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

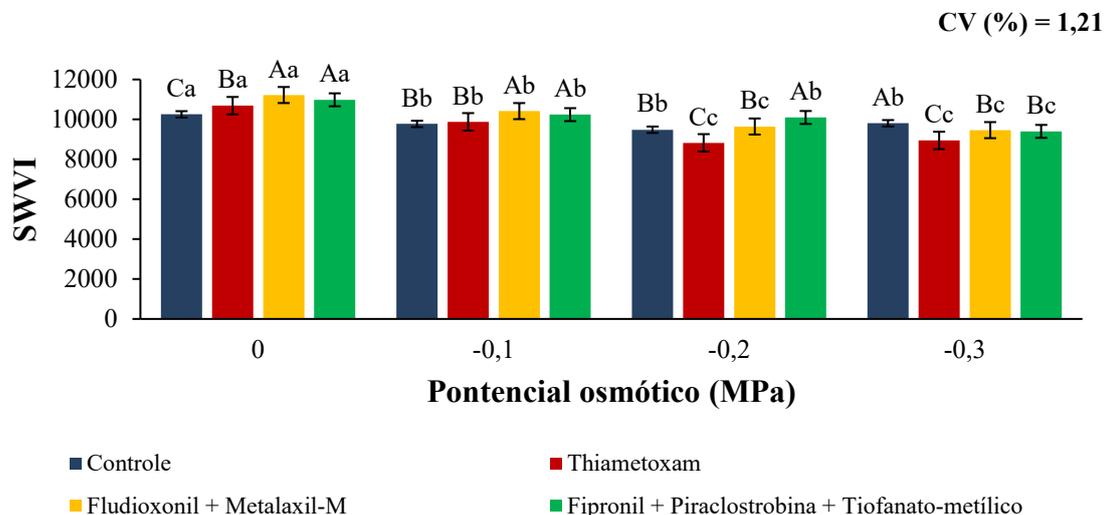
CV (%) = 11,89



Independente do tratamento químico utilizado houve decréscimo do índice de vigor do comprimento, conforme observado na Figura 3. Obviamente os melhores resultados desse índice foram obtidos no potencial osmótico de 0,0 MPa. No entanto, vale ressaltar que os ingredientes ativos Fludioxonil + Metalaxil-M e Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico mantiveram o índice de vigor do comprimento mais elevado que nos outros tratamentos. Resultado superior também foi verificado no potencial -0,2 MPa para Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico. No potencial -0,3 MPa todos os índices foram iguais estatisticamente para todos os produtos utilizados. Reitera-se que resultados superiores são demonstrados no uso de combinações (inseticida + fungicida ou inseticida + fungicida + nematicida) no tratamento de sementes promovendo aumento da qualidade fisiológica de sementes (BRZEZINSKI et al., 2015).

O índice de vigor do peso das plântulas de soja foi significativamente reduzido em condições de seca em todos os tratamentos de sementes (Figura 4). O menor índice de vigor das plântulas em condições de estresse hídrico ocorreu porque a redução do potencial osmótico do meio externo inibiu a taxa de germinação e o crescimento inicial das plântulas (STEINER et al., 2019).

**Figura 4.** Índice de vigor do peso de plântulas (SWVi) de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, oriundas de sementes submetidas ao estresse hídrico em diferentes potenciais osmóticos. Barras seguidas de mesma letra maiúscula entre os tratamentos de sementes e de mesma letra minúscula entre os potenciais osmóticos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



Os resultados seguiram os mesmos parâmetros observados no índice de vigor de comprimento. No potencial -0,1 MPa, o ingrediente ativo Fludioxonil + Metalaxil-M e Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico não diferiram estatisticamente (Figura 4). O ingrediente ativo Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico apresentou os melhores resultados no potencial de -0,2 MPa. O índice de vigor das mudas tem sido usado como um índice de tolerância para avaliar o efeito da salinidade e da seca no crescimento das plântulas (ASHKAN; JALAL 2013; OLIVEIRA; STEINER 2017). O vigor da plântula é uma medida da extensão do dano que se acumula à medida que a viabilidade diminui, e o dano se acumula nas sementes até que sejam incapazes de germinar e, eventualmente, morrer (BEWLEY et al., 2013).

#### 4. CONCLUSÃO

A germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de soja foi afetada negativamente pelo maior potencial osmótico, independentemente do tratamento de sementes. O tratamento com Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico aumenta a tolerância de sementes e plântulas ao estresse hídrico.

## 5. REFERÊNCIAS

- ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J. D. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, v. 13, n. 6, p. 630-633, 1973.
- ABRASEM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. Guia ABRASEM de Boas Práticas de Tratamento de Sementes.
- ALVES, E.; AGUIAR, E.; PEREIRA, C.; MOREIRA, I.; FILHO, L.; SANTINI, J.M.K. Efeito do tratamento químico com inseticida/fungicida e polímero na qualidade fisiológica da semente de soja. *Revista Científica*, v.1, n.5, p.12-18, 2017.
- ASHKAN, A.; JALAL, M. Efeitos do estresse salino na germinação de sementes e índices de vigor de plântulas de duas espécies de plantas halofíticas (*Agropyron elongatum* e *A. pectiniforme*). *Jornal Internacional de Agricultura e Ciências das Culturas*, v. 5, n. 22, pág. 2669-2676, 2013.
- BAALBAKI, R. Z.; ELIAS, S. G.; MARCOS-FILHO, J.; MCDONALD, M. B. (Ed.). *Seed vigor testing handbook*. Ithaca: Association of Official Seed Analysts, 2009. 341 p.
- Balardin, Ricardo Silveiro et al. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. *Ciência Rural* [online]. 2011, v. 41, n. 7 [Acessado 20 Setembro 2021] , pp. 1120-1126.
- BEWLEY, JD et al. *Sementes: Fisiologia do desenvolvimento, germinação e dormência*. Nova York: Springer, 2013. 392p.
- BRACCINI, A. L.; RUIZ, H. A.; BRACCINI, M. C. L.; REIS, M. S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. *Revista Brasileira de Sementes, Pelotas*, v. 18, n. 1, p. 10-16, 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Padrões para a produção e a comercialização de sementes. Brasília (DF): Diário Oficial da União, 20 set. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- BRZEZINSKI, CR; HENNING, AA; ABATI, J.; HENNING, FA; FRANÇA-NETO, JB; KRZYZANOWSKI, FC; ZUCARELI, C. Tempos de tratamento de sementes no estabelecimento e desempenho produtivo da cultura da soja. *Journal of Seed Science*, v.37, n.2, p.147-153, 2015.
- CARVALHO, E.R.; ROCHA, D.K.; ANDRADE, D.B.D.; PIRES, R.M.D.O.; PENIDO, A.C.; REIS, L.V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. *Journal of Seed Science*, v.42, e202042036, 2020.
- CASTRO, P.R.C.; PEREIRA, M.A. Bioativadores na agricultura. In: Gazzoni, D.L. (Ed.). *Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira*. Petrópolis: Vozes, 2008. p.118-126.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v.8, safra 2020/21, n. 8, oitavo levantamento, maio. 2021.

CUNHA, R. P. et al. DIFERENTES TRATAMENTOS DE SEMENTES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA. *Ciência Rural*, Santa Maria, Online, 2015. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/cr/2015nahead/0103-8478-cr-cr20140742.pdf> >, acesso em: 31/10/2021.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil - 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 262p. Embrapa Soja. Sistemas de Produção, n.15.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em sementes antecipadas no Mato Grosso. Universidade Federal de Mato Grosso, *Revista Nativa*, Sinop, Mato Grosso, p.67- 77, 2015.

IONOV, M. et al. Crescimento, desenvolvimento e produtividade de *Crambe abyssinica* sob irrigação salina em casa de vegetação. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199 (2013): 331-339, 2013.

LACERDA, M. P. et al. Vigor and oxidation reactions in soybean seedlings submitted to different seed chemical treatments. *Journal of Seed Science*. v. 43, 2021.

LAWLES, K. et al. Effect of delayed emergence on corn grain yields. *Journal of Plant Nutrition*, v. 35, n. 3, p. 480-496, 2012.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2.ed. Londrina: Abrates, 2015. 660p.

MEDEIROS, D. S.; Alves, E. U.; Sena, D. V. dos A.; Silva, E. de O.; Araújo, L. R. Desempenho fisiológico de sementes de gergelim submetidas a estresse hídrico em diferentes temperaturas. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, p.3069-3076, 2015.

MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, v. 51, n. 5, p. 914-916, 1973.

MOTERLE, L. M.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; RODOVALHO, M. A.; BARRETO, R. R. Influência do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de sementes de híbridos simples de milho-pipoca. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.6, p.1810 - 1817, 2008.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

OLIVEIRA, CES; STEINER, F. Priming com nitrato de potássio para mitigar o estresse salino em mudas de pepino. *Scientia Agraria Paranaensis* , v. 16, n. 4, pág. 454-462, 2017.

PAIVA, E. P. de et al. Germination and tolerance of cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars to water stress. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 22, n. 6, p. 407-411, 2018.

- PEREIRA, W.A.; PEREIRA, S.M.A.; DIAS, D.C.F.S. Dynamics of reserves of soybean seeds during the development of seedlings of different commercial cultivars. *Journal of Seed Science*, v.37, n.1, p.63-69, 2015.
- ROCHA, D.K.; CARVALHO, E.R.; PIRES, R.M.O.; SANTOS, H.O.; PENIDO, A.C.; ANDRADE, D.B. Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products? *Ciência e Agrotecnologia*, v. 44, e020119, 2020.
- RODRIGUES, O. et al. Quantitative response of soybean flowering to temperature and photoperiod. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 3, n. 36, p. 431-437, 2001.
- SILVA, M. F. et al. Tolerância do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) à salinidade e estresse hídrico durante a germinação das sementes e crescimento inicial das plântulas. *Ciência e Agrotecnologia*. v. 43, 2019.
- SOARES, C. M. et al. Seed quality and crop performance of soybeans submitted to different forms of treatment and seed size. *Journal of Seed Science*. v. 41, n. 1, 2019.
- SOARES, M., M.; SANTOS JUNIOR, H., C.; SIMÕES, M., G.; PAZZIN, D.; SILVA, L., J. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.
- SOUZA, T. M. A. de; SOUTO, L. S.; DUTRA FILHO, J. de A.; SÁ, F. V. da S.; OLIVEIRA NETO, H. T. de; PAIVA, E. P. de; SOUZA, A. dos S. Cowpea growth and production under different levels of available water and soil cover. *International Journal of Current Research*, v.8, p. 39122-39126, 2016.
- STEINER, F. et al. Drought tolerance of wheat and black oat crops at early stages of seedling growth. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 40, n. 3, p. 576-586, 2017.
- STEINER, F. et al. O tamanho da semente afeta a taxa de germinação e o crescimento das plântulas de amendoim sob salinidade e estresse hídrico?. *Pesquisa Agropecuária Tropical* [online]. 2019, v. 49.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- VIEIRA, R. D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 37, n. 9, 2002.
- VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L. D.; SIQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 2, p. 1957-1968, 1991.
- WU, W.; YU, Q.; YOU, L.; CHEN, K.; TANG, H.; LIU, J. Global cropping intensity gaps: Increasing food production without cropland expansion. *Land Use Policy*, 76, p. 515-525, 2018.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Análise de variância da germinação de sementes de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, submetidas ao estresse hídrico em quatro potenciais osmóticos. Uberlândia, 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Tratamento de sementes (TS)	3	5545,250	1848,416	16,928	0,0000
Potencial osmótico (P)	3	30144,250	10048,083	92,020	0,0000
TS x P	9	5060,250	562,250	5,149	0,0001
Repetição	3	370,250	123,416	1,130	0,3470
Erro	45	4913,750	109,194		
Total corrigido	63	46033,750			

CV (%) = 9,54  
Média geral: 66,687

**Anexo 2.** Análise de variância do comprimento do hipocótilo de sementes de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, submetidas ao estresse hídrico em quatro potenciais osmóticos. Uberlândia, 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Tratamento de sementes (TS)	3	2,004	0,668	0,639	0,5890
Potencial osmótico (P)	3	2869,630	956,543	915,074	0,0000
TS x P	9	59,323	6,591	6,306	0,0000
Repetição	3	1,324	0,441	0,422	0,7357
Erro	1261	1318,146	1,045		
Total corrigido	1279	4250,429			

CV (%) = 19,16  
Média geral: 1,647

**Anexo 3.** Análise de variância do comprimento da raiz de sementes de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, submetidas ao estresse hídrico em quatro potenciais osmóticos. Uberlândia, 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Tratamento de sementes (TS)	3	32,132	10,710	2,340	0,0718
Potencial osmótico (P)	3	2310,016	770,005	168,204	0,0000
TS x P	9	208,821	23,202	5,068	0,0000
Repetição	3	19,163	6,387	1,395	0,2426
Erro	1261	5772,614	4,577		
Total corrigido	1279	8342,749			

CV (%) = 30,35  
Média geral: 2,699

**Anexo 4.** Análise de variância do comprimento total de plântulas de sementes de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, submetidas ao estresse hídrico em quatro potenciais osmóticos. Uberlândia, 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Tratamento de sementes (TS)	3	30,022	10,007	1,192	0,3115
Potencial osmótico (P)	3	10241,776	3413,925	406,646	0,0000
TS x P	9	306,390	34,043	4,055	0,0000
Repetição	3	16,570	5,523	0,658	0,5773
Erro	1261	10586,501	8,395		
Total corrigido	1279	21181,262			

CV (%) = 29,66  
Média geral: 4,346

**Anexo 5.** Análise de variância do índice de vigor de comprimento de plântulas (SLVi) de sementes de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, submetidas ao estresse hídrico em quatro potenciais osmóticos. Uberlândia, 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Tratamento de sementes (TS)	3	51674,470	17224,823	3,170	0,0332
Potencial osmótico (P)	3	5758024,286	1919341,428	353,276	0,0000
TS x P	9	147807,445	16423,049	3,023	0,0066
Repetição	3	35805,522	11935,174	2,197	0,1015
Erro	45	244484,248	5432,983		
Total corrigido	63	6237795,973			

CV (%) = 11,89  
Média geral: 343,078

**Anexo 6.** Análise de variância do índice de vigor do peso de plântulas (SWVi) de sementes de soja, cultivar Brasmax Desafio RR - 8473 RSF, submetidas ao estresse hídrico em quatro potenciais osmóticos. Uberlândia, 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Tratamento de sementes (TS)	3	4106223,187	1368741,062	23,752	0,0000
Potencial osmótico (P)	3	19307923,687	6435974,562	111,685	0,0000
TS x P	9	3901444,062	433493,784	7,523	0,0000
Repetição	3	283451,187	94483,729	1,640	0,1936
Erro	45	2593175,812	57626,129		
Total corrigido	63	30192217,937			

CV (%) = 1,21  
Média geral: 9944,531