

Londrina, PR / Junho, 2025

## Teste de envelhecimento acelerado para avaliar o vigor em sementes de soja

Francisco Carlos Krzyzanowski<sup>(1)</sup>, Thaisa Cavalieri Matera<sup>(2)</sup>, José de Barros França-Neto<sup>(1)</sup>, Fernando Augusto Henning<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Tecnologia de Sementes, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR. <sup>(2)</sup> Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, docente do curso de agronomia da Uningá, Maringá, PR. <sup>(3)</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências e Tecnologia de Sementes, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

### Introdução

Dentre os testes de vigor mais difundidos, o teste de envelhecimento acelerado se destaca, devido à sua precisão e sensibilidade em detectar diferenças de qualidade entre lotes de sementes com germinação semelhante (Pereira et al., 2015), além de, ser capaz de proporcionar informações sobre a qualidade fisiológica das sementes com alto grau de precisão (Hampton; TeKrony, 1995). Esse teste foi desenvolvido por Delouche (1965), que estudou o efeito fisiológico na semente armazenada sob condições elevadas de temperatura e umidade relativa durante um curto período de tempo.

As bases fisiológicas desse teste advêm dos estudos de Crocker e Groves (1915), que observaram que a morte das sementes durante o armazenamento era causada pela coagulação de proteínas e que

esse processo era acelerado pelo aquecimento da massa de sementes. Com base nisso, sugeriram que testes de germinação conduzidos após a exposição relativamente rápida de sementes a temperaturas elevadas (50 °C a 100 °C), poderiam ser úteis para estimar o seu potencial de armazenamento.

O primeiro estudo relacionado à submissão da semente ao estresse da alta temperatura associado com alta umidade relativa foi efetuado por Helmer et al. (1962) que avaliaram o desempenho fisiológico de sementes de trevo após a exposição a condições ambientais de temperaturas entre 35 °C e 40 °C e 100% de umidade relativa. Sementes de oito lotes com porcentagem de germinação semelhantes foram submetidas ao envelhecimento artificial e armazenados durante cinco meses a 20 °C e 75% de umidade relativa do ar (Tabela 1).

**Tabela 1.** Respostas de distintos lotes de sementes de trevo nos testes de germinação e de envelhecimento e suas relações com a germinação e a emergência de plântulas após o armazenamento.

Avaliações	Lotes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Germinação (%)	88	87	81	83	86	83	78	82
Envelhecimento (%) (40°C/5 dias)	92	85	78	73	40	32	17	07
Germinação (%) após armazenamento	84	84	83	67	36	30	32	36
Emergência de plântulas (%)	73	68	67	74	43	32	30	24

Fonte: Helmer et al. (1962).

Conforme observado por Marcos-Filho (2020), os lotes 5 e 7, mais negativamente afetados pelo envelhecimento, foram os que apresentaram germinação mais baixa após o armazenamento e, também, a menor porcentagem de emergência de plântulas em campo. Assim sendo, Helmer et al. (1962) sugeriram que o envelhecimento acelerado poderia ser útil para avaliar o vigor e o potencial de armazenamento das sementes.

O detalhamento da metodologia para conduzir o teste foi estabelecido pela primeira vez por Delouche e Baskin (1973). Posteriormente o teste recebeu contribuições para a sua padronização por Baskin (1977) e McDonald e Phaneendranath (1978), culminando na adoção do sistema de caixa de plástico com bandeja posicionada acima do reservatório de água (tipo “gerbox” - germination box) onde a amostra de sementes é disposta em camada única para serem envelhecidas, sendo submetidas a uma exposição mais uniforme à alta umidade relativa. Tais procedimentos resultaram na maior uniformidade das condições para a realização do teste de envelhecimento acelerado (Tao, 1979; Baskin, 1981; TeKrony, 1985; Tomes et al., 1988).

As condições ambientais do teste de envelhecimento acelerado potencializam a perda de permeabilidade seletiva das membranas celulares, bem como torna as enzimas menos eficientes para exercer sua atividade catalítica, levando ao acúmulo de aberrações ou mutações nos cromossomos. As altas temperaturas e umidade do teste também aceleram a decomposição das reservas, além de promoverem o acúmulo de radicais livres que comprometem o desempenho das sementes (Priestley, 1986; Smith; Berjak, 1995; McDonald, 1999).

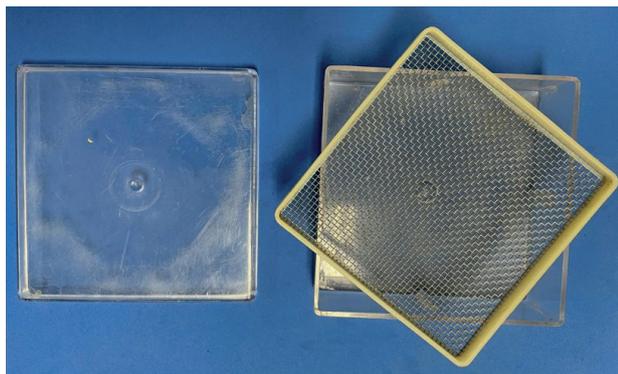
Bewley (1986) estudou a relação entre os processos de mudanças bioquímicas provocados pelo envelhecimento acelerado e o envelhecimento “natural” em sementes de soja. Ele verificou que após o envelhecimento acelerado, o teor de fosfatidil colina caiu acentuadamente, em pelo menos 33%, enquanto a viabilidade permaneceu alta. Nenhum declínio em ácidos graxos saturados ou insaturados ocorreu durante o envelhecimento acelerado, mas sim durante o envelhecimento “natural”. Assim, surgiu a questão de saber se os dois regimes de envelhecimento são tão distintamente diferentes a ponto de os resultados do envelhecimento acelerado representarem, na melhor das hipóteses, apenas uma indicação fraca da perda de viabilidade que pode ocorrer naturalmente durante o armazenamento de longo prazo. Uma conclusão aparente foi que o alto

grau de umidade da semente pode estar associado a maiores danos à fração fosfolipídica; assim, o teor de água desempenha um papel importante na deterioração da membrana, particularmente em temperaturas elevadas.

O envelhecimento acelerado é um teste que provoca reações oxidativas nos constituintes celulares da semente (Menezes et al., 2014), devido à exposição das sementes às condições de elevada temperatura e umidade relativa do ar, que resultam na diminuição da porcentagem e da velocidade de germinação, bem como no aumento da formação de plântulas anormais (Marcos-Filho, 2015). Baseia-se no princípio de que sementes de alto vigor mantêm sua viabilidade, mesmo após submetidas a curtos períodos de tempo às condições severas de temperatura e umidade, enquanto que aquelas de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida. Portanto, é esperado que a intensidade de deterioração das sementes seja mais pronunciada nos lotes de qualidade fisiológica inferior (Costa et al., 2008; Marcos-Filho, 2015).

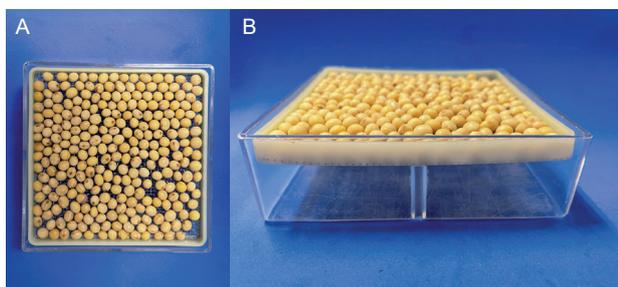
A metodologia deste teste, empregada atualmente na cultura da soja, também conhecida como método da caixa de envelhecimento acelerado (caixa EA) (Figura 1) ou “método do gerbox”, representa a evolução da metodologia proposta por McDonald e Phaneendranath (1978), que destacaram a importância de distribuir a amostra de sementes, em uma camada simples na superfície de uma bandeja feita de tela de nylon ou de metal, colocada no interior de uma caixa de plástico com dimensões de 11,0 cm x 11,0 cm x 3,0 cm (Figura 2). A bandeja deve ficar acima do nível da água para evitar o umedecimento da semente (Figura 3). Quando colocadas na câmara de envelhecimento acelerado, a distribuição das caixas sobre as prateleiras ou bandejas metálicas, deve respeitar um espaçamento mínimo de + 2,5 cm entre as caixas para assegurar circulação adequada de ar, mantendo, assim, a uniformidade de temperatura no interior da câmara e evitando condensação de água no interior das caixas de EA (Figura 4). As bandejas metálicas com as caixas de EA devem ser distribuídas na câmara de envelhecimento, conforme ilustrado na Figura 5. Adotando-se esses procedimentos conforme descrito por Krzyzanowski et al. (2020), a absorção de vapor d’água pelas sementes será uniforme e adequada.

Foto: Francisco Carlos Krzyzanowski.



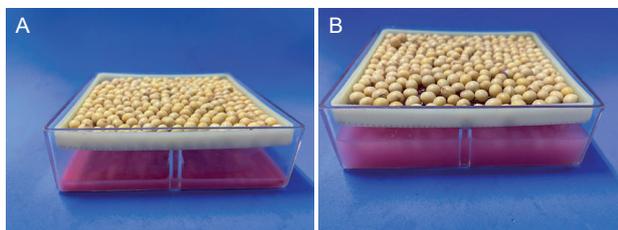
**Figura 1.** Caixa de plástico adaptada para o teste de envelhecimento acelerado contendo os 3 componentes: tampa, tela de metal e base da caixa.

Fotos: Francisco Carlos Krzyzanowski



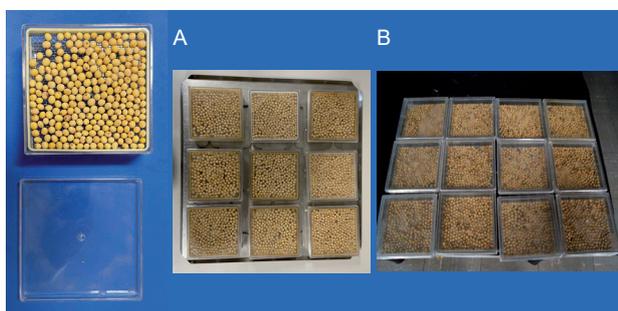
**Figura 2.** Caixa de plástico para envelhecimento das sementes: (A) bandeja com sementes em camada única; (B) base da caixa com a bandeja de sementes.

Fotos: Francisco Carlos Krzyzanowski

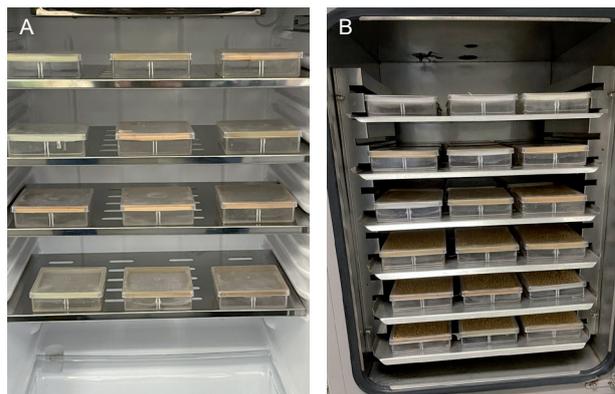


**Figura 3.** Caixa de plástico para envelhecimento das sementes: (A) nível de água correto; (B) nível incorreto.

Fotos: Francisco Carlos Krzyzanowski



**Figura 4.** Caixa de plástico para envelhecimento das sementes e distribuição das caixas sobre a bandeja de maneira: (A) correta; (B) Errada.



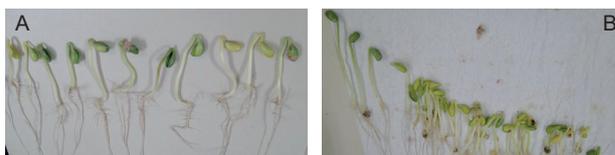
Fotos: Francisco Carlos Krzyzanowski

**Figura 5.** Caixas de plásticos para o teste de envelhecimento das sementes e as suas distribuições nas bandejas da câmara de Envelhecimento Acelerado: (A) BOD; (B) Câmara jaquetada.

## Princípio do teste

O princípio do teste de envelhecimento acelerado baseia-se no fato de que a taxa de deterioração das sementes é significativamente intensificada após a exposição a alta temperatura e elevada umidade relativa, fatores ambientais que mais influenciam a intensidade e a velocidade de deterioração, simulando condições inadequadas de armazenamento. Durante o envelhecimento, as sementes são mantidas em ambiente úmido (umidade relativa do ar próxima a 100%), absorvem vapor d'água e são estressadas tanto pela ação de patógenos quanto pela ação da temperatura elevada, à medida que se umedecem.

Assim, lotes compostos por sementes mais vigorosas apresentam, após o envelhecimento artificial, resultados mais próximos aos obtidos no teste padrão de germinação, enquanto os de menor vigor têm sua germinação reduzida de maneira mais acentuada. Em outras palavras, amostras de sementes mais vigorosas originam maior porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado (Figura 6).



**Figura 6.** Plântulas originadas de sementes vigorosas (A) e de sementes com diferentes níveis de vigor (B).

Fotos: José de Barros França-Neto

Nas sementes de soja com menor vigor, fisiologicamente o teste pode reduzir a velocidade de germinação das sementes, o tamanho das plântulas, aumentar a ocorrência de plântulas anormais, ainda que a taxa de emissão de raiz primária possa se manter elevada. A redução da velocidade de germinação está associada à desestruturação das membranas celulares enquanto o aumento de plântulas anormais está associado aos estádios finais do processo de deterioração (Matthews, 1985).

A temperatura sugerida para o teste de envelhecimento acelerado (EA) para soja é de 41 °C, pois facilita a regulação única das câmaras de EA no laboratório. Destaca-se, ainda, que essa temperatura é a máxima tolerada por proteínas hidratadas (Baalbaki et al., 2009), condição resultante do umedecimento das sementes quando expostas à elevada umidade relativa durante o período de envelhecimento.

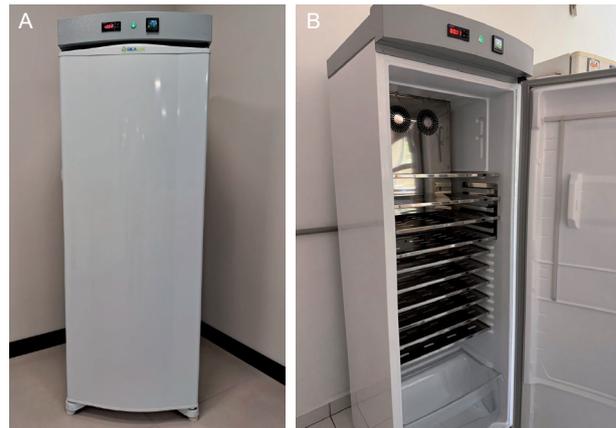
## Objetivos do teste

O objetivo fundamental é identificar com precisão diferenças relevantes no potencial fisiológico de lotes de sementes de soja comercializáveis, especialmente entre aqueles com percentuais de germinação semelhantes. Portanto, pretende-se distinguir com segurança, lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar desempenho adequado após a semeadura e/ou durante o seu armazenamento (Marcos-Filho, 2020).

## Material e equipamentos

### Câmara de envelhecimento acelerado

Podem ser utilizadas, incubadoras tipo BOD (Figura 7). Quanto à utilização destas é necessário monitorar a temperatura interna em cada bandeja da BOD e selecionar o grupo de bandejas onde a temperatura de 41 °C seja uniforme. A umidade relativa interna, deve ficar em torno de 95% a 100%; para alcançar essa condição na BOD, deve-se colocar um recipiente metálico ou de plástico, com água, na parte inferior da câmara (Figuras 7 e 8). A alta umidade relativa no interior da BOD é importante para prevenir a evaporação da água contida nos gerbox.



Fotos: Francisco Carlos Krzyzanowski

**Figura 7.** Câmara BOD para condução do teste de envelhecimento acelerado: (A) Vista externa e (B) Vista interna.



Foto: Francisco Carlos Krzyzanowski.

**Figura 8.** Recipiente de plástico na parte inferior de BOD para colocar água.

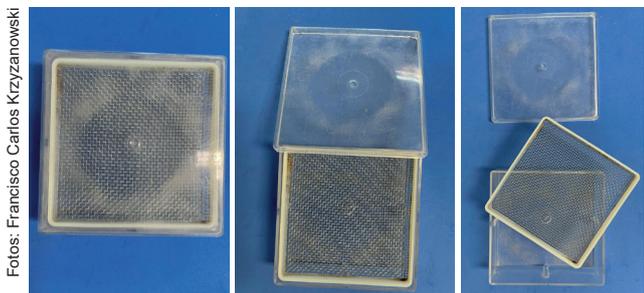
Outra opção de câmara são as incubadoras de CO<sub>2</sub> com jaqueta de água (Figura 9), que contêm dois compartimentos, os quais permitem a manutenção da temperatura uniforme no seu interior, favorecendo a obtenção de resultados consistentes



**Figura 9.** Câmara jaquetada de água para condução do teste de envelhecimento acelerado: (A) vista externa; (B) e (C) vistas internas.

**Caixas de plástico com tampa e com tela metálica ou de plástico no seu interior**

Para o teste, utilizam-se caixas de plástico com dimensões de 11,0 cm X 11,0 cm X 3,5 cm, que atuam como câmaras internas, permitindo a manutenção da umidade relativa próxima a 100% no teste de envelhecimento acelerado tradicional e de 75% no teste utilizando solução saturada de NaCl. As caixas possuem uma bandeja de tela de nylon ou de metal adaptada em seu interior (Figura 10), em cuja superfície é distribuída uma camada única da amostra de sementes.



**Figura 10.** Caixa de plástico para o teste de envelhecimento acelerado.

A água a ser colocada no interior das caixas de EA deve ser destilada ou desionizada. O volume a ser utilizado é 40 mL de água em cada caixa.

**Balança analítica**

A balança deve ter capacidade para pesagem com precisão de 0,001g e sendo utilizada para pesagem das amostras de sementes e na determinação do grau do seu grau umidade, antes e após o período de envelhecimento. Para soja, depois do envelhecimento nas condições de 41 °C, 100% UR e 48 horas sobre água as sementes postas a envelhecer com 12% de umidade atingem cerca de 32%. Em termos de peso da amostra, como exemplo 42 g de semente com 12% de água, teremos o seguinte aumento de peso da amostra:

a) Peso inicial = 42,0 g de sementes com 12,0% de água, teremos:

$$5,0 \text{ g de água (12,0\%)} + 37,0\text{g de massa seca (88,0\%)}$$

b) Sementes com 32% de água ao final do envelhecimento, teremos:

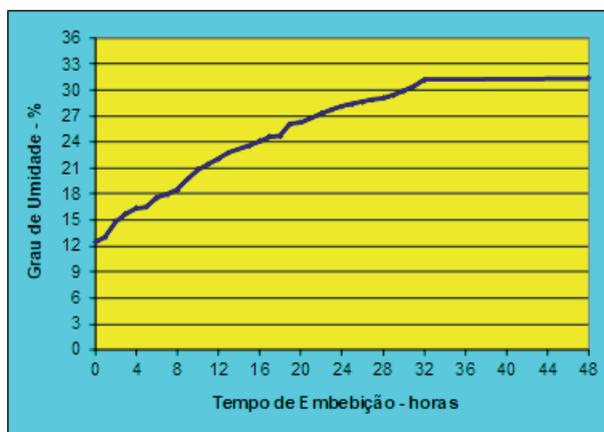
$$37,0\text{g. de massa seca ----- } 68,0\%$$

$$X \text{ (água) ----- } 32,0\%$$

$$X = 17,4 \text{ g}$$

$$\text{Peso final da amostra: } 37 + 17,4 = 54,4 \text{ g}$$

Durante o processo de envelhecimento acelerado da semente de soja pelo período de 48 horas a 41 °C, a semente permanece 32 horas no processo de hidratação e 16 horas deteriorando (Figura 11).



**Figura 11.** Hidratação da semente de soja com 12 % de grau de umidade inicial durante o teste de envelhecimento acelerado.

**Procedimentos**

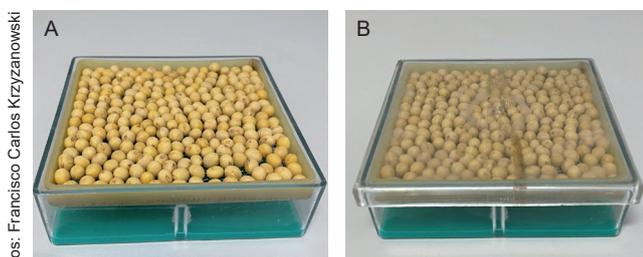
**Envelhecimento acelerado**

O procedimento recomendado foi desenvolvido por McDonald e Phaneendranath (1978) e adotado em nível mundial, devido à maior precisão e ampla possibilidade de padronização. Esse método prescreve a utilização de caixas de plástico como compartimento individual (minicâmaras) para a colocação das amostras de sementes para serem envelhecidas.

Os teores de água das amostras de sementes de soja devem estar preferencialmente entre 11% a 13%. É importante que não haja variação superior a 2,0 pontos percentuais (p.p.) entre as amostras que serão submetidas ao teste de E.A. (Marcos-Filho; Vinha, 1980). Caso os graus de umidade estejam fora dos limites recomendados, as sementes deverão ser umedecidas utilizando o procedimento da atmosfera úmida que consiste em colocar as

sementes em caixa de plástico de EA com 40 mL de água (Figura 12 A e 12B) e submetê-las a um tratamento em germinador a 25 °C pelo período de tempo até atingir o grau de umidade requerido. Após isto, as amostras deverão ser mantidas em recipiente hermético durante 18 horas a 5 °C - 10 °C para uniformização (Seed..., 2025).

Ao ligar a câmara de EA (Figuras 8 e 9), verificar se a temperatura desejada de 41 °C está devidamente regulada e se a variação no interior do equipamento não é superior a 0,3 °C. Para manter a umidade relativa elevada no interior da câmara, recomenda-se a colocação de um recipiente com água na parte inferior da câmara.



Fotos: Francisco Carlos Krzyzanowski

**Figura 12.** Caixa de plástico com 40 mL de água na base e com sementes de soja distribuídas sobre a bandeja de tela em camada única (A) para ajuste do seu grau de umidade em câmara úmida (B).

As caixas de plástico antes de serem utilizadas devem ser previamente higienizadas com álcool 70 graus.

São colocados 40 mL de água destilada ou deionizada no fundo da caixa; em seguida coloca-se a tela de plástico ou de metal no interior de cada caixa de EA. Deve-se manter a superfície da água a uma distância segura da camada de semente para não a umedecer (Figura 13).

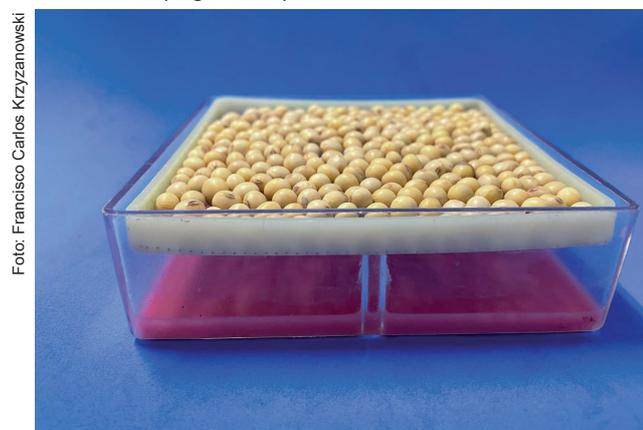


Foto: Francisco Carlos Krzyzanowski

**Figura 13.** Ilustração da distribuição das sementes sobre a bandeja de tela e a distância entre a água do fundo da caixa de EA e a bandeja de sementes.

Cerca de 40 g de sementes de soja, obtidas da fração de sementes puras da amostra, devem ser distribuídas em camada única na superfície da tela, não sobrepondo sementes (Figura 13). Deve conter, no mínimo 220 sementes, quantidade suficiente para a realização do teste de germinação, destinado à avaliação do vigor e para aferir o ganho de umidade da amostra, como parte do controle de qualidade após o período de envelhecimento prescrito.

É importante não preencher toda a superfície da bandeja com sementes, pois durante o processo de embebição durante o teste de EA as sementes aumentam de tamanho, podendo ocorrer sobreposição das mesmas, o que pode prejudicar o resultado final do teste de germinação, devido à desuniformidade final nos processos de embebição e deterioração.

Colocar as caixas de EA (gerbox) com água, sementes e tampa nas prateleiras da câmara de EA, sem preencher totalmente a superfície das prateleiras. Deve-se respeitar um espaçamento de 2,5 cm entre elas (Figuras 5 A e B), permitindo a livre circulação do ar, que é o responsável por conduzir a temperatura de 41 °C a todas as caixas. Esse procedimento assegura a uniformidade de temperatura em todo o interior da câmara, evitando a condensação de água tanto na superfície superior interna da câmara como na face inferior da tampa das caixas de EA. A condensação interna no gerbox pode gotejar sobre as sementes provocando variações negativas acentuadas nos resultados do teste de germinação das sementes após o EA (Marcos-Filho, 2020).

Durante a transferência das bandejas com os gerbox com água e as amostras de sementes, cuidado deve tomado para evitar a movimentação da água no interior das caixas para que ela não umedeça as sementes, interferindo negativamente nos resultados do teste de EA.

Durante o período de envelhecimento o monitoramento da temperatura interna da câmara deverá ser realizado por meio do sensor de temperatura existente no painel externo da câmara, por datalogger (Figura 14) ou por termógrafo adaptado ao equipamento de EA (Figuras 15 e 16).



Foto: Francisco Carlos Krzyzanowski.

**Figura 14.** BOD com datalogger para aferir a temperatura nas diferentes bandejas antes da instalação do teste de EA.



Foto: Francisco Carlos Krzyzanowski.

**Figura 16.** Vista interna da câmara jaquetada com o sensor do termógrafo instalado dentro da câmara interna.



Fotos: Francisco Carlos Krzyzanowski.

**Figura 15.** Vista externa da câmara jaquetada com termógrafo cujo sensor está instalado dentro da câmara interna, para acompanhar a temperatura durante o período de EA (A). Vista externa do termógrafo mostrando o gráfico onde será registrada a temperatura durante o período de EA (B).

Considerando que o grau de umidade da semente deve estar em torno de 32% após o EA 48 horas a 41 °C no gerbox com 100 % de umidade relativa interna, recomenda-se que, com a porção de sementes excedentes de cada gerbox, seja determinado o seu grau da sua umidade por meio do método da estufa (105 °C por 24 horas), visando aferir se o estresse do EA foi eficiente e semelhante em todas as amostras submetidas.

França-Neto et al. (2003), ao avaliarem o desempenho fisiológico de sementes de soja em testes de emergência no campo durante cinco anos (1998-2002), estabeleceram a seguinte equação de regressão para os resultados do teste de envelhecimento acelerado (realizado com cerca de 30 dias antes da semeadura, nas condições de 24 h, 41 °C, 100% UR):  $Y = 0,6316X + 28,922$  ( $r^2 = 0,83^{***}$ ), o que significa se trocarmos o valor de X na equação pelo resultado do teste de envelhecimento acelerado do lote de sementes, teremos o seu potencial de emergência no campo com 83% de confiabilidade.

A ISTA incluiu em suas Regras para Análise de Sementes, no Capítulo 15 – Testes de vigor em sementes (Seed..., 2025), o período de 72 h para o teste de envelhecimento acelerado em sementes de soja, utilizando também a temperatura de 41 °C e 100% umidade relativa. Essa recomendação foi

desenvolvida para sementes de soja produzidas em condições de clima temperado, que propiciam a produção de sementes com vigor elevado. Essas condições podem ser utilizadas no Brasil, principalmente para lotes de sementes de alto vigor e recém colhidos, levando-se em consideração que os resultados que serão obtidos pelo teste nessas condições poderão ter seus valores reduzidos.

### Teste de germinação

Após o período de EA, as sementes são submetidas ao teste de germinação de acordo com as prescrições das RAS (Regras de Análise de Sementes) estabelecidas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2009).

A semeadura do teste de germinação pode ser durante o período de até 8 horas após o término do EA 41 °C por 24 horas em época próxima à recomendada para semeadura (Rodrigues et al., 2022) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Porcentagem de plântulas normais obtidas em testes de germinação instalados em diferentes períodos após o encerramento do envelhecimento acelerado de sementes de soja, cultivares BRS 1007IPRO, BRS388 e BRS1010IPRO.

Cultivar	Lote	Período pós-envelhecimento (h)								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
BRS 1007IPRO	26	80	80	82	83	79	81	82	83	78
	27	85	84	86	87	85	84	84	81	78
	28	87	86	86	86	85	84	84	80	79
BRS 388	03	70	73	71	68	70	78	71	76	72
	14	88	89	89	88	87	87	84	84	89
	16	89	86	90	90	87	89	90	89	88
BRS 1010 IPRO	15	87	89	85	88	87	86	84	86	86
	19	84	85	78	84	82	85	84	84	82
	21	85	84	84	87	83	89	88	84	88

Fonte: Rodrigues et al. (2022).

A verificação da amplitude de variação dos resultados pode ser averiguada nas Tabelas 3, 4 e 5.

**Tabela 3.** Variação máxima tolerada entre duas repetições de 100 sementes de um teste de germinação após o envelhecimento acelerado.

Germinação Média (%)		Varição máxima (%)
1	2	3
99	2	--*
98	3	--*
96-97	4-5	6
95	6	7
93-94	7-8	8
90-92	9-11	9
88-89	12-13	10
84-87	14-17	11
80-83	18-21	12
76-79	22-25	13
69-75	26-32	14
55-68	33-46	15
51-54	47-50	16

\*Não é possível testar

Fonte: Seed... (2025).

**Tabela 4 .** Variação máxima tolerada entre as porcentagens de plântulas normais obtidas em dois testes de envelhecimento acelerado conduzidos na mesma amostra por analistas diferentes do mesmo laboratório.

Germinação Média (%)		Varição máxima (%)
1	2	3
99	2	--*
98	3	--*
97	4	6
96	5	7
95	6	8
93-94	7-8	9
91-92	9-10	10
89-90	11-12	11
86-88	13-15	12
83-85	16-18	13
79-82	19-22	14
74-78	23-27	15
68-73	28-33	16
55-67	34-46	17
51-54	47-50	18

\*Não é possível testar

Fonte: Seed... (2025).

**Tabela 5.** Variação máxima tolerada entre as porcentagens de plântulas normais obtidas em dois testes de envelhecimento acelerado conduzidos em laboratórios diferentes.

Germinação Média (%)		Variação máxima (%)
1	2	3
99	2	--*
98	3	--*
97	4	---*
95-96	5-6	8
94	7	9
92-93	8-9	10
90-91	10-11	11
88-89	12-13	12
85-87	14-16	13
82-84	17-19	14
79-81	20-22	15
74-78	23-27	16
68-73	28-33	17
57-67	34-44	18
51-56	45-50	19

\*Não é possível testar  
 Fonte: Seed... (2025).

A elaboração da classificação dos níveis de vigor da semente de soja por meio do teste de envelhecimento acelerado realizado à temperatura de 41 °C por 48 h e 100% umidade relativa é lastreada nos dados observados nos seguintes testes: primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), classificação de vigor de plântula (CVP), condutividade elétrica (CE) e porcentagem de emergência de plântulas a campo (PEC) e nos valores estimados para esses mesmos testes obtidos por meio das equações de regressão, para lotes de sementes de soja com distintos resultados, oriundos do teste de envelhecimento acelerado (Matera et al., 2025) (Tabela 6).

**Tabela 6.** Modelo matemático estatístico com interpretação agrônômica das variáveis respostas: primeira contagem de germinação (PCG.), germinação (GER.), classificação de vigor de plântula (CVP), condutividade elétrica (CE) e porcentagem de emergência de plântula a campo (PEC) obtidos por meio de análises de regressão linear simples em função dos resultados do teste de envelhecimento acelerado (EA).

y=α+ β.x	
Modelo Agrônômico	R <sup>2</sup>
PCG = 50,89362+0,460710039 x E.A.	0,7125
GER = 70,24259+0,280030015 x E.A.	0,7445
CVP = 5,94785+0,73881000 x E.A.	0,8396
CE =161,34426-0,93127605 x E.A.	0,8047
PEC = 44,88788+0,395204358 x E.A.	0,8385

α: 5% de probabilidade.  
 Fonte: Matera et al. (2025).

A substituição dos valores do teste de envelhecimento acelerado, observados para os lotes avaliados, nas distintas equações de regressão, sugere a seguinte classificação de níveis de vigor proposta por Matera et al. (2025): Vigor muito alto > 90,0%; Vigor alto entre 80,0 a 89,5%; Vigor médio entre 61,0 a 79,5% e Vigor baixo < 60,0% (Tabela 7).

## Conclusão

O teste de envelhecimento acelerado é recomendado para avaliar o vigor da semente de soja tanto no início como no final do período de armazenamento. No início do período, tanto para a matéria prima recebida como para as sementes em processo de beneficiamento e já beneficiada, o teste oferece uma informação relevante para a tomada de decisão sobre quais lotes armazenar e qual é o potencial de armazenamento em termos de meses. No final desse período, época de entrega das sementes comercializadas, o resultado obtido permite estimar o potencial de emergência no campo dessas sementes (lotes), utilizando para tanto a equação de regressão (França-Neto et al., 2003) constante desta publicação.

**Tabela 7.** Desempenho fisiológico de sementes de soja com distintos níveis de vigor determinado pelo teste de EA estimado com base nas equações de regressão de variável resposta obtida experimentalmente e resultados estimados pela equação de França-Neto et al. (2003).

NÍVEIS DE VIGOR	PCG %		GER %		CV %		CE $\mu\text{S.cm}^{-1}$		PEC %		<sup>1</sup> PEC-E %
	Estimada	Obtida	Estimada	Obtida	Estimada	Obtida	Estimada	Obtida	Estimada	Obtida	
<b>Muito alto vigor</b>											
100,0	96,9		98,2		79,8		68,2		84,4		92,0
97,5	95,8	97,1	97,5	98,6	77,9	88,8	70,5	56,3	83,4	87,0	90,5
95,0	94,6		96,8		76,1		72,8		82,3		88,9
91,5	93,0	95,7	95,8	94,1	73,5	71,0	76,1	75,7	81,0	85,7	86,
91,5	93,0	89,1	95,8	93,	73,5	73,2	76,1	73,2	81,0	81,7	86,7
90,0	92,3		95,4		72,4		77,5		80,4		85,6
<b>Alto Vigor</b>											
89,5	92,1	93,5	95,3	96,2	72,0	69,6	78,0	68,2	80,2	78,2	85,5
87,0	90,9	97,0	94,6	96,	70,2	73,6	80,3	80,9	79,2	77,2	83,9
85,0	90,0		94,0		68,7		82,1		78,4		82,6
80,0	87,7		92,6		65,0		86,8		76,5		79,5
<b>Médio Vigor</b>											
75,0	85,4		91,2		61,3		91,5		74,5		76,4
74,0	84,9	77,7	90,9	88,2	60,6	58,5	92,4	100,6	74,1	73,2	75,8
73,5	84,7	89,0	90,8	96,8	60,2	71,2	92,9	82,4	73,9	76,0	75,5
73,0	84,5	86,3	90,6	92,0	59,8	60,2	93,3	99,3	73,7	77,0	75,1
70,0	83,1		89,8		57,6		96,1		72,5		73,3
67,0	81,7	78,2	89,0	88,0	55,4	49,6	98,9	107,0	71,3	71,7	71,4
65,0	80,8		88,4		53,9		100,8		70,5		70,1
64,0	80,3	64,8	88,1	83,2	53,2	50,7	101,7	115,6	70,1	68,2	69,5
63,0	79,9	86,5	87,8	89,5	52,4	47,6	102,6	116,5	69,7	63,7	68,9
61,0	79,0	84,8	87,3	84,7	51,0	40,1	104,5	113,1	69,0	63,7	67,6
<b>Baixo Vigor</b>											
60,0	78,5		87,0		50,2		105,4		68,6		67,0
55,0	76,2		85,6		46,5		110,1		66,6		63,9
50,0	73,9		84,2		42,8		114,7		64,6		60,7
46,0	72,0	72,2	83,1	85,0	39,9	37,1	118,5	116,0	63,0	61,5	58,2
45,0	71,6		82,8		39,1		119,4		62,6		57,6
40,0	69,3		81,4		35,5		124,0		60,7		54,5
37,0	67,9	63,7	80,6	83,6	33,2	35,0	126,8	118,8	59,5	59,2	52,6
35,0	67,0		80,0		31,8		128,7		58,7		51,4
30,0	64,7		78,6		28,1		133,4		56,7		48,2
25,0	62,4		77,2		24,4		138,0		54,7		45,1
20,5	60,3	64,2	75,9	73,5	21,0	28,0	142,2	133,0	52,9	58,2	42,3
20,0	60,1		75,8		20,7		142,7		52,7		42,02

<sup>1</sup>PEC-E: porcentagem de emergência de plântulas a campo estimada pela equação de França-Neto et al. (2003).

Fonte: Matera et al. (2025).

## Referências

- BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS-FILHO, J.; MCDONALD, M. B. (ed.) **Seed vigor testing handbook**. Ithaca, NY: Association of Official Seed Analysts, 2009. 345 p. (Handbook on Seed Testing. Contribution n. 32).
- BASKIN, C. C. Accelerated aging test. In: PERRY, D. A. (ed.) **Handbook of vigour test methods**. Zurich: International Seed Testing Association, 1981. p. 43-48.
- BASKIN, C. C. Vigor testing methods - accelerated aging. **Association of Official Seed Analysts Newsletter**, v. 51, p. 42-52, 1977.
- BEWLEY, J. D. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. In: MCDONALD JR., M. B.; NELSON, C. J. (ed.) **Physiology of seed deterioration**. Madison: Crop Science Society of America, 1986. p. 27-45. (Special Publication Number 11).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 395 p.
- COSTA, N. P. da; MARCOS FILHO, J.; FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. **Teste de tetrazólio em semente de soja com pré-condicionamento abreviado: série sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 8 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 56).
- CROCKER, W.; GROVES, J. F. A method for prophesying the life duration of seeds. **Proceedings of the National Academic Sciences USA**, v. 1, p. 152-155, 1915.
- DELOUCHE, J. C. An accelerated aging technique for predicting relative storability of crimson clover and tall fescue seed lots. **Agronomy Abstracts**, v. 40, n. 1, p. 40, 1965.
- DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v. 1, p. 427-452, 1973.
- FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P. de. Adequação da metodologia de testes de vigor para sementes de soja (04. 2000. 327-02). In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SARAIVA, O. F. (org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2002: sementes e transferência de tecnologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p. 25-32. (Embrapa Soja. Documentos, 211).
- HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigor test methods**. Zurich: ISTA, 1995. 117 p.
- HELMER, J. D.; DELOUCHE, J. C.; LIENHARD, M. Some indices of vigor and deterioration in seed of crimson clover. **Proceedings of Association of Official Seed Analysts**, v. 52, p. 154-161, 1962.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 2020. 601 p.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015. 659 p.
- MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 2020. p. 185 - 246.
- MARCOS-FILHO, J.; VINHA, J. L. Teor de água da semente, condições de armazenamento e comportamento da soja no teste de envelhecimento rápido. **O Solo**, v. 72, p. 21-26, 1980.
- MATERA, T. M.; KRZYZANOWSKI, F. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A. Classification of vigor levels for soybean seeds using the accelerated aging test. **Journal of Seed Science**, v. 47, e202547004, 2025.
- MATTHEWS, S. Physiology of seed ageing. **Outlook on Agriculture**, v. 14, p. 89-94, 1985.
- McDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v. 27, p. 177-237, 1999.
- McDONALD, M. B.; PHANEENDRANATH, B. R. A modified accelerated aging vigor test procedure. **Journal of Seed Technology**, v. 3, p. 27-37, 1978.
- MENEZES, V. O.; LOPES, S. J.; TEDESCO, S. B.; HENNING, F. A.; ZEN, H. D.; MERTZ-HENNING, L. M. Cytogenetic analysis of wheat seeds submitted to artificial aging stress. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2014.
- PEREIRA, M. F. S.; TORRES, S. B.; LINHARES, P. C. F. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico em sementes de coentro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 595-606, 2015.
- PRIESTLEY, D. A. **Seed ageing**. New York: Comstock Publication Association, 1986.
- RODRIGUES, M.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, F. A.; LOPES, I. O. N. Physiological performance of soybean seeds in the accelerated aging test and their germination after several waiting periods. **Journal of Seed Science**, v. 44, e202244034, 2022.

SEED vigour testing. In: ISTA. International Rules for Seed Testing. Zurich, 2025. cap. 15, p. 1-19.

SMITH, M. T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with loss of viability of store desiccation tolerant and desiccation-sensitive seeds. In: KIEGEL, J.; GALILI, G. (ed.). **Seed development and germination**. New York: Routledge, 1995. cap. 26, p. 701-746.

TAO, K. L. J. An evaluation of alternative methods of accelerated aging seed test for soybeans. **Journal of Seed Technology**, v. 3, p. 30-40, 1979.

TEKRONY, D. M. An evaluation of the accelerated aging test for soybeans. **The Newsletter of AOSA**, v. 59, p. 86-96, 1985.

TOMES, L. J.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**, v. 12, p. 24-35, 1988.

Embrapa Soja  
Rod. Carlos João Strass, s/n, Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta  
CEP 86065-981 | Caixa Postal 4006 | Londrina, PR  
Fone: (43) 3371 6000  
[www.embrapa.br/soja](http://www.embrapa.br/soja)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Roberta Aparecida Carnevalli*

Secretário-executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Claudine Dinali Santos Seixas, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Fernando Augusto Henning, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Leandro Eugênio Cardamone Diniz, Maria Cristina Neves de Oliveira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

**Circular Técnica 216**

ISSN 2176-2864 | Junho, 2025

Edição executiva: *Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*

Revisão de texto: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Normalização: *Valéria de Fátima Cardoso*  
(CRB-9/1188)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Marisa Yuri Horikawa*

Publicação digital: PDF



Ministério da  
Agricultura e Pecuária

Todos os direitos reservados à Embrapa.