

# Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tratadas com peróxido de hidrogénio

## Sanitary and physiological quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seeds treated with hydrogen peroxide

José George Ferreira Medeiros<sup>1,\*</sup>, Aderson Costa Araujo Neto<sup>2</sup>, Manoel Gustavo Neto Silva<sup>3</sup>, José Vinicius Bezerra Silva<sup>1</sup> e Claudiney Felipe Almeida Inô<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Sumé, Paraíba, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Uruçuí, Piauí, Brasil

(\*E-mail: georgemedeiros\_jp@hotmail.com)

<https://doi.org/10.19084/rca.18232>

Recebido/received: 2019.07.06

Aceite/accepted: 2019.09.02

### RESUMO

Os fungos são os principais microrganismos associados às sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), podendo causar patologias tanto na fase de campo, como também na pós-colheita e durante o armazenamento. O peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) é um eficiente oxidante de comprovada atividade antimicrobiana contra agentes fitopatogénicos, sobretudo, associados a sementes. Dessa forma, objetivou-se avaliar a influência do peróxido de hidrogénio sobre a qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja. As sementes utilizadas foram da cultivar FTS ATHENA RR, as quais foram submetidas aos seguintes tratamentos: testemunha (sementes não tratadas); fungicida comercial (dicarboximida) e os tratamentos com peróxido de hidrogénio nas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0% por cinco minutos de imersão. Após os tratamentos, as sementes foram submetidas aos testes de sanidade e emergência em delineamento experimental inteiramente casualizado. O tratamento com peróxido de hidrogénio nas concentrações de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0% proporcionou eficiente redução da incidência da micoflora associada às sementes (*Aspergillus niger* Tiegh., *Aspergillus flavus* Link, *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Cercospora* sp. e *Rhizoctonia* sp.) e influenciou positivamente a emergência e o crescimento inicial das plântulas de soja.

**Palavras-chave:** qualidade das sementes, peróxido de hidrogénio, *Glycine max* (L.) Merrill

### ABSTRACT

Fungi are the main microorganisms associated with soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill), which can cause pathologies both in the field as well as post-harvest and during storage. Hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) is an efficient oxidant with proven antimicrobial activity against phytopathogenic agents, mainly associated with seeds. The objective of this study was to evaluate the influence of hydrogen peroxide on the sanitary and physiological quality of soybean seeds. The seeds used were from the cultivar FTS ATHENA RR, which were submitted to the following treatments: control (untreated seeds); commercial fungicide (dicarboximide) and treatments with hydrogen peroxide at concentrations of 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 4.0; 6.0; 8.0 and 10.0% for five minutes of immersion. After the treatments, the seeds were submitted to sanitary and emergency tests in a completely randomized experimental design. Treatment with hydrogen peroxide at concentrations of 2.0; 4.0; 6.0; 8.0 and 10.0% provided an efficient reduction in the incidence of mycoflora associated with seeds (*Aspergillus niger* Tiegh., *Aspergillus flavus* Link, *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Cercospora* sp. and *Rhizoctonia* sp.) and positively influenced the emergence and the initial growth of soybean seedlings.

**Keywords:** seed quality, hydrogen peroxide, *Glycine max* (L.) Merrill

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas oleaginosas mais importantes no mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor. Para obter níveis satisfatórios de produtividade, é necessário um manejo eficiente de vários problemas fitossanitários que afetam a cultura (Almeida *et al.*, 2016).

A qualidade sanitária das sementes é um dos fatores mais importantes que devem ser considerados antes da sementeira, uma vez que garante o estabelecimento da cultura, com estandes de plantas uniformes e livres de doenças, refletindo diretamente no rendimento das culturas (Pizá *et al.*, 2018). Entre os microrganismos associados às sementes os fungos são responsáveis por causar vários danos, tanto na fase de campo, pós-colheita e durante o armazenamento (Medeiros *et al.*, 2016).

Além disso, os danos causados por esses patógenos são variáveis dependendo da proporção de sementes infectadas e dos fatores ambientais envolvidos (temperatura e umidade), sendo geralmente os patógenos que se localizam no embrião da semente facilmente transmitido para as plântulas (Migliorini *et al.*, 2017). O tratamento de sementes é uma medida preventiva que auxilia na manutenção da qualidade das sementes que serão semeadas no campo. Essa prática de manejo contribui para o bom estabelecimento inicial da cultura, com estandes de plantas uniformes, livre de doenças, resultando em ganhos quantitativos e qualitativos na produção (Cunha *et al.*, 2015).

O manejo sanitário das sementes de soja normalmente é realizado por tratamento químico, por ser eficiente no controle de patógenos transmitidos por sementes, podendo ser utilizado na forma de fungicidas, nematicidas e inseticidas (Conceição *et al.*, 2014). No entanto, a preocupação com o uso indiscriminado desses produtos e os danos ao meio ambiente e a saúde humana leva à procura por tecnologias alternativas (Coppo *et al.*, 2017).

A aplicação de peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) tem sido bastante utilizada como estimulante do processo germinativo (Barba-Espin *et al.*, 2010) e demonstrou resultados promissores na qualidade sanitária e fisiológica de sementes de zínia (*Zinnia*

*elegans* Jacq.) (Szopińska, 2014) e pimenta (*Capsicum annuum* L.) (Nandi *et al.*, 2017).

Neste sentido, objetivou-se avaliar a influência do peróxido de hidrogénio na qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Multidisciplinar e em casa de vegetação, pertencentes à Universidade Estadual do Piauí, Campus Uruçuí, Piauí, Brasil, com sementes de soja da cultivar FTS ATHENA RR, adquiridas em uma propriedade localizada no município de Sebastião Leal, Piauí, da colheita de 2016.

### Descrição dos tratamentos

As sementes foram previamente desinfestadas com hipoclorito de sódio a 1,0% durante 2 minutos e, de seguida, submetidas aos seguintes tratamentos: T<sub>1</sub>: testemunha (sementes não tratadas); T<sub>2</sub>: fungicida dicarboximida (240 g i.a.100 kg<sup>-1</sup> de sementes); T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>10</sub>: imersão das sementes em solução aquosa a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0% de peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) por cinco minutos, respectivamente. A quantidade total da solução utilizada (água destilada + peróxido de hidrogénio) foi de 100 mL para cada solução.

### Teste de sanidade

Após a aplicação dos tratamentos, as sementes foram incubadas em placas Petri (90 x 15 mm) contendo dupla camada de papel filtro esterilizado, umedecido com água destilada esterilizada (ADE) e mantidas em incubação a temperatura ambiente de 28 ± 3°C por um período de sete dias.

A identificação dos fungos associados às sementes foi realizada com o auxílio de microscópio estereoscópico óptico, adotando-se como critério a comparação com características descritas em literatura específica (Seifert *et al.*, 2011) e os resultados expressos em percentagem de sementes infectadas para cada fungo identificado.

### Teste de emergência

Para o teste de emergência foram utilizadas sementes submetidas aos mesmos tratamentos descritos anteriormente. O mesmo foi conduzido em casa de vegetação com sombreamento de 50%. Utilizou-se como substrato areia peneirada com a quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção. As sementes foram distribuídas em bandejas plásticas e semeadas a três centímetros de profundidade. Foram realizadas contagens diárias do número de plântulas normais, considerando-se como critério a emergência dos cotilédones e hipocótilo, até a estabilização da emergência que ocorreu ao oitavo dia após a sementeira, sendo os resultados expressos em percentagem (Mapa, 2009).

A primeira contagem de emergência foi determinada com base na percentagem acumulada de plântulas normais no quinto dia após a instalação do ensaio. O índice de velocidade de emergência (IVE) foi avaliado conjuntamente com o teste de emergência, mediante a contagem diária das plântulas emergidas e, calculado empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962), onde:

$$IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$$

Em que,  $E_1$ ,  $E_2$  e  $E_n$  = número de plântulas normais emergidas a cada dia;  $N_1$ ,  $N_2$  e  $N_n$  = número de dias decorridos desde a sementeira.

Ao final do teste de emergência, o comprimento da parte aérea (CPA), raiz (CPR) e total (CPL) das plântulas normais de cada repetição foi determinado com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados expressos em cm/plântula (MAPA, 2009). Nesta ocasião também foram determinadas as percentagens de sementes mortas (SM) e sementes duras (SD).

### Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. O teste de sanidade consistiu em dez tratamentos, distribuídos em dez repetições de dez sementes cada. O teste de emergência foi distribuído em quatro repetições de vinte e cinco sementes por tratamento.

As médias do teste de emergência foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância, usando o software estatístico SISVAR® versão 5.6 (Ferreira, 2011). Para o teste de sanidade, os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, realizou-se análise de regressão polinomial em função dos dados quantitativos (concentrações de peróxido de hidrogênio).

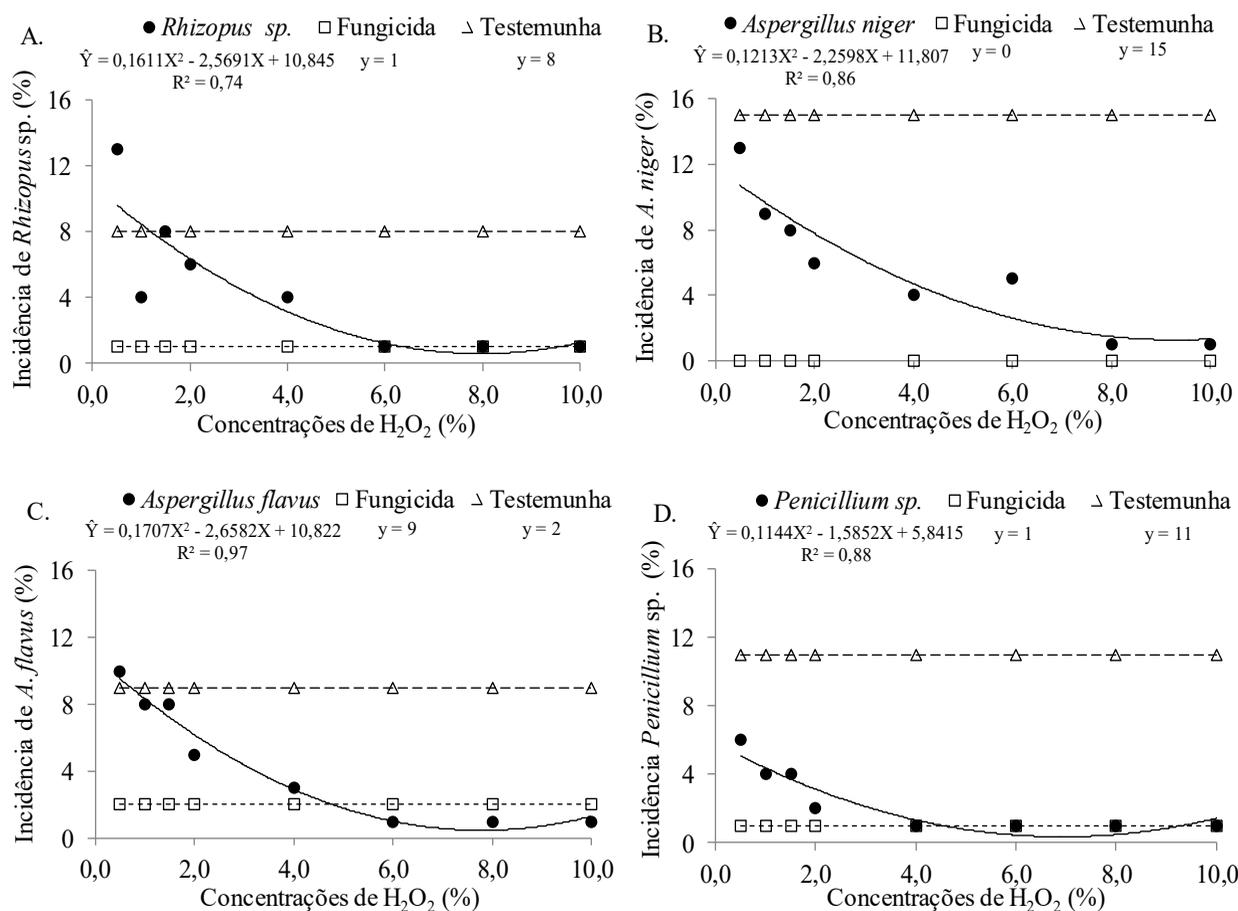
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Qualidade sanitária

Na avaliação sanitária das sementes de soja foram identificados os fungos *Rhizopus* sp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Cercospora* sp. e *Rhizoctonia* sp. Em relação à incidência de *Rhizopus* sp. (Figura 1A), observou-se que o tratamento com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) em concentrações a partir de 2,0% reduziu significativamente a ocorrência desse patógeno em relação à testemunha. Constatou-se ainda que, nas concentrações de  $H_2O_2$  superiores a 6,0% registraram-se as menores percentagens de incidência desse fungo, equiparando-se ao tratamento químico fungicida; resultado que demonstra a eficiência do peróxido de hidrogênio no controle alternativo de fungos. De acordo com Łukasik *et al.* (2012), o peróxido de hidrogênio é a principal espécie reativa de oxigênio que ativa moléculas para induzir genes de defesa e a polimerização de proteínas que constitui a parede celular, além de estimular a produção de enzimas antioxidantes.

Quanto à ocorrência de *Aspergillus niger* nas sementes de soja (Figura 1B), verificou-se que todas as concentrações aplicadas de  $H_2O_2$  reduziram o crescimento desse patógeno quando comparadas à testemunha, sendo a redução da incidência proporcional ao aumento das concentrações testadas, com menor percentual (1%) registrado na concentração de 10,0% de  $H_2O_2$ .

As concentrações a partir de 2,0% de  $H_2O_2$  proporcionaram redução significativa da ocorrência de *Aspergillus flavus* em relação à testemunha (Figura 1C). As menores percentagens de incidência de *A. flavus* foram obtidas quando aplicadas as concentrações de  $H_2O_2$  superiores a 6,0%, não diferindo estatisticamente do percentual registrado no



Edited by Foxit Reader. Copyright(C) by Foxit Software Company, 2005-2008. For Evaluation Only.

**Figura 1** - Incidência dos fungos *Rhizopus sp.* (A), *Aspergillus niger* (B), *Aspergillus flavus* (C) e *Penicillium sp.* (D) em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetidas a diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

tratamento com fungicida (2%), o que demonstra o potencial antifúngico do peróxido de hidrogênio na redução da incidência da micoflora associada às sementes de soja.

Os resultados obtidos concordam com os de Nandi *et al.* (2017) quando avaliaram o efeito *in vitro* do peróxido de hidrogênio sobre o crescimento micelial de fungos isolados de sementes de pimenta (*Aspergillus flavus*, *Rhizopus stolonifer*, *Colletotrichum capsici*, *Curvularia lunata*, *Alternaria alternata*, *Fusarium moniliforme*), constataram que as concentrações de 1,0; 2,0 e 3,0% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foram eficientes em relação à testemunha na inibição do crescimento micelial dos fungos detectados.

Para *Penicillium sp.*, constatou-se que todas as concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> testadas reduziram

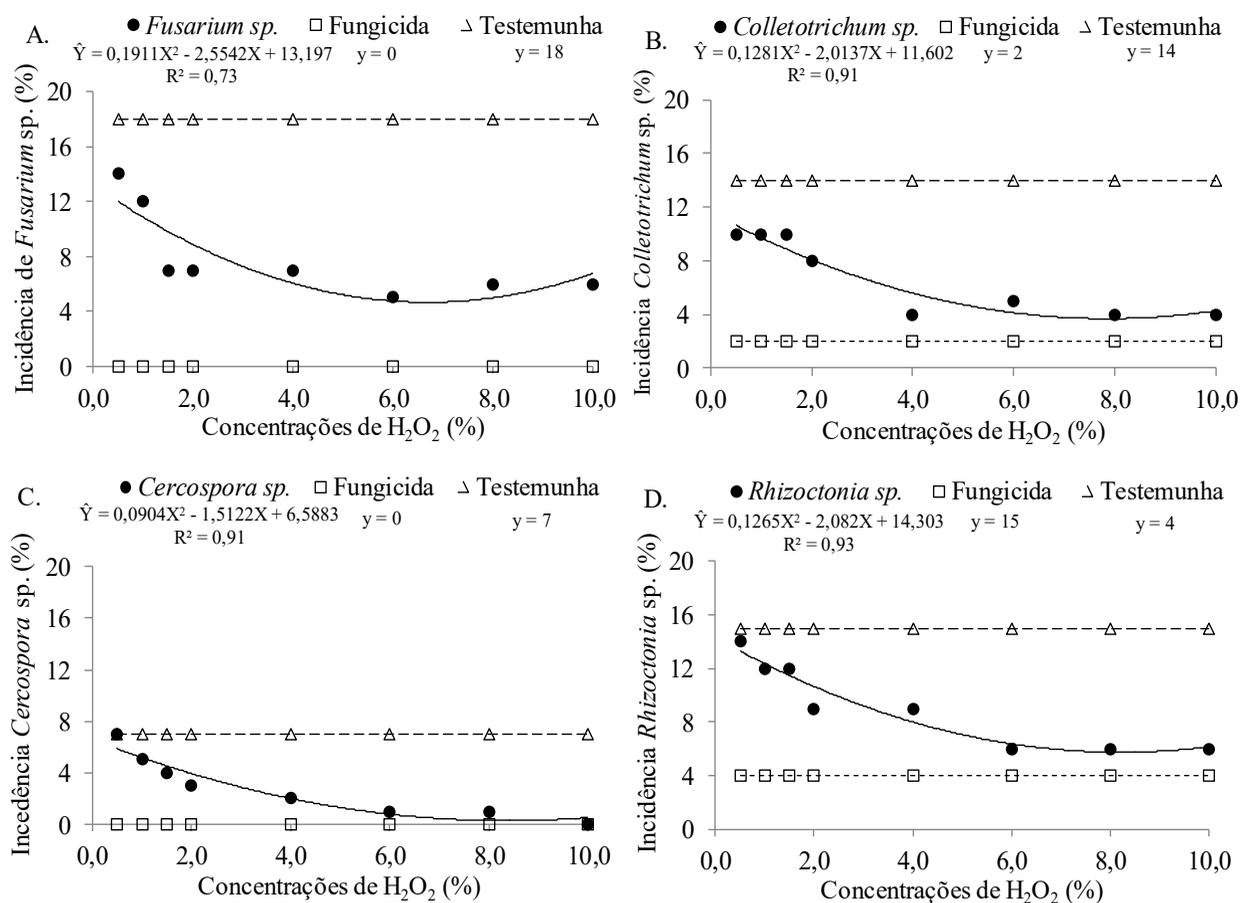
significativamente a incidência desse fungo nas sementes de soja, quando comparadas à testemunha (Figura 1D). Nas concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> superiores a 4,0% registraram-se as menores percentagens de ocorrência de *Penicillium sp.*, proporcionando efeito similar ao observado nas sementes tratadas com fungicida comercial (1%). Segundo Nandi *et al.* (2017), o peróxido de hidrogênio exerce atividade antimicrobiana contra uma gama de microrganismos, o que indica sua eficiência em interferir no processo de infecção dos patógenos.

Os danos causados pelos fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* são variáveis, como: perda do poder germinativo, apodrecimento e aquecimento da massa de sementes, resultando no aumento da taxa respiratória e produção de micotoxinas (Carvalho e Nakagawa, 2012; Conceição *et al.*, 2016).

Na avaliação da incidência de *Fusarium* sp. (Figura 2A), verificou-se que os tratamentos com peróxido de hidrogênio, em todas as concentrações aplicadas, reduziu significativamente a ocorrência desse patógeno nas sementes de soja, em relação as não tratadas (18%). As menores percentagens de incidência de *Fusarium* sp. foram obtidas entre as concentrações de 6,0 e 8,0% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (5%), bem como no tratamento com fungicida, o qual proporcionou efetivo controle desse fungo (0%). Resultados similares foram encontrados por Szopińska (2014), que ao avaliar o efeito do peróxido de hidrogênio na qualidade de sementes de zínia (*Zinnia elegans* Jacq.), constatou que a concentração de 3,0% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, independentemente do tempo de exposição, aumentou o percentual de sementes sadias, diminuindo significativamente a incidência de *Fusarium* spp. e *Alternaria* spp.

O controle de *Fusarium* por meio do tratamento com peróxido de hidrogênio apresenta grande importância para manutenção da qualidade de sementes de espécies cultivadas como a soja, pois fungos desse gênero podem sobreviver no solo por meio de estruturas de resistência e, ainda, em estruturas internas das sementes, como o embrião (Ramos *et al.*, 2014).

Entre as doenças que infetam a cultura da soja, o “damping-off” é considerado uma das principais, causado por um grupo de fungos de solo e de semente, os quais, ocorrendo separadamente ou em conjunto, podem ocasionar tombamento em plântulas em pré e pós-emergência. Os principais agentes causais responsáveis por tombamento de plântulas de soja são *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp. e *Phytophthora* spp. (Lamichhane *et al.*, 2017), seguido de *Macrophomina phaseolina*,



**Figura 2** - Incidência dos fungos *Fusarium* sp. (A), *Colletotrichum* sp. (B), *Cercospora* sp. (C) e *Rhizoctonia* sp. (D) em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetidas a diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

causador da podridão negra da raiz (Ishikawa *et al.*, 2018). Dessa forma, tratamentos alternativos como a aplicação de peróxido de hidrogênio podem diminuir a dependência de fungicidas, reduzir custos e atenuar impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente na ausência de cultivares resistentes (Lamichhane *et al.*, 2016).

Para *Colletotrichum* sp., verificou-se que os tratamentos com peróxido de hidrogênio promoveram redução do crescimento desse fungo em relação à testemunha (14%), com efeitos mais pronunciados a partir da concentração de 2,0%. Entretanto, os menores índices de ocorrência de *Colletotrichum* sp. foram registrados quando aplicadas as concentrações de 8,0 e 10,0% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sem diferir do tratamento químico com fungicida (2%) (Figura 2B).

percentagens de ocorrência de *Cercospora* sp., alcançando efetivo controle desse fitopatógeno na concentração de 10,0% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, equiparando-se ao efeito obtido no tratamento com fungicida.

O crescimento de *Rhizoctonia* sp. nas sementes de soja foi inibido consideravelmente com a aplicação dos tratamentos com peróxido de hidrogênio, sendo os efeitos mais pronunciados a partir da concentração de 2,0% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, em relação as sementes não tratadas (14%) (Figura 2D). Nas maiores concentrações testadas (6,0; 8,0 e 10,0% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) foram constatadas as menores percentagens de ocorrência de *Rhizoctonia* sp., não diferindo do registrado no tratamento com fungicida comercial (4%). O gênero *Rhizoctonia* abrange um grupo de fungos que sobrevivem saprofiticamente no solo na forma de

**Quadro 1** - Valores médios da primeira contagem de emergência (PCE), emergência (EME), sementes mortas (SM), sementes duras (SD), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CPR), comprimento total de plântula (CPL) e índice de velocidade de emergência (IVE) em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetidas a diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio

Tratamentos	PCE	EME	SM	SD	CPA	CPR	CPL	IVE
T <sub>1</sub> : Testemunha	68,0 b	90,0 a	7,0 a	3,0 a	9,3 b	7,1 b	16,4 b	3,7 a
T <sub>2</sub> : Dicarboximida	88,0 a	94,0 a	4,0 b	2,0 a	11,5 a	9,2 a	20,7 a	4,1 a
T <sub>3</sub> : 0,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	67,0 b	80,0 a	14,0 a	6,0 a	11,0 a	8,2 a	19,2 a	3,9 a
T <sub>4</sub> : 1,0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	57,0 b	80,0 a	14,0 a	6,0 a	11,8 a	8,5 a	20,3 a	3,7 a
T <sub>5</sub> : 1,5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	63,0 b	88,0 a	9,0 a	3,0 a	11,2 a	8,5 a	19,7 a	3,9 a
T <sub>6</sub> : 2,0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	83,0 a	88,0 a	12,0 a	0,0 a	11,4 a	8,8 a	20,2 a	4,1 a
T <sub>7</sub> : 4,0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	83,0 a	90,0 a	6,0 a	4,0 a	11,0 a	8,6 a	19,6 a	4,1 a
T <sub>8</sub> : 6,0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	90,0 a	90,0 a	5,0 a	5,0 a	11,7 a	8,0 a	19,7 a	4,9 a
T <sub>9</sub> : 8,0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	90,0 a	90,0 a	6,0 a	4,0 a	11,5 a	8,7 a	20,2 a	4,9 a
T <sub>10</sub> : 10,0% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	90,0 a	91,0 a	6,0 a	3,0 a	11,3 a	8,5 a	19,8 a	4,9 a
CV (%)	11,57	17,57	10,11	13,22	9,16	11,65	9,21	8,31
D.M.S	1,48	1,11	1,82	1,70	1,30	1,17	0,98	0,67

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade. Onde: CV = Coeficiente de variação; D.M.S = Desvio médio significativo.

Em relação à influência do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na incidência de *Cercospora* sp. (Figura 2C), observou-se que as concentrações a partir de 2,0% mostraram-se eficientes na redução do fungo, diferindo significativamente da testemunha (7%). Nas concentrações a partir de 6,0% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> registraram-se as menores

micélio e escleródios (Okubara *et al.*, 2014), podendo ser transmitidos para as plântulas via sementes, causando problemas radiculares e tombamento de plântulas (Lazarotto *et al.*, 2012).

## Qualidade fisiológica

Os dados referentes à qualidade fisiológica das sementes de soja tratadas com peróxido de hidrogênio estão apresentados no Quadro 1.

Em relação à primeira contagem de emergência, verificou-se que os tratamentos com aplicação de peróxido de hidrogênio nas concentrações de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0%, e o tratamento com fungicida ( $T_2$ ), proporcionaram maiores percentagens para essa variável, diferindo significativamente da testemunha ( $T_1$ ), embora sem diferir entre si. Entretanto, para o percentual de emergência final não se verificou diferença significativa entre os tratamentos aplicados (Quadro 1).

Provavelmente, a promoção da emergência de plântulas pelo tratamento com peróxido de hidrogênio, na ocasião da primeira contagem, pode ser resultante da oxidação de inibidores da germinação presentes no tegumento ou no pericarpo da semente (Klein *et al.*, 2008; Huarte e Garcia, 2009). Avaliando o efeito do peróxido de hidrogênio como promotor da germinação e crescimento de vegetais, Narimanov (2000) verificou que o tratamento de sementes por um curto período de imersão em soluções de  $H_2O_2$  ( $6 \times 10^{-2}$  e  $6 \times 10^{-5}$  M) proporcionou o aumento da germinação, a emergência precoce de plântulas e acelerou o desenvolvimento de cevada, milho, feijão, melão, rabanete e cenoura.

Em estudo com sementes de *Tripsacum dactyloides* submetidas ao tratamento com peróxido de hidrogênio, Klein *et al.* (2008) constataram que a germinação mais rápida das sementes foi promovida pela quebra de inibidores presentes no pericarpo, induzindo a formação de giberelina, a qual promove a germinação e o alongamento da radícula.

Esses resultados permitem inferir que os tratamentos com peróxido de hidrogênio nas concentrações testadas a partir de 2,0%, além de reduzirem a incidência da micoflora associada às sementes, promoveram a abreviação da emergência de plântulas de soja, embora não tenha sido constatada diferença significativa entre os tratamentos testados para o índice de velocidade de emergência (IVE) (Quadro 1).

Quanto ao percentual de sementes mortas, observou-se que apenas o tratamento com fungicida ( $T_2$ )

reduziu significativamente esse percentual, diferindo dos demais tratamentos aplicados (Quadro 1). Tal efeito resulta da comprovada eficiência do tratamento químico, sobretudo do grupo das Dicarboximidas, no controle de fungos associados a sementes. Para o percentual de sementes duras não houve diferença significativa entre os tratamentos testados (Quadro 1).

Para o comprimento da parte aérea, de raiz e total de plântulas de soja (Quadro 1), verificou-se que o tratamento com peróxido de hidrogênio, em todas as concentrações testadas, proporcionou aumento significativo dessas variáveis em relação à testemunha ( $T_1$ ), apresentando efeito similar ao registrado no tratamento químico com fungicida ( $T_2$ ). Esses resultados revelam que o peróxido de hidrogênio, independente da concentração aplicada, influencia positivamente no crescimento inicial de plântulas de soja.

Por outro lado, na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimenta tratadas com peróxido de hidrogênio (1,0; 2,0 e 3,0%), Nandi *et al.* (2017) verificaram aumento significativo do percentual de germinação, comprimento da parte aérea e de raiz de plântulas a partir do tratamento com a concentração de 1,0% de  $H_2O_2$ , em relação aos resultados obtidos nas sementes não tratadas e nas concentrações mais elevadas de  $H_2O_2$  (2,0 e 3,0%).

Os resultados obtidos neste estudo demonstram a potencialidade de uso do peróxido de hidrogênio como tratamento alternativo de sementes em substituição aos tratamentos químicos com fungicidas, pois além de apresentar baixo custo e fácil aplicação, promove eficiente redução da incidência de fungos associados às sementes e melhora a emergência e a formação das plântulas de soja.

## CONCLUSÕES

O tratamento com peróxido de hidrogênio nas concentrações de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0% proporcionou eficiente redução da incidência da micoflora associada às sementes (*Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Cercospora* sp. e *Rhizoctonia* sp.) e influenciou positivamente a emergência e o crescimento inicial das plântulas de soja.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, J.A.; Souza, J.C. & Araújo, F.G. (2016) - Tratamento de sementes com abamectina e *Paecilomyces lilacinus* no manejo de *Heterodera glycines* na cultura da soja. *Multi-Science Journal*, vol. 1, n. 4, p. 62-65.
- Barba-Espin, G.; Diaz-Vivancos, P.; Clemente-Moreno, M.J.; Albacete, A.; Faize, L.; Faize, M.; Pérez-Alfocea, F. & Hernández, J.A. (2010) - 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. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02120.x>
- Carvalho, N.M. & Nakagawa, J. (2012) – *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5ª. ed. Jaboticabal, FUNEP, 590 p.
- Conceição, G.M.; Lúcio, A.D.; Mert-Henning, L.M.; Henning, F.A.; Beche, M. & Andrade, F.F.D. (2016) – Physiological and sanitary quality of soybean seeds under different chemical treatments during storage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 20, n. 11, p. 1020-1024. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p1020-1024>
- Conceição, G.M.; Barbieri, A.P.P.; Lúcio, A.D.; Martin, T.N.; Mertz, L.M.; Mattioni, M.N. & Lorentz, L.H. (2014) – Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetidas a diferentes tratamentos químicos nas sementes. *Bioscience Journal*, vol. 30, n. 6, p. 1711-1720.
- Coppo, J.C.; Stangarlin, J.R.; Mioranza, T.M.; Coltro-Roncato, S.; Kuhn, O.J. & Schwan-Estrada, K.R.F. (2017) - Sanidade e germinação de sementes de soja tratadas com extratos de plantas e de fungo. *Revista de Ciências Agroambientais*, vol. 15, n. 2, p. 92-99. <http://dx.doi.org/10.5327/Z1677-606220171472>
- Cunha, R.P.; Corrêa, M.F.; Schuch, L.O.B.; Oliveira, R.C.; Abreu Junior, J.S.; Silva, J.D.G. & Almeida, T.L. (2015) - Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. *Ciência Rural*, vol. 45, n. 10, p. 1761-1767. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140742>
- Ferreira, D.F. (2011) - Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 35, n. 6, p. 1039-1042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Huarte, R. & Garcia, M.D. (2009) - *Tripsacum dactyloides* (L.) L. (*Poaceae*) caryopsis dormancy and germination responses to scarification, hydrogen peroxide and phytohormones. *Seed Science and Technology*, vol. 37, n. 3, p. 544-553. <https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.3.02>
- Ishikawa, M.S.; Ribeiro, N.R.; Oliveira, E.C.; Almeida, A.A. & Balbi-Peña, M.I. (2018) – Screening of soybean cultivars resistant to black root rot (*Macrophomina phaseolina*). *Summa Phytopathologica*, vol. 44, n. 1, p. 38-44. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/178653>
- Klein, J.D.; Wood, L.A. & Geneve, R.L. (2008) - Hydrogen peroxide and color sorting improves germination and vigor of eastern gamagrass (*Tripsacum dactyloides*) seed. *Acta Horticulturae*, vol. 782, p. 93-98. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.782.8>
- Lamichhane, J.R.; Dachbrodt-Saaydeh, S.; Kudsk, P. & Messéan, A. (2016) – Toward a reduced reliance on conventional pesticides in European agriculture. *Plant Disease*, vol. 100, n. 1, p. 10-24. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-15-0574-FE>
- Lamichhane, J.R.; Durr, C.; Schwanck, A.A.; Robin, M.H.; Sarthou, J.P.; Cellier, V.; Messéan, A. & Aubertot, J.N. (2017) – Integrated management of damping-off diseases. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 37, n. 2, p. 10-25. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0417-y>
- Lazarotto, M.; Muniz, M.F.B.; Beltrame, R.; Santos, A.F.; Maciel, C.G. & Longhi, S. J. (2012) - Sanidade, transmissão via semente e patogenicidade de fungos em sementes de *Cedrela fissilis* procedentes da região sul do Brasil. *Ciência Florestal*, vol. 22, n. 3, p. 493-503. <http://dx.doi.org/10.5902/198050986617>
- Lukasik, I.; Goławska, S. & Wójcicka, A. (2012) - Effect of cereal aphid infestation on ascorbate content and ascorbate peroxidase activity in triticale. *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 21, n. 6, p. 1937-1941.
- Maguire, J.D. (1962) - Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*, vol. 2, n. 2, p. 176-177. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- MAPA (2009) – *Regras para análise de sementes*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, 398 p.

- Medeiros, J.G.F.; Araujo Neto, A.C.; Ursulino, M.M.; Nascimento, L.C. & Alves, E.U. (2016) - Fungos associados às sementes de *Enterolobium contortisiliquum*: análise da incidência, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. *Ciência Florestal*, vol. 26, n. 1, p. 47-58. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509821090>
- Migliorini, P.; Lazarotto, M.; Müller, J.; Oruoski, P.; Bovolini, M.P.; Barbieri, M.; Tunes, L.V.M. & Muniz, M.F.B. (2017) - Qualidade fisiológica, sanitária e transmissão de patógenos em sementes de canola. *Colloquium Agrariae*, vol. 13, n. 3, p. 67-76. <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2017.v13.n3.a175>
- Nandi, M.; Pervez, Z.; Alam, M.S.; Islam, M.S.; Mahmud, M.R. (2017) - Effect of Hydrogen peroxide treatment on health and quality of chilli seed. *International Journal of Plant Pathology*, vol. 8, n. 1, p. 1-6. <http://dx.doi.org/10.3923/ijpp.2017.8.13>
- Narimanov, A.A. (2000) - Presowing treatment of seeds with hydrogen peroxide promotes germination and development of plants. *Biologia*, vol. 55, n. 4, p. 425-428.
- Okubara, P.A.; Dickman, M.B. & Blechl, A.E. (2014) - Molecular and genetic aspects of controlling the soilborne necrotrophic pathogens *Rhizoctonia* and *Pythium*. *Plant Science*, vol. 228, p. 61-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.02.001>
- Pizá, M.C.P.; Prevosto, L.; Zilli, C.; Cejas, E.; Kelly, H. & Balestrasse, K. (2018) - Effects of non-thermal plasmas on seed-borne *Diaporthe/Phomopsis* complex and germination parameters of soybean seeds. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 49, p. 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.07.009>
- Ramos, D.P.; Barbosa, R.M.; Vieira, B.G.T.L.; Panizzi, R.C. & Vieira D. (2014) - Infecção por *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides* em sementes de milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 44, n. 1, p. 24-31. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632014000100011>
- Seifert, K.; Morgan-Jones, G.; Gams, W. & Kendrick, B. (2011) – *The genera of Hyphomycetes*. 1ª ed. Utrecht, CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. 866 p.
- Szopińska, D. (2014) - Effects of hydrogen peroxide treatment on the germination, vigour and health of *Zinnia elegans* seeds. *Folia Horticulturae*, vol. 26, n. 1, p. 19-29. <https://doi.org/10.2478/fhort-2014-0002>