



**Bruno Ashidani Buabud**

**USO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO VISANDO A  
TOLERÂNCIA A ESTRESSES ABIÓTICOS DURANTE A  
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA**

**LAVRAS – MG**

**2022**

**Bruno Ashidani Buabud**

**USO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO VISANDO A  
TOLERÂNCIA A ESTRESSES ABIÓTICOS DURANTE A  
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Curso de  
Agronomia, para a obtenção do título  
de Bacharel.

Prof. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos  
Orientadora

Ma. Isadora Gonçalves da Silva  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2022**

**Bruno Ashidani Buabud**

**USO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO VISANDO A  
TOLERÂNCIA A ESTRESSES ABIÓTICOS DURANTE A  
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Curso de  
Agronomia, para a obtenção do título  
de Bacharel.

APROVADA em 20/04/2022.

Heloísa Oliveira dos Santos  
Isadora Gonçalves da Silva

UFLA  
UFLA

Profa. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos  
Orientadora

Ma. Isadora Gonçalves da Silva  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao fim de mais uma etapa, agradeço primeiramente a minha família, amigos e a Deus, pela dádiva que é a vida e suas oportunidades.

À minha família por todo o carinho, oportunidade e apoio. Em especial, ao meu avô Kazuo (*in memoriam*), meu pai, Giuliano, minha mãe, Flávia, minha irmã, Helena e demais familiares.

À professora Heloísa Oliveira dos Santos, pela orientação neste trabalho, além de todo o conhecimento que compartilhou comigo.

À doutoranda Isadora Gonçalves da Silva, pela ajuda e orientação neste trabalho.

À mestranda Lara Resende, pela ajuda neste trabalho.

À equipe da empresa Rehagro, pela oportunidade de estágio que foi fundamental para minha vida profissional.

Aos professores da Universidade Federal de Lavras.

Aos amigos que conheci ao longo da graduação e que com certeza foram determinantes para minha formação profissional e pessoal, em especial os membros de minha república: Claudio, Luis Fernando, Wellington, Davi, Gustavo, Alexsander, Lucas e Oscar; e aos bons amigos e amigas de graduação que fiz durante a graduação: Maria Isabela, Layla, Alice, Ana Lívia, Luana, Joana, Aline, Monique, Maria Paula, Josias, João Otávio, Túlio, Alexandre, Rodrigo, Vinícius, Filipe, Italo, Júlio, Luiz, Wygor, Murilo e Matheus e demais amigos da graduação.

**A TODOS, MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS!**

## RESUMO

A soja (*Glycine max*) é a cultura granífera mais plantada no Brasil e os estresses abióticos são uma das principais causas da redução de produtividade dessa cultura. Logo, é de grande importância a busca por conhecimento e técnicas para mitigar os impactos desses estresses. A obtenção de uma produtividade satisfatória começa com a qualidade de germinação e desenvolvimento de plântulas, e nesse contexto temos o uso de moléculas que podem induzir a tolerância aos estresses abióticos através do condicionamento fisiológico de sementes. Diante do exposto, buscou-se com o presente trabalho identificar a eficiência do peróxido de hidrogênio e óxido nítrico em induzir a tolerância ao estresse hídrico e de alta temperatura em sementes de soja. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $3 \times 2 + 1$ , com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por três condições ambientais simuladas (estresse hídrico, estresse por alta temperatura e uma condição sem estresse), duas moléculas sinalizadoras (peróxido de hidrogênio e nitroprussiato de sódio) e um controle, sem condicionamento e sem estresse. Foram utilizadas as cultivares Monsoy 6410 IPRO e a Monsoy 5838 IPRO. As análises de germinação foram feitas no quinto e oitavo dia após a montagem do experimento, sendo analisado a primeira contagem de germinação, a germinação de plântulas normais e anormais. Os dados foram submetidos à análise de variância e, aplicou-se testes de médias e teste de Dunnett. O nitroprussionato de sódio aplicado em sementes da cultivar Monsoy 6410 IPRO por meio do condicionamento fisiológico, é indicado em condições de restrição hídrica e altas temperaturas. O peróxido de hidrogênio foi melhor para a cultivar Monsoy 5838 IPRO.

**Palavras-chave:** Estresse abiótico, *Glycine max*, sinalização bioquímica.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
2.1	Importância da cultura da soja no Brasil .....	8
2.2	Estresses abióticos na cultura da soja.....	8
2.3	Efeito protetivo de moléculas condicionantes em sementes.....	9
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
5	CONCLUSÕES .....	17
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a soja é o principal grão cultivado, com uma produção estimada de 142,8 milhões de toneladas, correspondendo a 49,06% do total de grãos produzidos no país na safra 2021/2022, de acordo com as perspectivas da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). De acordo com dados da Conab para a cultura da soja na safra 2020/2021, teve-se uma produção total de 137,3 milhões de toneladas e produtividade de 3527 quilos por hectare, resultando em uma alta de 8,9% na produção e 4,4% na produtividade com relação a safra passada (CONAB, 2021).

Para obtenção de altos rendimentos na cultura da soja, é preciso atenuar os fatores bióticos e abióticos limitantes. Os fatores abióticos mais recorrentes são falta água, excesso de salidade e altas temperaturas (FARIAS, 2011). O estresse hídrico constitui o principal fator limitante da expressão do potencial produtivo da soja, causando plantas pouco desenvolvidas, folhas murchas, entrenós curtos, diminuição da área foliar, abortamento de vagens e flores, alterações fisiológicas nas plantas e a redução da produtividade. E quando a soja é exposta a altas temperaturas, tem-se efeito adverso na taxa de crescimento, além de causar problemas na floração e abortamento de vagens (FARIAS et al., 2007).

Sendo assim, para mitigar os efeitos dos estresses abióticos, podem ser aplicada nas sementes via condicionamento fisiológico, moléculas que conferem efeito protetivo, melhorando a qualidade fisiológica das sementes (BRADFORD, 1986).

O óxido nítrico por exemplo, é uma substância que pode favorecer a diferenciação do xilema e a quebra da dormência de algumas sementes, além de incitar o crescimento vegetativo da parte aérea, de raízes adventícias e a germinação em situações de estresse (AN et al., 2005; GABALDON et al., 2005; SOUZA, 2007). Em paralelo, o peróxido de hidrogênio também tem sido amplamente utilizado para melhorar o processo germinativo (BARBA-ESPIN et al., 2010).

Desta forma, o presente trabalho objetivou analisar a eficiência do uso de moléculas sinalizadoras na indução de tolerância a estresses abióticos na cultura da soja, causados pelo estresse hídrico e alta temperatura, a partir do emprego do condicionamento fisiológico em semente de soja Monsoy 6410 IPRO e a Monsoy 5838 IPRO.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Importância da cultura da soja no Brasil**

Há mais de 4850 anos, a soja vem sendo utilizada pela humanidade e conta com seus primeiros registros oriundos da China. No entanto, somente na década de 50 foi iniciado o uso da soja como um produto comercial, e sua chegada no Brasil aconteceu somente em 1882, na Bahia (BONATO et al., 1987).

Apesar da recente chegada da leguminosa em terras tupiniquins, com o uso de tecnologia, pesquisa e esforço de inúmeras pessoas, o cultivo da soja no Brasil vem crescendo e se destacando. A produtividade na safra de 1976/1977 foi de 1748 quilos por hectare. Em contrapartida, na safra de 2021/2022 temos uma estimativa de produtividade de 3539 quilos por hectare, e um aumento de 5,7 vezes em área destinada ao cultivo no país entre essas safras (CONAB, 2021). Esse expressivo crescimento é advindo de inúmeros fatores, como o amplo uso e destino da soja, retorno social e desenvolvimento tecnológico, assim como da economia nacional.

A soja tanto em termos de produção total quanto em área cultivada que corresponde a mais de 40,4 milhões de hectares estimados para a safra 21/22, é a cultura com maiores números absolutos no Brasil (CONAB, 2021).

A soja é fonte de proteína vegetal para a produção de ovos, carne e leite, além de estar presente em tintas, maquiagens, biodiesel, produtos farmacêuticos e veterinários, adesivos, formulados de espumas e vários outros produtos (CECHINEL, 2014). Assim sendo, o brasileiro aprendeu a cultivar a soja de norte a sul do país, impactando positivamente a sociedade e as mais diversas áreas da economia.

### **2.2 Estresses abióticos na cultura da soja**

A soja tem grande importância para o Brasil, e para atingir altas produtividades deve-se atentar para os estresses abióticos, como seca e altas temperaturas, sendo os mais onerosos em reduzir significativamente o potencial produtivo de uma lavoura (FARIAS et al., 2007) .

A soja se adapta melhor em condições de temperaturas entre 20°C e 30°C, onde a partir de 40°C, a soja sofre efeitos adversos na taxa de crescimento vegetativo, dificuldade de retenção de vagens e prejuízos a floração, sendo estes problemas acentuados em situações de seca (FARIAS et al., 2007).

Além disso, para a produção de sementes da leguminosa de boa qualidade, é recomendado cultivá-las em regiões de temperaturas do ar mais amenas, ou seja, inferiores a 22°C durante a fase de maturação da cultura (COSTA et al., 1994).

Alta temperatura aliada a alta umidade pode causar a queda da qualidade fisiológica das sementes. Por outro lado, a alta temperatura aliada a baixa umidade, pode ocasionar dano mecânico à semente durante a colheita (FARIAS et al., 2007). Sendo assim, a alta temperatura, na maioria das vezes, irá causar algum tipo de problema ao produtor e à qualidade da semente.

Conjuntamente, ao analisar as safras de diferentes anos de soja, nota-se que a restrição hídrica é o fator ambiental que mais impacta negativamente na cultura. A água é muito importante na fase de germinação-emergência e floração-enchimento de grãos, sendo que tanto seu excesso, como a sua falta podem prejudicar a planta. A água faz parte de praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos, além de atuar na regulação térmica da planta. A planta de soja necessita de 450 a 800 mm de água durante todo o seu ciclo, variando em função de cultivar e condições edafoclimáticas. A distribuição dessas chuvas, irrigação ou armazenamento de água no solo devem ser homogêneas, pois a má distribuição da água pode acarretar em produtividades insatisfatórias (FARIAS et al., 2007).

### **2.3 Efeito protetivo de moléculas condicionantes em sementes**

Todas as sementes sofrem com a falta de água e altas temperaturas, mas as sementes de baixo vigor tendem a ser mais afetadas por estresses abióticos, reduzindo a velocidade e a percentagem de germinação. O condicionamento de sementes com moléculas sinalizadoras pode melhorar o desempenho da germinação mesmo em condições de estresse (GOUVEIA et al., 2017).

O processo de condicionamento fisiológico favorece a germinação e vigor em sementes que iniciaram o processo de deterioração natural antes da semeadura. Esse processo não é suficiente para causar a protusão radicular, pois controla a velocidade de embebição de água pelas sementes em soluções iônicas e não iônicas, ajustadas a potenciais hídricos que só permitem os processos fisiológicos iniciais (BRADFORD, 1986).

Desta forma, utilizar o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) pode ser uma alternativa, uma vez que ele é fundamental para inúmeros organismos, por atuar no desenvolvimento, metabolismo e homeostase (BIENERT et al., 2006). Além disso, a substância possui uma longa meia vida, o que a possibilita ser uma molécula sinalizadora capaz de percorrer grandes distâncias até o seu alvo (VRANOVÁ et al., 2002). Apesar de sua alta concentração ser potencialmente tóxica para a planta,

mecanismos de eliminação podem ter surgido no início do processo evolutivo (BIENERT et al., 2006).

O peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) atua no fechamento estomático, na tolerância à deficiência de oxigênio e gravitropismo radicular (NEILL et al., 2002). A molécula pode funcionar também como mensageiro secundário e elevar o fluxo de íons  $Ca^{2+}$  (BIENERT et al., 2006).

Em plantas de milho, o  $H_2O_2$  apresentou correlação com a resistência à salinidade quando feito o pré-tratamento com baixas concentrações (AZEVEDO NETO et al., 2005). E não somente salinidade, mas tolerância à baixas temperaturas, quando houve a aplicação exógena dessa substância (PRASAD et al., 1994). Portanto, o peróxido de hidrogênio pode atuar no processo de tolerância cruzada, pois em estudos com a sua aplicação exógena, indicaram que a substância induz resistência ao frio, seca, calor e salinidade (GONG et al., 2001).

Por outro lado, o óxido nítrico (ON) foi constatado por Klepper (1979) em um trabalho inovador no qual se observou um aumento gradativo da produção de ON em plantas de soja dependendo da dose tratada com herbicidas. Desde então, vêm sendo discutido a multifuncionalidade da molécula, que atua em diversas áreas e processos celulares das plantas como, por exemplo, divisão celular (ÖTVÖS et al., 2005), crescimento vegetativo da parte aérea (ZHANG et al., 2003a), formação de raiz e crescimento de raízes adventícias e pelos radiculares (LOMBARDO et al., 2006; TEWARI et al., 2008).

Em algumas espécies, o óxido nítrico também pode atuar como protetor a estresses abióticos, como a restrição de água, por atuar induzindo o fechamento estomático (NEILL et al., 2002), além de estar envolvido na germinação, por apresentar o mesmo efeito da giberelina nesse processo e atua na quebra da dormência de sementes (BELIGNI & LAMATTINA, 2000; LAMATTINA et al., 2003; BETHKE et al., 2006), induzindo as sementes a germinarem mais rápido e em maior quantidade (SARATH et al., 2006; LIU et al., 2007).

Em trabalhos, há relatos ainda, de que o ON tem influência positiva na tolerância das sementes a estresses abióticos como, por exemplo, os causados por estresse salino (ZHENG et al., 2009), hídrico (ZHANG et al., 2003b) e metais pesados (KOPYRA e GOWÓZDŹ, 2003; SINGH et al., 2013). Além disso, mitiga os efeitos negativos do envelhecimento das sementes durante o armazenamento (PEREIRA et al., 2010).

Plantas de arroz pré-tratadas com peróxido de hidrogênio e óxido nítrico (ON) obtiveram melhor desempenho, apresentando resistência ao estresse salino, um indicativo que essas substâncias podem favorecer a tolerância à estresses abióticos (UCHIDA et al., 2002).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $3 \times 2 + 1$ , com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por três condições ambientais simuladas (estresse hídrico, estresse por alta temperatura e uma condição sem estresse), duas moléculas sinalizadoras (peróxido de hidrogênio e nitroprussiato de sódio) e um controle, sem condicionamento e sem estresse. Foram avaliadas duas cultivares de soja, Monsoy 6410 IPRO e a Monsoy 5838 IPRO.

As sementes de soja foram condicionadas em soluções aeradas de peróxido de hidrogênio (100  $\mu\text{M}$ ) e solução doadora de ON (nitroprussiato de sódio-SNP) (100 $\mu\text{M}$ ), a temperatura de 25°C, por um período de 3 horas. Após o condicionamento, as sementes foram lavadas em água corrente e o excesso de água removido utilizando papel toalha, e em seguida foi feita a avaliação do teor de água. As sementes condicionadas passaram pelo processo de secagem durante 36 horas, em temperatura ambiente. Após esse procedimento o teor de água das sementes submetidas aos diferentes tratamentos foi determinado novamente.

As sementes condicionadas e não condicionadas (controle) foram submetidas a diferentes condições de germinação. Os tratamentos de estresse hídrico, sem estresse e controle, permaneceram em germinador tipo Mangelsdorf regulado a temperatura de 25°C, com luz constante, em condição de restrição hídrica induzida por polietileno glicol 6000 – PEG, -0,6MPa (OLIVEIRA et al, 2017), e água destilada para os dois últimos. Permaneceu em câmara do tipo BOD regulada a temperatura de 38°C, o tratamento de estresse por temperatura (HODGES et al, 1993).

No teste de germinação, utilizou-se quatro repetições de 50 sementes. Sendo a semeadura realizada sobre duas folhas de papel germitest e sobrepostas com mais uma folha, as quais foram umedecidas com volume de solução contendo as referidas soluções, equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. A primeira contagem foi realizada aos 5 dias e a contagem final aos 8 dias após a semeadura (BRASIL, 2009). A germinação fisiológica foi analisada a partir da protrusão radicular.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, aplicou-se testes de médias. Para a comparação do controle com os tratamentos resultantes do fatorial, quando significativo, realizou-se o teste de Dunnett.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de moléculas sinalizadoras como indutoras de tolerância à estresses abióticos em sementes de soja resultaram em interação entre os fatores para porcentagem da primeira contagem de germinação, germinação e número de plântulas anormais quando avaliadas a cultivar de soja Monsoy 6410 IPRO, tendo relação também com a porcentagem de umidade que as sementes testaram ao longo do experimento.

A umidade elevada das sementes dos tratamentos após o condicionamento e após a secagem são maiores que a umidade das sementes da testemunha (Tabela 1), e podem ter comprometido a germinação durante os testes. O rápido processo de embebição de água pelas sementes pode causar danificação do sistema de membranas (SILVA et al., 2016). Podendo ter causado o baixo desempenho em altas temperaturas, principalmente no teste com o peróxido de hidrogênio (Tabela 2).

Em vista disso, o pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em sementes apresenta uma faixa crítica de resposta, sendo que depende da espécie vegetativa e do método utilizado (WOJTYLA et al., 2016). Nesse sentido, pode-se citar o trabalho de Reginaldo de Oliveira (2019), que usou dois papéis germitests embebidos com a solução de peróxido de hidrogênio em condição de 25°C por um período de 9 horas em sementes de soja. O que promoveu uma embebição mais lenta, ocasionando menos danos ao sistema de membranas, e indo de acordo com Silva e colaboradores (2016).

Tabela 1. Teor de água da cultivar Monsoy 6410IPRO tratada com peróxido de hidrogênio e óxido nítrico após o condicionamento e secagem. Lavras, 2021.

<b>Substância condicionante</b>	<b>Após condicionamento</b>	<b>Após secagem</b>
Peróxido de hidrogênio	48,5bA	31,1aB
Óxido nítrico	72,2aA	29,4aB
Testemunha		13,1*
CV (%)		1,97

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*Não diferem significativamente da testemunha pelo Teste de Dunnett ao nível de 5 % de probabilidade.

As sementes da cultivar Monsoy 6410IPRO apresentaram melhores resultados na primeira contagem de germinação e germinação final, quando tratadas com óxido nítrico e submetidas aos dois estresses, principalmente o estresse por temperatura elevada, comparadas com as sementes tratadas com peróxido de hidrogênio (Tabela 2). A soja se adapta melhor em condições de

temperaturas entre 20°C e 30°C, e a partir de 40°C a soja sofre de efeitos adversos na taxa de crescimento vegetativo (FARIAS et al., 2007).

Além do mais, o óxido nítrico manteve o potencial de germinação das sementes, já que as sementes tratadas com a substância e submetidas à condição sem estresse, resultaram em uma porcentagem de germinação estatisticamente igual a testemunha. O inconveniente é que as sementes demoraram mais para atingir esse valor igualitário, uma vez que a primeira contagem de germinação em condição sem estresse, foi inferior à testemunha (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem da primeira contagem de germinação e germinação final, referente a cultivar Monsoy 6410IPRO, tratada com peróxido de hidrogênio e óxido nítrico, e submetida a diferentes condições de estresse. Lavras, 2021.

Substância condicionante	PCG			Germinação		
	Restrição	Temperatura	Sem	Restrição	Temperatura	Sem
	Hídrica	Elevada	Estresse	Hídrica	Elevada	Estresse
Peróxido de hidrogênio	42bB	3,5bC	76,5aA	42bB	5,5bC	86aA
Óxido nítrico	55aB	53,5aB	79aA	55aB	54aB	91,5aA*
Testemunha		97,5*			98*	
CV (%)		9,35			8,56	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*Não diferem significativamente da testemunha pelo Teste de Dunnett ao nível de 5 % de probabilidade.

Portanto, os estresses diminuíram as porcentagens de germinação, mesmo com o uso das moléculas. E além disso, o tratamento com peróxido de hidrogenio não foi eficiente em mitigar os danos causados no processo germinativo da cultivar Monsoy 6410IPRO. Em contrapartida, Panngom e colaboradores (2018) observaram que o tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em baixas concentrações, induz uma maior velocidade de germinação em diferentes espécies.

Para diferentes espécies, tem-se relatado entraves na germinação advindo da restrição hídrica. Ávila e colaboradores (2007), obtiveram resultados de diminuição da germinação em sementes de canola quando testadas em potenciais osmóticos mais negativos. Pereira e Lopes (2011) observaram que a porcentagem e velocidade de germinação de sementes de pinhão manso foram afetadas por um potencial osmótico -0,2 Mpa. Também, Teixeira e colaboradores (2011), em potenciais inferiores a -0,6 Mpa, constataram que não há formação de plantas normais em seu experimento com sementes de crambe, além de que, a germinação e vigor são reduzidos em potenciais osmóticos negativos. Como as sementes são expostas ou induzidas ao estresse hídrico, é de se esperar que elas

apresentem uma germinação inferior, já que o PEG diminui a absorção de água, o que atrapalha nos processos fisiológicos da germinação.

Para a percentagem de plântulas anormais, o tratamento com óxido nítrico mostrou novamente manter o potencial fisiológico da plântula de soja, já que seu resultado foi estatisticamente idêntico à da testemunha, quando analisado a contagem sem estresse (Tabela 3).

Quando se analisa os testes sobre temperatura elevada, a contagem foi nula para os dois condicionantes, porém isso é advindo do fato de que a maioria das sementes morreram sob alta temperatura. Além do mais, nenhuma molécula diminuiu a influência negativa da restrição hídrica sob o número de plantas anormais (Tabela 3).

Por outro lado, Pires (2014) obteve resultados positivos para o tratamento de sementes de gergilim com óxido nítrico, uma vez que o condicionante se mostrou eficaz em amenizar os entraves para a germinação em todas os potenciais osmóticos testados para gerar a restrição hídrica.

Tabela 3. Porcentagem de plântulas anormais da cultivar Monsoy 6410IPRO, tratadas com peróxido de hidrogênio e óxido nítrico, submetida a diferentes estresses. Lavras, 2021.

<b>Substância condicionante</b>	<b>Restrição Hídrica</b>	<b>Temperatura Elevada</b>	<b>Sem Estresse</b>
Peróxido de hidrogênio	34,5aA	0aC*	13aB
Óxido nítrico	34,5aA	0aB*	4aB*
Testemunha		1*	
CV (%)		31,31	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*Não diferem significativamente da testemunha pelo Teste de Dunnett ao nível de 5 % de probabilidade.

Para a cultivar Monsoy 5838 IPRO, o condicionamento fisiológico com peróxido de hidrogênio e óxido nítrico, aumentou o teor de água das sementes em 4,3 e 4,2 vezes em comparação com as sementes que não passaram pelo condicionamento (testemunha), respectivamente. E após a secagem, as sementes não atingiram o grau de umidade em níveis recomendados para o armazenamento e comercialização, podendo ter influenciado nos resultados pelos mesmos motivos da cultivar Monsoy 6410 IPRO (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de água da cultivar Monsoy 5838 IPRO tratada com peróxido de hidrogênio e óxido nítrico após o condicionamento e secagem. Lavras, 2021.

<b>Substâncias Condicionantes</b>	<b>Após condicionamento</b>	<b>Após secagem</b>
Peróxido de hidrogênio	50,5aA	29,3aB
Óxido nítrico	49,9aA	31,2aB
Testemunha	11,8*	
CV (%)	2,14	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*Não diferem significativamente da testemunha pelo Teste de Dunnett ao nível de 5 % de probabilidade.

Acerca da cultivar de soja Monsoy 5838 IPRO, ambos os condicionantes, peróxido de hidrogênio e óxido nítrico, mantiveram o potencial germinativo das sementes, quando analisado os testes sem aplicação de estresse, pois obtiveram resultados estatisticamente iguais ao da testemunha que não recebeu condicionante. Os estresses abióticos afetaram negativamente a germinação das sementes, e a temperatura elevada ocasionou maiores reduções na germinação do que a restrição hídrica. Nos testes com restrição hídrica, os dois condicionantes resultaram em taxa de germinação parecidas, porém nos testes de temperatura elevada, o peróxido de hidrogênio se sobressaiu em relação ao óxido nítrico (Tabela 5).

Também em sementes de soja, Reginaldo de Oliveira (2019) obteve resultados positivos para o pré tratamento com peróxido de hidrogênio quando as sementes passaram por estresse de restrição hídrica induzida por PEG. As menores concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (10 e 50 mM) foram as que obtiveram melhores resultados de germinação. Também se obteve resultados similares com aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no aumento de germinação em outras espécies (LIU et al., 2010; GONDIN et al., 2011; CHEN et al., 2016).

Tabela 5. Porcentagem de germinação referente a cultivar Monsoy 5838IPRO. Lavras, 2021.

<b>Substâncias Condicionantes</b>	<b>Restrição</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Sem</b>
	<b>Hídrica</b>	<b>Elevada</b>	<b>Estresse</b>
Peróxido de hidrogênio	67aB	33,5aC	91,5aA*
Óxido nítrico	66,5aB	4bC	85,5aA*
Testemunha	96*		
CV (%)	9,13		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*Não diferem significativamente da testemunha pelo Teste de Dunnett ao nível de 5 % de probabilidade.

Não houve interação entre os tratamentos condicionantes e as vias de estresse para a cultivar Monsoy 5838 IPRO nas avaliações de primeira contagem de germinação e porcentagem de plântulas anormais, sendo estes parâmetros avaliados separadamente (Tabela 6).

O estresse de temperatura elevada proporcionou menor taxa na primeira contagem germinação (8,5%) e o maior índice de plântulas anormais (21,8%) foi ocasionado pela restrição hídrica. Mas é preciso levar em consideração o fato de que, a maioria das sementes para temperatura elevada estavam mortas. Já o peróxido de hidrogênio demonstrou resultados superiores ao óxido nítrico na primeira contagem de germinação.

Tabela 6. Primeira contagem de germinação e plântulas anormais referente a cultivar Monsoy 5838IPRO. Lavras, 2021.

<b>Substâncias Condicionantes</b>	<b>PCG</b>	<b>Plântulas Anormais</b>
Peróxido de hidrogênio	56,3a	9,3a
Óxido nítrico	49,5b	11,2a
<b>Tratamentos</b>		
Restrição Hídrica	66,8b	21,8a
Temperatura Elevada	8,5c	0c
Sem Estresse	83,5a	9b
Testemunha	93	1,5
CV (%)	10,78	35,50

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Por fim, todos os coeficientes de variação (CV), exceto para porcentagem de plantas anormais, obteve valores abaixo de 30%, sendo considerado um padrão aceitável para dados agronômicos. Quanto menor o CV, mais homogêneos são os dados. Os valores de coeficiente de variação acima de 30% para as plântulas anormais nas duas cultivares, podem ser devido a morte de muitas sementes no teste de estresse por temperatura, o que resultou em um número zero de plantas anormais.

## 5 CONCLUSÕES

O óxido nítrico pode ser indicado para Monsoy 6410 IPRO, pois não reduz seu potencial germinativo, até mesmo em condições de altas temperaturas.

O peróxido de hidrógeno foi melhor para cultivar Monsoy 5838 IPRO, principalmente quando as sementes foram submetidas a temperaturas elevadas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AN, L., et al. Effects of nitric oxide on growth of maize seedling leaves in the presence or absence of ultraviolet-B radiation. **Journal Plant Physiol**, v.162, p.317-26, 2005.

ÁVILA, M.R., et al. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola, **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, 2007.

AZEVEDO N., et al. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 162, p. 1114-1122, 2005.

BARBA-ESPIN, G., et al. Interaction between hydrogen peroxide and plant hormones during germination and the early growth of pea seedlings. **Plant, Cell & Environment**, vol. 33, n. 6, p. 981-994, 2010. Disponível em: [http:// dx.doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02120.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02120.x) Acesso em: 24/08/2021

BELIGNI, M.V., LAMATTINA, L. Nitric oxide stimulates seed germination and deetiolation, and inhibits hypocotyl elongation, three light-inducible responses in plants. **Planta**, v.210, p.215-221, 2000.

BETHKE, P.C., LIBOUREL, I.G.L., JONES, R.L. Nitric oxide reduces seed dormancy in Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.517-26, 2006.

BIENERT, G.P.; SCHJOERRING, J.K.; JAHN, T.P. Membrane transport of hydrogen peroxide. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1758, p. 994-1003, 2006.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. A soja no Brasil: História e estatística. **Embrapa Soja**, Londrina. 1987. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/446431/a-soja-no-brasil-historia-e-estatistica>. Acesso em: 24/08/2021

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 5, p. 1105-1112, 1986.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**, Brasília: Mapa/ACS, 2009.

CECHINEL, C. A soja além do óleo e do farelo: Grão é aplicado na produção de cosméticos e até de tintas e revestimentos, mas essas utilizações são pouco conhecidas no Brasil. **Globo Rural**. 2014. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Soja/noticia/2014/04/soja-alem-do-oleo-e-do-farelo.html>. Acesso em: 24/08/2021

CHEN BX, et al. Involvement of polyamine oxidase-produced hydrogen peroxide during coleorhiza-limited germination of rice seeds. **Frontiers in plant science**, doi: 10.3389/fpls.2016.01219. 2016

CONAB. Boletim da Safra de Grãos: 12º Levantamento – Safra 2020/21. **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília. 09/09/2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info->

agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos. Acesso em: 04/01/2022.

CONAB. Boletim da Safra de Grãos: 3º Levantamento – Safra 2021/22. **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília. 09/12/2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 04/01/2022.

CONAB. SojaSerieHist.xls. **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/7666-soja/>. Acesso em: 25/06/2021

COSTA, N., et al. Zoneamento ecológico do estado do Paraná para a produção de sementes de cultivares precoces de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 16, n1, p.12-19, 1994.

CREUS, C.M., et al. Nitric oxide is involved in the Azospirillum brasilense-induced lateral root formation in tomato. **Planta**, v.221, p.297-303, 2005.

DALL'AGNOL, A. et al. Circular Técnica: O complexo agroindustrial da soja brasileira. **Embrapa**, Londrina, 2007. Disponível em: <file:///C:/Users/Bruno/Downloads/43.pdf>. Acesso em: 25/06/2021.

FARIAS, J. R. B. Limitações climáticas à obtenção de rendimentos máximos de soja. **Embrapa Soja - Artigo em anais de congresso (ALICE)**, Londrina, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/906919/1/farias.limitacoes.pdf>. Acesso em: 25/06/2021

FARIAS, J. R. B. et al. Circular Técnica: Ecofisiologia da soja. **Embrapa**, Londrina, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/470308/1/circtec48.pdf>. Acesso em: 25/06/2021

GABALDON, C., et al. Nitric oxide production by the differentiating xylem of *Zinnia elegans*. **New Phytol**, v.165, p.121-130, 2005.

GARCIA-MATA, C., LAMATTINA, L. Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress. **Plant Physiol**, v.126, p.1196-204, 2001.

GONDIM FA, et al. Efeitos do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, 2011.

GONG, M.; et al. Heat-shock-induced cross adaptation to heat, chilling, drought and salt stress in maize seedlings and involvement of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Journal of Plant Physiology**, v. 158, p. 1125-1130, 2001.

GOUVEIA, G. C. C.; BINOTTI, F. F. DA S.; COSTA, E. Priming effect on the physiological potential of maize seeds under abiotic stress1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 3, p.328–335, 2017.

HODGES, H.F., et al. **Temperature effects on cotton**. Memphis: Mississippi State University, 1993. (Bull. 990, Mississippi Agric. Exp. Sta.)

KLEPPER, L. Nitric oxide and nitrogen dioxide emissions from herbicide treated soybean plants. **Atmospheric Environment**, v.13, p.537-542, 1979.

LAMATTINA, L., et al. Nitric oxide: the versatility of an extensive signal molecule. *Annu. Rev. Plant Biol*, v.54, p.109-36, 2003.

LIU, H.Y., et al. The role of water channel proteins and nitric oxide signaling in rice seed germination. **Cell Research**, v.17, p.638-649, 2007.

LIU Y, et al. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mediates the regulation of ABA catabolism and GA biosynthesis in Arabidopsis seed dormancy and germination. **Journal of experimental botany**, doi: org/10.1093/jxb/erq125. 2010

LOMBARDO, M.C., et al. Nitric oxide functions as a positive regulator of root hair development. **Plant Signaling and Behavior**, v.1, p.28-33, 2006.

NEILL, S., DESIKAN, R.; HANCOCK, J. Hydrogen peroxide signaling. **Current Opinion in PlantBiology**, v. 5, p. 388-395, 2002.

NEILL, S.J., et al. Nitric oxide is a novel component of abscisic acid signaling in stomatal guard cells. **Plant Physiol**, v.128, p.13-6, 2002.

NEILL, S.J., DESIKAN, R., HANCOCK, J.T. Nitric oxide signaling in plants. **New Phytol**, v.159, p.11-35, 2003.

OLIVEIRA, H.; et al. Germinação de sementes e estabelecimento de plântulas de algodão submetidas a diferentes concentrações de NaCl e PEG 6000. **Espacios (CARACAS)**, v. 38, p. 13-28, 2017.

OLIVEIRA, R. **Pré-tratamento com peróxido de hidrogênio em sementes de soja induz tolerância ao estresse por déficit hídrico**. Universidade Estadual Paulista – UNESP Câmpus de Jaboticabal. 2019. Disponível em : <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/181692> Acesso em: 05/01/2022

ÖTVÖS, K.; et al. Nitric oxide is required for, and promotes auxin-mediated activation of, cell division and embryogenic cell formation but does not influence cell cycle progression in alfalfa cell cultures. **The Plant Journal**, v.43, p.849- 860, 2005.

PANNGOM K., et al. Comparative assessment for the effects of reactive species on seed germination, growth and metabolisms of vegetables. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 85-91, 2018.

PEREIRA, F. J., **Características anatômicas e fisiológicas de aguapé e índice de fitorremediação de alface d'água cultivados na presença de arsênio, cádmio e chumbo**, Ano de obtenção: 2010.

PEREIRA, M.D.; LOPES, J.C. Germinação e desenvolvimento de plântulas de pinhão manso sob condições de estresse hídrico simulado **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1837-1842, 2011.

PIRES, R. M. O. **Protective action of nitric oxide on sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) submitted to different conditions of stress**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Plantas daninhas, Alelopatia, Herbicidas e Resíduos; Fisiologia de culturas; Manejo pós-colheita de) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014. Disponível em : <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/4632> Acesso em: 05/12/2021

PRASAD, T.K.; et al. Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. **The Plant Cell**, v. 6, p. 65-74, 1994.

SARATH, G.; et al. Nitric oxide accelerates seed germination in warm-season grasses. **Planta**, v.223, p.1154- 1164, 2006.

SILVA, M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja com diferentes teores iniciais de umidade. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, 2016.

SOUZA, Y.A. - **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidas à condições de estresse: ação do óxido nítrico**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2007

TEWARI, R.K.; HAHN, E.J.; PAEK, K.Y. Modulation of copper toxicity-induced oxidative damage by nitric oxide supply in the adventitious roots of *Panax ginseng*. **Plant Cell Reports**, v.27, p.171-181, 2008.

UCHIDA, A.; et al. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. **Plant Science**, v. 163, p. 515-523, 2002.

VRANOVÁ, E.; INZÉ, D.; BREUSEGEM, F. V. Signal transduction during oxidative stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1227-1236, 2002.

WOJTYLA L, et al. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. **Frontiers in plant science**, doi: 10.3389/fpls.2016.00066. 2016.

ZHANG, H.; SHEN, W.B.; XU, L.L. Effects of nitric oxide on the germination of wheat seeds and its reactive oxygen species metabolisms under osmotic stress. **Acta Botanica Sinica**, v.45, p.901-905, 2003a.

ZHANG, M., et al. The cascade mechanisms of nitric oxide as a second messenger of ultraviolet B in inhibiting mesocotyl elongations. **Phytochem Photobiol**, v.77, p.219- 25, 2003b.