

CIRCULAR TÉCNICA

95

Brasília, DF
Novembro, 2021

Armazenamento e conservação de sementes convencionais e transgênicas

Antonieta Nassif Salomão
Marcos Aparecido Gimenes
Ana Cristina de Miranda Brasileiro



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



Armazenamento e conservação de sementes convencionais e transgênicas¹

Introdução

A senescência é um evento celular natural aos organismos biológicos. Em sementes, a senescência ou a deterioração resultam da interação entre complexos fatores, como os inerentes às sementes (qualidade fisiológica, genótipo, morfologia, constituição química e teor de água) e os exógenos como as condições do ambiente de armazenamento (temperatura, umidade relativa e embalagem). Todos esses fatores devem ser considerados tanto para o armazenamento de sementes por períodos que variam de poucos dias até alguns anos, quanto para a conservação a longo prazo, sendo superior a 5 anos (FAO, 2013; Hong; Ellis, 2002).

O gradiente de armazenabilidade depende dos ecótipo, genótipo, grau de maturação, presença ou ausência de dormência, comportamento fisiológico para fins de conservação e nutrientes de reserva das sementes, fatores esses que podem variar entre sementes de uma mesma espécie e de espécies distintas. Sementes que atingiram a maturação fisiológica e/ou apresentam dormência física possuem maior armazenabilidade que aquelas imaturas e/ou que têm dormência fisiológica. Conforme a predominância de nutrientes de reservas, as sementes amiláceas têm maior armazenabilidade que as aleuro-amiláceas, seguidas pelas aleuro-oleaginosas, sendo as oleaginosas com menor armazenabilidade. Dependendo do método e das condições de conservação utilizados, sementes ortodoxas têm maior armazenabilidade que aquelas de comportamento intermediário ou recalcitrante (Freitas, 2018; Vertucci; Roos 1990). Sementes ortodoxas são aquelas que toleram a dessecação e podem ser conservadas em

¹ **Antonietta Nassif Salomão**, Engenheira florestal, pesquisadora na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; **Marcos Aparecido Gimenes**, Biólogo, pesquisador na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; **Ana Cristina de Miranda Brasileiro**, Engenheira florestal, pesquisadora na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

temperaturas subzero (-18 °C ou -20 °C).

Ao atingir a maturidade fisiológica e iniciar sua dispersão ou sua colheita, a semente apresenta máximas longevidade, viabilidade, germinabilidade e máximo vigor. Após a dispersão ou a colheita, esses atributos tendem a declinar, em maior ou menor velocidade, em resposta às condições a que as sementes são expostas, uma vez que, o metabolismo basal dessas não é detido nem em temperatura ambiente, nem em baixas temperaturas de armazenamento, ou mesmo, em temperaturas subzero de conservação (Hay; Probert, 2013; van Treuren et al., 2013). A detenção quase total do metabolismo basal só ocorre quando as sementes são congeladas em temperaturas criogênicas, preferencialmente imersas em nitrogênio líquido (-196 °C) [Santos; Salomão, 2017]. Na Figura 1, há a representação da temperatura mais eficiente para a menos eficiente, na manutenção da integridade de sementes durante o armazenamento ou a conservação.

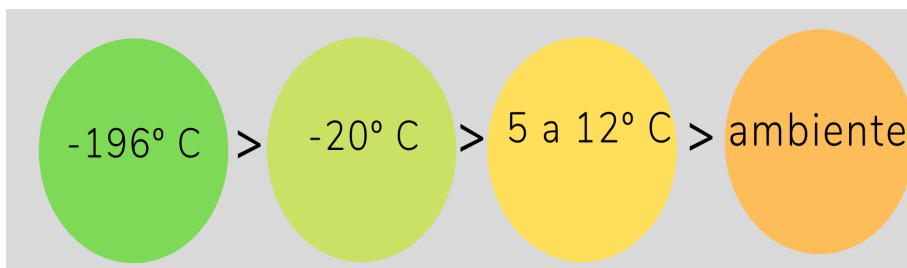


Figura 1. Manutenção de viabilidade, germinabilidade, longevidade e vigor de sementes armazenadas ou conservadas em diferentes condições de temperatura.

Condições de armazenamento e conservação

A longevidade e a viabilidade são características de alta plasticidade em sementes. Porém, ainda não estão elucidadas todas as interações entre genes e ambiente que conferem às sementes distintos padrões de longevidade e viabilidade (Zinsmeister et al., 2020).

Em condições adequadas de armazenamento ou conservação (temperatura, umidade relativa, teor de água das sementes e tempo), as sementes podem manter tanto a longevidade quanto a viabilidade por maior período. Isso porque, a longevidade e a viabilidade durante o armazenamento ou a conservação têm correlação direta, sobretudo, com a redução do teor de água das sementes e a temperatura de exposição. Em condições inapropriadas de altas temperaturas, altas umidades relativas e sementes muito hidratadas há perda gradativa de viabilidade e germinabilidade, alterações na coloração e no teor de água das sementes, danos estruturais e funcionais dessas, pois os processos de degeneração são acelerados e resultam em morte das mesmas (Lee et al., 2012; Azevedo et al., 2003).

A deterioração é um processo contínuo que se inicia quando a semente atinge a maturidade fisiológica e alguns de seus efeitos são imperceptíveis visualmente, passando a ser críticos, até que sejam letais para a semente. Entretanto, há sinais de deterioração que podem ser quantificados, como a perda gradual ou total da germinabilidade, a desuniformidade na emergência de plântulas, o aumento do número de plântulas anormais e a redução do vigor das plântulas.

O postulado clássico sobre as condições de armazenamento e conservação de sementes determina que a cada redução de 1% do teor de água das sementes ou de 5 °C na temperatura de armazenamento, ou conservação, duplica-se o período de vida das sementes (Harrington, 1972).

A dessecação de sementes, que consiste na remoção em quantidade adequada de água livre do sistema, é um dos fatores que garantirá a eficiência do armazenamento ou da conservação. Entretanto, danos decorrentes de dessecação malconduzida resultam em perda parcial ou total da viabilidade, antes mesmo do armazenamento ou da conservação. Os danos causados pela dessecação podem se acentuar, progressivamente, durante o armazenamento ou a conservação, levando a deterioração ou a completa perda de viabilidade do

material biológico. Esses danos celulares podem ser estruturais, funcionais, mecânicos, moleculares, metabólicos, físicos e fisiológicos, conforme exemplificados na Figura 2 (Manfre et al., 2009; Kaczmarczyk et al., 2012; Engelmann; Gonzales-Arno, 2013). Dependendo da intensidade dos danos decorrentes da dessecação malconduzida, esses podem ser reversíveis durante as etapas de absorção e embebição de água no processo germinativos. Informações sobre o processo de dessecação serão dados mais adiante no texto.



Figura 2. Danos em sementes submetidas à dessecação inapropriada.

De acordo com a FAO (2013), a conservação a longo prazo

de sementes ortodoxas deve ser realizada às temperaturas subzero e as sementes devem estar com teores de água variando de 3 a 7% umidade (com base na massa fresca) [FAO, 2013; Roberts, 1973]. Em temperaturas criogênicas, os teores de água devem ser testados para cada espécie, ecótipo e genótipo, em função das taxas de congelamento e descongelamento a serem adotadas e das estruturas a serem regeneradas (Salomão; Santos, 2018).

Considerando-se períodos curtos de armazenamento, há diferentes combinações entre as condições ambientais de temperatura e umidade relativa que permitem atingir o ponto de equilíbrio higroscópico entre a umidade da semente e a umidade relativa do ambiente, visto que esse equilíbrio varia entre as espécies e a temperatura de exposição. Na literatura, têm-se algumas combinações entre temperatura ambiente e umidade relativa para o armazenamento, conforme apresentado na Tabela 1. De maneira geral, para armazenamento, recomenda-se como teores de água das sementes valores entre 6 e 12%, para sementes amiláceas e entre 4 e 9% para sementes lipídicas (Harrington, 1972; 1973).

Tabela 1. Condições de temperatura e umidade relativa para o armazenamento de sementes de comportamento fisiológico ortodoxo.

Espécie	Temperatura	Umidade relativa (%)	Referência
Diferentes culturas	0 a 5	10 a 30	Hong; Ellis, 2002
	≤ 25	45	Pioneer, 2021
	20	10 a 12	Crop Genebank Knowledge Base, 2021
Algodão	20	50	Aegro, 2021
Feijão	12	48	Bragantini, 2005
Milho	0 a 10	25 a 35	Oliveira, 2009
	6	25 a 30	Crop Genebank Knowledge Base, 2021
	≤ 20	45	Pioneer, 2021
Soja	≤ 20	45	Pioneer, 2021
	25	15	Smith, 1991
Tabaco	25	62,8	Carvalho et al, 2018

A utilização de embalagem que proporciona impermeabilidade e hermeticidade às sementes é extremamente importante. Isso porque a deterioração das sementes é retardada dado que esse tipo de embalagem evita que as sementes absorvam água do ambiente, não sofram o efeito desfavorável da pressão de oxigênio e não haja proliferação de patógenos (Azevedo et al., 2003; Silva et al., 2010; Salomão et al., 2020).

Senescência e/ou deterioração de sementes

Mesmo em condições favoráveis de armazenamento ou de conservação há um decréscimo gradativo da viabilidade da semente devido a seu envelhecimento e/ou a sua deterioração (Sano et al., 2016). Esses processos abarcam uma sequência de eventos moleculares, bioquímicos, fisiológicos e celulares diretamente relacionados ao vigor, viabilidade, longevidade e germinação das sementes culminando com a morte dessas (Fu et al., 2015). Esses processos estão esquematizados na Figura 3.



Figura 3. Eventos moleculares, bioquímicos, fisiológicos e celulares envolvidos no envelhecimento ou na degradação de sementes (Baseado em Fu et al., 2015).

Segundo Delouche (1982) a senescência e/ou a deterioração de sementes são processos inexoráveis, progressivos, ativos e irreversíveis. Contudo, dependendo da intensidade e do tipo de danos, as sementes podem revertê-los pelos mecanismos de proteção e de reparo. Por meio do mecanismo de proteção, ocorre a formação de citoplasma vítreo que reduz as atividades metabólicas celulares e a produção de antioxidantes evitando assim, o acúmulo de macromoléculas oxidadas em sementes armazenadas. No mecanismo de reparo, ocorre a reversão de danos acumulados nos DNA e RNA, e nas proteínas por meio de enzimas como a DNA glicosilase e a metionina sulfóxido redutase, durante a fase de embebição, no processo germinativo das sementes (Sano et al., 2016).

Sementes transgênicas

Em distintos países, a produção e o uso de sementes transgênicas são regulamentados por agências governamentais (Leslie; Jabbour, 2019). Questiona-se, contudo, o porquê dessas sementes não serem armazenadas e tampouco conservadas em bancos convencionais de germoplasma (Wickson, 2016). Isso pode ser atribuído ao fato de que as instituições que trabalham com OGMs (Organismos Geneticamente Modificados) requerem certificação para fazê-lo, bem como infraestruturas com identificações diferenciadas daquelas destinadas às sementes não transgênicas, para sua conservação.

Orientações sobre como identificar locais de armazenamento ou conservação de sementes transgênicas podem ser, provavelmente, obtidas na Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), de acordo com o que dispõe a Lei de Biossegurança Lei n° 11.105, de 24 de março de 2005, regulamentada pelo Decreto n° 5.591, de 22 de novembro de 2005 ². Informações adicionais sobre condições de armazenamento e conservação de OGM podem ser, provavelmen-

te, obtidas por meio do curador de germoplasma - *Germplasm Curators* (all@arabidopsis.uk) - do Nottingham Arabidopsis Stock Centre (NASC), School of Biosciences, University of Nottingham – Reino Unido.

Tem sido cada vez mais frequente o uso de ferramentas moleculares e da engenharia genética para aprimorar o vigor e a longevidade de sementes (Wu et al., 2017) e para compreender os efeitos deletérios dos bioprocessos que levam à perda da integridade por deterioração das sementes.

Sementes transgênicas de algumas espécies do sistema produtivo agrícola têm-se prestado como modelos para melhor entendimento dos eventos relacionados à longevidade e ao vigor. O uso de sementes transgênicas como modelos para elucidação de distintos mecanismos e eventos biológicos pode ser exemplificado como se segue. Foram observadas maiores termotolerância e resistência à deterioração controlada em sementes transgênicas de tabaco, por meio da superexpressão do gene que codifica o fator de transcrição HSF A9 de girassol (Prieto-Dapena et al., 2006). Foi determinado o conteúdo de isoflavonas e a qualidade fisiológica de sementes convencionais e transgênicas de cultivares de soja, antes e após 180 dias de armazenamento em condições de ambiente natural de laboratório, sendo que as respostas variaram conforme o genótipo (Ávila et al., 2011). Foi comparado o potencial fisiológico de sementes de soja convencional e sua derivada transgênica *Roundup Ready* (RR) (Carvalho et al., 2012). Foi também avaliada a longevidade de sementes derivadas de linhagens transgênicas de arroz superexpressando a enzima PIMT de reparo de proteína (Petla et al., 2016). Determinaram-se os efeitos da superexpressão de uma aldo-ceto redutase (AKR) isolada de *Pseudomonas* sobre a armazenabilidade e a longevidade de sementes de tabaco e arroz (Narayana et al., 2017). Foi realizada a caracterização germinativa em campo e laboratório de sementes derivadas de transgênicas de girassol utilizadas para remediação ambiental (Nam; Han, 2020).

Além de seu amplo uso comercial, sementes transgênicas têm sido utilizadas em estudos de distintas áreas das ciências biológicas e igualmente empregadas em pesquisas com o objetivo de elucidar eventos e processos que conferem armazenabilidade, viabilidade, vigor, germinabilidade e longevidade às sementes. Esse material, devido a sua importância, deve ser mantido em condições que lhe assegurem total integridade, desde sua colheita até seu uso.

Procedimentos para o armazenamento de sementes transgênicas

A semente transgênica, exceto pelo seu transgene, tem comportamento germinativo e para fins de conservação e/ou armazenamento igual à semente convencional, a não ser que o transgene tenha sido introduzido especificamente para alterar alguma dessas características. A diferença entre semente convencional e semente transgênica é que para a segunda deve-se trabalhar em acordo com as normas de biossegurança determinadas pela CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança). Assim sendo, os procedimentos de armazenamento de sementes devem ser idênticos para um mesmo genótipo convencional e transgênico. No Arabidopsis Biological Resource Center, (ABRC), Ohio State University – Estados Unidos a área destinada aos processamentos, manejo, armazenamento e à conservação de sementes mutantes de *Arabidopsis* spp. têm estruturas similares aos laboratórios e bancos de germoplasma de sementes convencionais, com câmaras de secagem, câmaras frigoríficas e freezers a -20 °C (<https://artsandsciences.osu.edu/academics/departments-centers/arabidopsis-biological-resource-center>).

Procedimentos práticos e simples podem conferir melhor manutenção da integridade de sementes OGM desde sua obtenção, seu armazenamento e até sua utilização. Esses procedimentos consistem na dessecação apropriada de sementes, seu acondicionamento em embalagens herméticas e impermeáveis, e o armazenamento em bai-

As temperaturas ou temperaturas subzero. As etapas que precedem o armazenamento de sementes transgênicas, tanto de espécies comercialmente cultivadas no país, como daquelas utilizadas em experimentações para distintos fins como, as de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), arábido (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh), cana-de-açúcar (*Saccharum* L.), eucalipto (*Eucalyptus* L'Hér. spp.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), milho (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e tabaco (*Nicotiana* L. spp.) são:

1. Colheita e Beneficiamento

1.1. Colher os frutos ou cariopses (cana-de-açúcar e milho) quando estiverem no ponto máximo de maturidade fisiológica. Nesse momento, há alterações de coloração de frutos ou cariopses, início da abertura dos frutos e de dispersão de sementes, mudança da coloração e da massa das sementes e outras alterações peculiares a cada espécie.

1.2. Em condições assépticas, remover manualmente as sementes dos frutos e das espiguetas/espigas. Retirar da amostra as sementes chochas, malformadas, quebradas, resíduos de frutos, palhas, folhas, flores e de outros materiais inertes.

II. Determinação do teor de água inicial

2.1. No mesmo dia do beneficiamento, determinar o teor de água inicial das sementes, conforme descrito nas Regras para análise de sementes, capítulo 7 - Determinação do grau de umidade (Brasil, 2009) [Figura 4].



Figura 4. Cápsulas de alumínio utilizadas para acondicionar sementes no teste de umidade

2.2. Após a retirada da subamostra para o teste de umidade, acondicionar as sementes restantes em recipiente com tampa, vedá-lo com filme de PVC e mantê-lo à temperatura ambiente de laboratório até o dia seguinte, quando houver o resultado do teor de água do material.

2.3. Não manusear as sementes ou deixá-las em local com ar-condicionado funcionando.

III. *Secagem das sementes*

3.1. Se as sementes estiverem com teor de água \geq a 15% (com base na massa fresca), reduzir o teor de água para valores entre 4% e 8%, adotando-se uma das seguintes condições de dessecação:

3.1.1. Dispor as sementes em um recipiente aberto (tipo bandeja) e mantê-las à temperatura ambiente de laboratório por cerca de 30 h (Figura 5). Após esse tempo de dessecação, homogeneizar a amostra e retirar a quantidade necessária para avaliar o teor de água, conforme descrito no item 2.1. Acondicionar o restante das sementes em recipiente fechado (item 2.2 e 2.3);

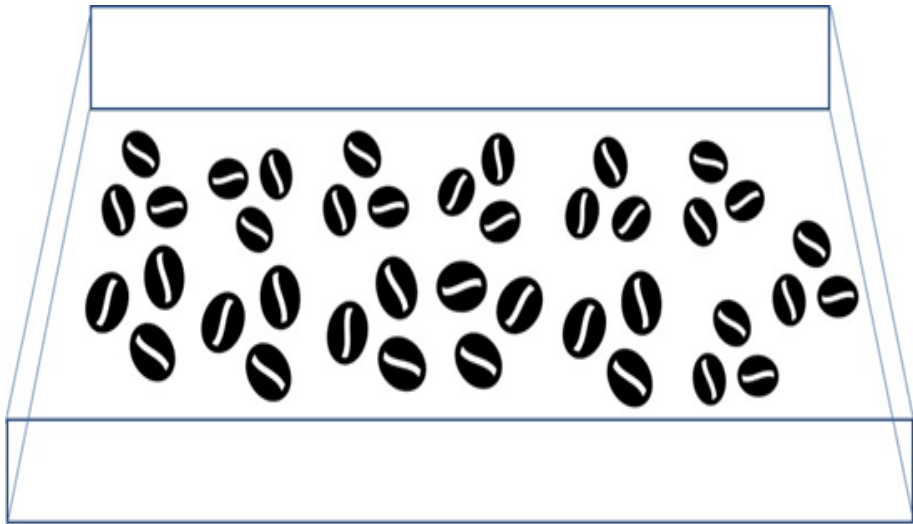


Figura 5. Disposição de sementes para a secagem à temperatura ambiente de laboratório (Foto: Antonieta Nassif Salomão).

3.1.2. Dispor as sementes sobre papel filtro ou sobre peneira em recipiente contendo sílica gel, indicador azul desidratada (rosa saturada) ou laranja desidratada (verde saturada), tampar e vedar o recipiente com filme de PVC (Figura 6). Manter o recipiente a temperatura ambiente de laboratório, por um período de 12 a 24 h. Se for necessário, trocar a sílica gel, quando essa se hidratar ou saturar. Após o período de dessecação, homogeneizar a amostra e retirar a quantidade necessária para avaliar o teor de água, conforme descrito no item 2.1. Acondicionar o restante das sementes em recipiente fechado (item 2.2 e 2.3).



Figura 6. Disposição de sementes sobre peneira em recipiente contendo sílica gel (indicador azul) para a secagem (Foto: Antonieta Nassif Salomão).

3.2. Se as sementes estiverem com teor de água \leq a 15% (com base no peso fresco), reduzir o teor de água para valores entre 4% e 8%, adotando-se as seguintes condições de dessecação:

3.2.1. Dispor as sementes em um recipiente aberto (tipo bandeja) e mantê-las à temperatura ambiente de laboratório por cerca de 12 horas (Figura 5). Após esse tempo de dessecação, homogeneizar a amostra e retirar a quantidade necessária para avaliar o teor de água, conforme descrito no item 2.1. Acondicionar o restante das sementes em recipiente fechado (item 2.2 e 2.3), ou

3.2.2. Dispor as sementes sobre papel filtro ou sobre peneira em recipiente contendo sílica gel, indicador azul desidratada (rosa saturada) ou laranja desidratada (verde saturada), tampá-lo e vedá-lo com filme de PVC (Figura 6). Manter o recipiente à temperatura ambiente de laboratório, por um período de 6 a 8 horas. Se for necessário, mudar a sílica gel, quando essa se hidratar ou saturar. Após o período de dessecação, homogeneizar a amostra e retirar a quantidade necessária

para avaliar o teor de água, conforme descrito no item 2.1. Acondicionar o restante das sementes em recipiente fechado (item 2.2 e 2.3).

3.3. Caso as sementes não atinjam os teores de água desejados, repetir os procedimentos descritos acima, por períodos de 1/3 e de 2/3 dos indicados para teores de água $\geq 15\%$ e $\leq 15\%$, respectivamente.

IV. *Armazenamento das sementes*

4.1. Acondicionar as sementes em embalagens que possam ser vedadas ou hermeticamente fechadas. A escolha da embalagem dependerá do tamanho e da quantidade de sementes a serem armazenadas.

4.2. Tipos de embalagens sugeridas: microtubo, flaconete, frasco de plástico ou vidro, todos com tampa de rosca que deve ser vedada com filme PVC. As embalagens como saco de polietileno com zíper ou vedável (tipo Ziploc) ou saco trifoliado com camadas de polietileno e alumínio devem ser hermeticamente fechados em seladora. (Figura 7).

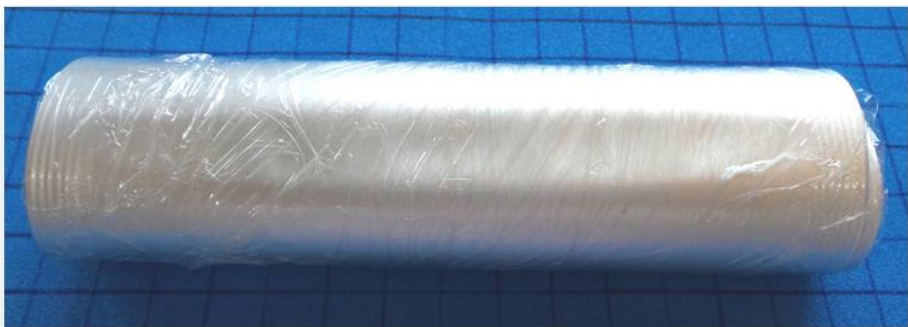


Figura 7. Exemplo de tipo de embalagem para acondicionamento de sementes a serem armazenadas: saco trifoliado com camadas de polietileno e alumínio envolto com filme PVC.

4.3. Para a identificação da espécie, do tratamento e outros na embalagem, usar material que não se apague durante o tempo de exposição às condições de armazenamento. Por exemplo, a identificação pode ser feita: com caneta de tinta permanente ou caneta de tinta comum na própria embalagem; em etiqueta impermeável ou semipermeável; em fita crepe aderidas à embalagem. Adicionalmente, deve-se sempre colocar a identificação, escrita a lápis e em papel, dentro da embalagem. Para maior segurança, é recomendado acondicionar a embalagem contendo as sementes em saco plástico e armazená-lo nas condições desejadas (Figura 8).

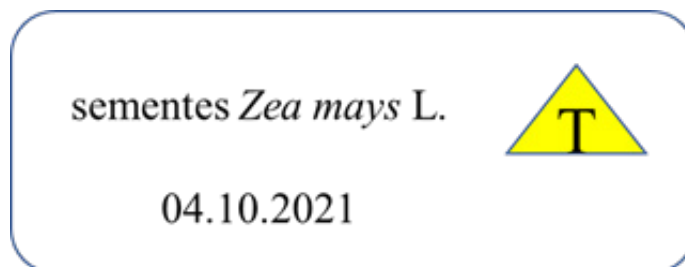


Figura 8. Exemplo de identificação a ser usada fora e dentro da embalagem contendo de sementes a serem armazenadas.

4.4. Armazenar as sementes devidamente embaladas em geladeira (5 °C a 8 °C) ou câmara fria (10 °C a 12 °C) por período de até 12 meses ou até a colheita da próxima safra. Em freezer (-14 °C a -25 °C), as sementes podem permanecer por períodos superior a 12 meses.

V. *Uso das sementes*

5.1. Para as sementes mantidas em geladeira ou câmara fria, retirá-las duas horas antes de utilizá-las, mantendo-as em temperatura ambiente de laboratório.

5.2. Para as sementes congeladas (freezer) retirá-las, por pelo menos, quatro horas antes de utilizá-las, mantendo-as em temperatura ambiente de laboratório.

Considerações finais

Os atributos das sementes, longevidade, viabilidade, germinabilidade e vigor, resultam da interação entre genes e o ambiente em que essas foram formadas. Visando garantir a disponibilidade de sementes para distintos usos, por maiores períodos, é necessário manter a integridade de seus atributos, em condições artificiais. Isso, somente é possível retardando seu envelhecimento e/ou sua deterioração por meio de armazenamento e conservação em condições adequadas e eficazes tanto para sementes convencionais, quanto para sementes transgênicas.

Referências

AEGRO. Blog da Aegro sobre gestão no campo e tecnologias agrícolas. **Dicas e cuidados que você precisa seguir para o armazenamento do algodão**. Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/armazenamento-do-algodao/>> Acesso em: 4 Jul. 2021.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. de L.; ALBRECHT, L. P.; SCAPIM, C. A.; MANDARINO, J. M. G.; BAZO, G. L.; CABRAL, Y. C. F. Effect of storage period on isoflavone content and physiological quality of conventional and transgenic soybean seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1 p. 149 – 161, 2011.

AZEVEDO, M. R. de Q. A.; GOUVEIA, J. P. G. de; TROVÃO, D. M. de M.; QUEIROGA, V. de P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 519-524, 2003.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 187).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

CARVALHO, M. L. M. de; LOPES, C. A.; RIBEIRO, A. M. P.; VASCONCELOS, M. C. Embalagem e pelotização poderiam manter a qualidade de sementes de tabaco durante o armazenamento? **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 3, p. 296-303, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n3190838>

CARVALHO, T. C. de; GRZYBOWSKI, C. R. de S.; OHLSON, O. de C.; PANOBIANCO, M. Comparação da qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e de sua derivada transgênica. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 34, nº 1 p. 164 – 17. 2012.

CROP GENE BANK KNOWLEDGE BASE. **Conservation of maize genetic resources**. Disponível em: <<https://croptgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/maize-mainmenu-361/conservation-mainmenu-376>> Acesso em: 29 Abr. 2021.

DELOUCHE, J. C. Physiological changes during storage that affect soybean seed quality. In: SINCLAIR, J. B.; JACOBS, J. A. (eds). **Conference on soybean seed quality and stand establishment**, 1981, Colombo. Proceedings. Urbana-Champaign: INTSOY / University of Illinois. (INTSOY. Series, 22). 1982. p. 55-66.

ENGELMANN, F.; GONZALES-ARNAO, M. T. Introducción a la conservación ex situ

de los recursos genéticos vegetales. In: GONZÁLEZ-ARNAO, T.; ENGELMANN, F. (ed.). **Crioconservación de plantas en América Latina y el Caribe**. San José, Costa Rica: IICA, 2013. p. 26 - 35.

FAO. (Organização da Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura). **Genebank standards for plant genetic resources for food and agriculture**. Rome, Italy: FAO, 2013. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i3704e.pdf>>. Acesso em: 29 Abr. 2021.

FREITAS, M. **A influência do armazenamento de sementes na qualidade de plantio**. Pionner, 2018. Disponível em:

<<http://www.pioneersementes.com.br/blog/59/a-influencia-do-armazenamento-de-sementes-na-qualidade-de-plantio>> Acesso em: 31 Mai. 2021.

FU, Y-B.; ZAHEER, A.; DIEDERICHSEN, A. Towards a better monitoring of seed ageing under *ex situ* seed conservation. **Conservation Physiology**, v. 3, n.1, 2015. cov026, <https://doi.org/10.1093/conphys/cov026>.

HARRINGTON, J. F. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 3, p. 701 – 709, 1973.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOLOSWSKI, T. T. (Ed.). **Seed Biology**. New York: Academic Press. p. 145 – 245, 1972.

HAY, F. R.; PROBERT, R. J. Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research. **Conservation Physiology**, v. 1. 2013. doi:10.1093/conphys/cot030

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Storage. In: VOZZO, J. A. (ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington DC: United States Department of Agriculture Forest Service, 2002. p. 125–136.

KACZMARCZYK, A.; MENON, A.; FUNNEKOTTER, B.; PHANG, P. Y.; AL-HANBALI, A.; BUNN, E.; MANCERA, R. L. Current issues in plant cryopreservation. In: KATKOV, I. (Ed.). **Current frontiers in cryobiology**. London, UK: IntechOpen Limited, 2012. p. 417-438. eBook (PDF) ISBN: 978-953-51-4331-4.

LEE, J.; WELTI, R.; ROTH, M.; SCHAPAUGH, W. T.; LI, J.; TRICK, H. N. Enhanced seed viability and lipid compositional changes during natural ageing by suppressing phospholipase Da in soybean seed. **Plant Biotechnology Journal**, v. 10, p. 164–173, 2012.

LESLIE, T.; JABBOUR, R. Genetically modified crops and biological conservation on farmlands. **Lessons in Conservation**, v. 9, n. 1, p. 95-110, 2019.

MANFRE, A. J.; LAHATTE, G. A.; CLIMER, C. R.; MARCOTTE Jr, W. R. Seed dehydration and the establishment of desiccation tolerance during seed maturation is altered in the *Arabidopsis thaliana* mutant *atem6-1*. **Plant Cell Physiology**, v. 50, n.2, p. 243–253, 2009. doi:10.1093/pcp/pcn185.

NAM, K-H.; HAN, S. M. Seed germination of sunflower as a case study for the risk assessment and management of transgenic plants used for environmental remediation in South Korea. **Sustainability**, v. 12, n. 10110, 2020. doi:10.3390/su122310110.

NARAYANA, N. K.; VEMANNA, R. S.; CHANDRASHEKAR, B. K.; RAO, H.; VENNA-PUSA, A. R.; NARASIMHA, A.; MAKARLA, U.; BASAVIAH, M. R. Aldo-ketoreductase 1 (AKR1) improves seed longevity in tobacco and rice by detoxifying reactive cytotoxic compounds generated during ageing. **Rice**, v. 10, n. 11, 2017. DOI 10.1186/s12284-017-0148-3.

OLIVEIRA, A. C. S de. **Qualidade fisiológica de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens reutilizáveis sob dois ambientes**. Dissertação. Univer-

sidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2009. 72 p.

PETLA, B. P.; KAMBLE, N. U.; KUMAR, M.; VERMA, P.; GHOSH, S.; SINGH, A.; RAO, V.; SALVI, P.; KAUR, H.; SAXENA, S. C.; MAJEE, M. Rice protein l-isoadipyl methyltransferase isoforms differentially accumulate during seed maturation to restrict deleterious isoAsp and reactive oxygen species accumulation and are implicated in seed vigor and longevity. **New Phytologist.**, v. 211, n. 2, p. 627-45, 2016. doi: 10.1111/nph.13923.

PRIETO-DAPENA, P.; CASTAÑO, R.; ALMOGUERA, C.; JORDANO, J. Improved resistance to controlled deterioration in transgenic seeds. **Plant Physiology**, v. 142, p. 1102–1112, 2006.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 4, p. 499-514, 1973.

SALOMÃO, A. N.; SANTOS, I. R. I.; JOSÉ, S. C. B. R. **Avaliação de amostras de espécies do gênero *Copaifera* L. após armazenamento a -20 °C por períodos de 11 a 25 anos.** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 33p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 365).

SALOMÃO, A. N.; SANTOS, I. R. I. **Criopreservação de germoplasma de espécies frutíferas nativas.** Brasília - DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2018. 28 p.: il. color. (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 361).

SANO, N.; RAJJOU, L.; NORTH, H. M.; DEBEAUJON, I.; MARION-POLL, A.; SEO, M. Staying Alive: Molecular Aspects of Seed Longevity. **Plant and Cell Physiology**, v. 57, n. 4, p. 660–67, 2016.

SANTOS, I. R. I.; SALOMÃO, A. N. In vitro germination of zygotic embryos excised from cryopreserved endocarps of queen palm (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glass-

man). **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v. 53, p. 418–424, 2017. DOI 10.1007/s11627-017-9840-7.

SILVA, F. S. da; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA, F. T. C. da. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.8, n.1, p.45-56, 2010.

SMITH, R. D. Seed storage, temperature and relative humidity (correspondence). **Seed Science Research**, v. 2, p. 113-116, 1991.

VAN TREUREN, R.; DE GROOT, E. C.; VAN HINTUM. J. L. Preservation of seed viability during 25 years of storage under standard genebank conditions. **Genetic Resources Crop Evolution**, v. 60, p. 1407–1421, 2013.

VERTUCCI, C. W.; ROOS, E. E. Theoretical basis of protocols for seed storage. **Plant Physiology**, v.94, n.3, p.1019-1023, 1990.

WICKSON, F. **Should genetically modified organisms be part of our conservation efforts?** The Conversation, 2016. Disponível em: <<https://theconversation.com/should-genetically-modified-organisms-be-part-of-our-conservation-efforts-66508>>. Acesso em: 29 Abr. 2021.

WU, X.; NING, F.; HU, X.; WANG, W. Genetic Modification for Improving Seed Vigor Is Transitioning from Model Plants to Crop Plants. **Front in Plant Science**, v.8, n.8, 2017. DOI: 10.3389/fpls.2017.00008.

ZINSMEISTER, J.; LEPRINCE, O.; BUITINK, J. Molecular and environmental factors regulating seed longevity. **The Biochemical Journal**, v. 477, n. 2, p. 305-323, 2020. DOI: 10.1042/bcj20190165.

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:
 Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
 Parque Estação Biológica
 PqEB, Av. W5 Norte (final)
 70970-717, Brasília, DF Fone: +55 (61) 3448-470
 Fax: +55 (61) 3340-3624
 www.embrapa.br www.embrapa.br/fale-conosco/sac Comitê Local de Publicações da Unidade Responsável



MINISTÉRIO DA
 AGRICULTURA, PECUÁRIA
 E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
 BRASIL
 GOVERNO FEDERAL

Presidente

Wagner Alexandre Lucena

Secretária-Executiva

Daniela Aguiar de Souza

Membros

Ana Flávia do N. Dias Côrtes; Andrielle Ca-

mara Amaral Lopes; Bruno Machado Teles

Walter; Daniela Aguiar de Souza; Debora

Pires Paula; Edson Junqueira Leite; Marcos

Aparecido Gimenes; Solange Carvalho

Barrios Roveri Jose

Supervisão editorial

Daniela Aguiar de Souza

Revisão de texto

Jakcelia Costa da Silva

Normalização bibliográfica

Ana Flávia do N. Dias Côrtes

Tratamento das ilustrações

Adilson Werneck

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Marcus Vinicius Pereira e Souza

Foto da capa

Claudio Bezerra

1ª edição

1ª impressão (ano): tiragem