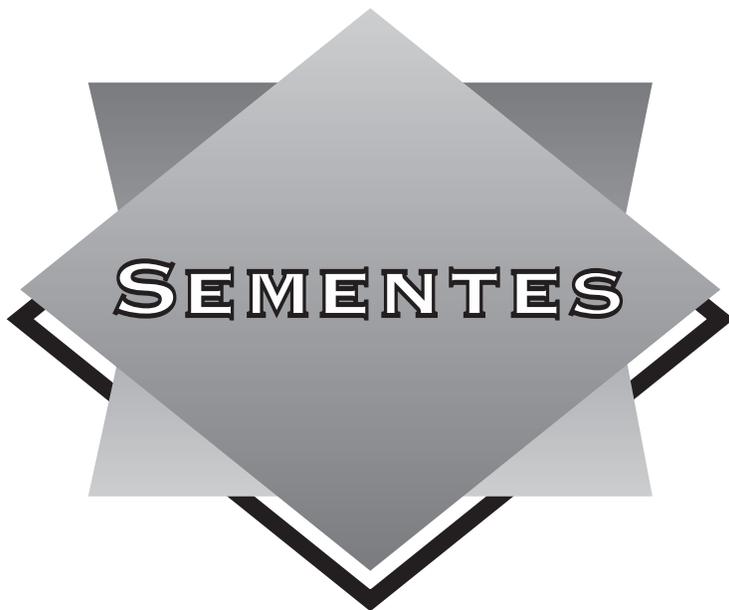


*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura e Pecuária*



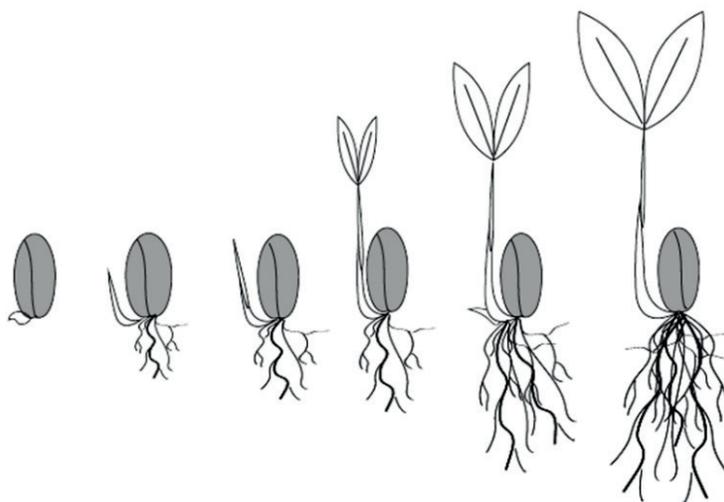
O produtor pergunta, a Embrapa responde

*Antonieta Nassif Salomão
Izulmé Rita Imaculada Santos
Marcos Aparecido Gimenes
Denise Garcia de Santana
Taciana Barbosa Cavalcanti*

Editores Técnicos

Embrapa
*Brasília, DF
2023*

4 Germinação



*Solange Carvalho Barrios Roveri José
Dulce Alves da Silva
Elisa Serra Negra Vieira*

200 O que é a germinação?

Germinação é o processo de reativação do crescimento do embrião, culminando com o rompimento do tegumento ou da testa ou de outras estruturas que envolvem a semente, para, em seguida, ocorrer a emergência da plântula.

201 A germinação das sementes se encerra com a protrusão radicular?

Sim, se for considerado o conceito de germinação *stricto sensu* ou segundo critério botânico/fisiológico. A semente irá apresentar uma ponta rompendo a cobertura externa, que corresponde à raiz (neste caso, denominada radícula), evento conhecido como protrusão radicular. Costuma-se considerar uma semente como germinada quando a ponta da raiz atinge comprimento de 3 mm do lado de fora da cobertura externa da semente e curvatura geotrópica positiva. No entanto, a germinação, para os tecnologistas de sementes, considera o desenvolvimento da estrutura embrionária e a formação de uma plântula com suas partes constituintes dentro da normalidade.

202 O critério tecnológico ou agrônômico combina a germinação da semente e o desenvolvimento da plântula? São fenômenos diferentes?

Sim. O critério tecnológico ou agrônômico inclui o crescimento inicial da plântula, que tem início após a complementação do processo *stricto sensu*. São dois fenômenos interdependentes, mas diferentes, uma vez que os genes que controlam a germinação e o crescimento da plântula não são os mesmos.

203 Quais são as etapas da germinação?

As três etapas principais da germinação são (Bewley; Black, 1994):

- Reativação: embebição de água pela semente, ativação da respiração e das demais etapas do metabolismo.
- Indução do crescimento: fases de repouso, como preparo para o crescimento.
- Crescimento: protrusão da raiz primária.

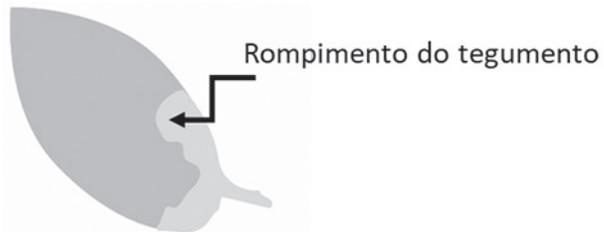
204 Quais são os processos fisiológicos desencadeados a partir do contato da semente com a água?

Um processo de respiração ativo é iniciado no interior da semente, onde é gerada energia para o desenvolvimento do embrião em raiz, caule e folhas, bem como a síntese de várias substâncias, como enzimas e hormônios. As enzimas são produzidas para destruir a cobertura externa da semente, dando passagem para a nova planta que irá surgir. Os hormônios são responsáveis pela transformação do eixo embrionário em radícula, caule e folhas e pelo crescimento destas partes.

205 Como ocorre a absorção de água pelas sementes?

A absorção de água pelas sementes (embebição) se faz de maneira diferenciada pelos distintos tecidos da semente. A testa ou o tegu-

mento, ou outras estruturas que envolvem o embrião, absorve muito pouca água, expandindo bem menos que os tecidos internos, a fim de ser rompida, facilitando, assim, a difusão de oxigênio para os



tecidos internos. O tecido de reserva vem após as estruturas que revestem o embrião, em volume de água absorvido, e absorve água até um certo ponto, funcionando daí por diante como um reservatório. O tecido meristemático, justamente por crescer, é o que absorve as maiores quantidades de água.

206

Existem diferenças entre as espécies na velocidade e na intensidade de absorção de água pelas sementes durante a germinação?

Sim. Essas diferenças são determinadas pela composição química, permeabilidade do tegumento, condição fisiológica das sementes e pela relação entre o volume do eixo embrionário e do tecido de reserva, uma vez que a absorção de água entre esses tecidos ocorre de maneira diferenciada. Com relação à composição química das sementes, as oleaginosas absorvem menos água que as amiláceas e estas menos que as proteicas.

207

Quais são as fases de embebição das sementes?

As sementes maduras e secas, quando lhes são dadas um suprimento adequado de água, exibem um padrão trifásico de absorção de água. A fase I é relativamente rápida e ocorre como uma consequência do potencial matricial dos vários tecidos das sementes, independente da semente ser viável ou não, dormente ou não, a não ser que se trate de dormência por impermeabilidade do tegumento à água. É uma fase em que as substâncias de reserva são desdobradas em substâncias permissíveis e um transporte é facilitado até o embrião.

Na fase II ocorre o transporte ativo das substâncias desdobradas anteriormente para os pontos de crescimento. Os potenciais hídricos da semente estão em equilíbrio com seu ambiente circundante, estabilizando a absorção de água pela semente. Somente sementes em germinação são capazes de entrar

na fase III, que ocorre como consequência da emergência e da alongação da radícula, com uma retomada rápida da absorção de água (Bray, 1995). Sendo assim, existe uma associação entre as fases de embebição e a evolução do processo de germinação e crescimento da plântula.

208

Qual é o primeiro evento metabólico que ocorre durante a fase I da embebição?

Durante esta fase, após o início da entrada de água, as sementes iniciam a ativação de mecanismos de reparo de danos acumulados durante a maturação, secagem e armazenamento. Incluem a reestruturação do sistema de membranas, reparo e multiplicação de mitocôndrias e reparo de DNA.

209

Qual é o conteúdo de água necessário para que as sementes germinem?

Para as sementes cotiledonares (tecido de reserva localizado nos cotilédones), esses conteúdos de água podem ser superiores a 45%; para sementes endospermáticas (tecido de reserva localizado no endosperma), esses valores ficam entre 30% e 35%. Os eixos embrionários atingem, no mínimo, 50% de teor de água ao iniciar o processo de germinação.

210

A terceira fase de embebição só ocorre em sementes vivas ou viáveis?

Sim. Esta fase acontece apenas em sementes vivas e não dormentes. Na terceira fase ocorre acréscimo na taxa de absorção de água, que culminará com a emissão da raiz primária. Esse aumento na absorção de água está relacionado à retomada do crescimento do embrião, caracterizada pela expansão e/ou divisão celular.

211

Em um lote de sementes de espécies não domesticadas, todas as sementes apresentam a mesma velocidade de embebição?

Não, uma vez que lotes de sementes de espécies não domesticadas são mais heterogêneos quanto ao estágio de maturação, à intensidade de dormência e à qualidade fisiológica entre as sementes.

212

Quais os principais processos bioquímicos envolvidos na etapa de indução do crescimento na germinação?

Os principais processos bioquímicos na etapa de indução do crescimento durante a germinação são:

- **Respiração:** processo que consiste na liberação de energia química por meio da oxidação dos compostos orgânicos.
- **Digestão das reservas:** evento controlado por enzimas, que é o processo de hidrólise de reservas e sua transformação em substâncias solúveis.
- **Translocação e assimilação dos nutrientes:** processo em que as reservas digeridas são translocadas para o eixo embrionário.

213

Quais são os fatores que afetam ou promovem a germinação?

Existem fatores externos e internos às sementes que afetam ou promovem a germinação. Os principais fatores externos à germinação, ou seja, aqueles do ambiente, são água, temperatura, oxigênio e luz (para certas sementes).

Por sua vez, os fatores internos que afetam a germinação são características da própria semente, como a cobertura externa que impede a entrada de água e oxigênio, a presença ou ausência de hormônios que promovem o desenvolvimento e crescimento do eixo embrionário nas estruturas raiz, caule e folhas ou até mesmo

a própria imaturidade do eixo embrionário. Neste último caso, a semente já está formada, o fruto no qual ela se encontra já está maduro, mas o eixo embrionário não.

214

Se uma semente for semeada no campo, após uma chuva, é certo que ela vai germinar?

A disponibilidade de água deve ser suficiente para iniciar, prosseguir e concluir o processo de germinação e desenvolvimento da plântula. Se, no momento da semeadura, a umidade do solo estiver adequada, as sementes vão absorver água e emitir a raiz primária. Nesse caso, se ocorrer uma estiagem, os danos podem ser irreparáveis. Deve-se ficar atento e acompanhar o processo de germinação na lavoura, observando as sementes no sulco de plantio.

215

De que forma os microrganismos interferem no processo germinativo?

A presença de microrganismos como fungos do gênero *Trichoderma* Pers. e bactérias do gênero *Bacillus* Cohn favorecem a germinação. Tais microrganismos agem aumentando a germinação, promovendo o maior crescimento da radícula e controlando outros microrganismos que prejudicam a germinação. As sementes são tratadas com soluções contendo tais microrganismos, sendo este tipo de tratamento conhecido como microbiolização e é uma forma de controle biológico (Ferreira De Sá et al., 2019). Entretanto, existem microrganismos que podem interferir negativamente no processo germinativo, causando a deterioração das sementes e comprometendo sua integridade e capacidade de germinar.

216

Como as mudanças climáticas podem afetar a germinação das sementes?

Uma das consequências das mudanças climáticas é o aumento ou a oscilação de temperatura e a diminuição ou o excesso de

chuvas. Temperatura elevada ou a oscilação térmica brusca afeta negativamente as reações enzimáticas que ocorrem durante o processo germinativo. A diminuição das chuvas leva a menor disponibilidade de água para as sementes, o que compromete a germinação, pois a água é a substância que inicia o processo germinativo em sementes de todas as espécies. Por sua vez, o excesso de chuva é igualmente prejudicial à germinação, pois o excesso de água inibe a absorção de oxigênio pelas sementes e, conseqüentemente, reduz a germinação e o desenvolvimento das plântulas. Atualmente, muitos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de prever a germinação de sementes de várias espécies em temperaturas acima da ideal e em condições de falta de água (Oliveira et al., 2019).

217 Qual é a importância da temperatura para a germinação?

A temperatura é importante porque todos os processos bioquímicos ocorridos internamente na semente, para que ela germine, exigem uma temperatura ideal. Temperatura abaixo ou acima da ideal diminui ou até impede a germinação.

218 O que é a temperatura ótima de germinação?

É aquela que proporciona máxima germinação em menor tempo. Para sementes da maioria das espécies nativas, a temperatura ótima de germinação situa-se no intervalo entre 20 °C e 30 °C.

219 Quais são as espécies cujas sementes apresentam maior plasticidade térmica?

As sementes com maior plasticidade térmica, ou seja, que estão adaptadas para germinarem em amplo intervalo de temperatura, são as procedentes de espécies com maior distribuição geográfica.

220**Por que os fatores luz e temperatura são complementares no processo germinativo?**

Durante o processo germinativo, as mudanças de sensibilidade à luz observadas em sementes de algumas espécies dependem da reversibilidade do fitocromo, que, por sua vez, é dependente da temperatura. Algumas espécies de plantas que precisam de luz para a germinação de suas sementes preferem a quantidade de luz semelhante à da natureza, ou seja, presença de luz por um período, como se fosse de dia, e ausência de luz por outro determinado período, como se fosse de noite. Os dois fatores, temperatura e luz, são complementares, não adiantando as sementes estarem na presença de luz, mas em temperatura inadequada. Dessa forma, a germinação não ocorrerá. É necessário que luz e temperatura sejam adequadas para a germinação das sementes das espécies em questão. Existem sementes que não apresentam qualquer sensibilidade, seja em presença, seja em ausência de luz, como aquelas da maioria das espécies cultivadas. No caso de sementes não dormentes, a luz não é um fator imprescindível para a sua germinação.

221**Qual é a diferença entre germinação fotoperiódica de dias curtos e germinação fotoperiódica de dias longos?**

Na germinação fotoperiódica de dias curtos, as sementes germinam melhor sob condições de fotoperíodos curtos que sob luz contínua. Na germinação fotoperiódica de dias longos, a condição favorável de luminosidade é a de luz contínua (ver Perguntas e Respostas 90 e 91).

222**O tamanho das sementes influencia na velocidade de germinação?**

Sim. O tamanho das sementes pode influenciar a velocidade de germinação, afetando sua embebição. O comportamento da

semente durante a embebição independe de sua categoria, ou seja, agrícola, hortícola, ornamental ou florestal. Porém, em sementes de menor tamanho, por possuírem relação superfície:volume superior à das sementes de maior tamanho, a etapa de embebição é, geralmente, mais rápida. Além disso, a germinação pode ser favorecida em sementes maiores, como as de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), de milho (*Zea mays* L.), de soja [*Glycine max* (L.) Merr.] e de trigo (*Triticum* spp.), por possuírem mais material de reserva. Mas, é importante mencionar que o tamanho das sementes por si só não significa que seu potencial fisiológico seja maior.

223

Existe relação entre o tamanho das sementes e a dependência da luz para a germinação?

Sim. As sementes pequenas e leves são dependentes de luz para a sua germinação. Isso, porque usam a luz como sinal de abertura de clareira, pois, como possuem pouca energia armazenada, tornam-se rapidamente dependentes da luz para produção de biomassa, ou seja, para realização de fotossíntese e crescimento. Por sua vez, sementes grandes e pesadas possuem grande depósito de energia, podendo germinar no escuro, por se encontrarem enterradas a alguns centímetros da superfície do solo ou nas camadas mais profundas da liteira, sendo capazes de crescer até acessarem a luz para a realização de fotossíntese (Milberg et al., 2000).

224

A presença de luz é necessária para a germinação de sementes de todas as espécies?

Para a maioria das espécies, suas sementes são capazes de germinar em ausência de luz. Porém, para sementes de várias espécies cultivadas, há requerimento de luz para que a germinação ocorra ou a exposição à luz estimule uma melhor germinação. Como exemplos de espécies com sementes dependentes da luz para que ocorra a germinação, têm-se alecrim (*Rosmarinus officinalis*

L.), alface (*Lactuca sativa* L.), camomila (*Matricaria chamomilla* L.), curitiba [*Curitiba prismática* (D. Legrand) Salywon & Landrum], coaçu [*Triplaris weigeltiana* (Rchb.) Kuntze] e endro (*Anethum graveolens* L.).

225

Quais são os fatores que podem suprir o requerimento por luz durante a germinação?

Em sementes de algumas espécies, a alternância de temperatura pode substituir o efeito da luz. As giberelinas são fitormônios que estimulam a germinação de sementes fotoblásticas positivas, substituindo a presença de luz.

226

Por que uma semente não germina?

Porque não há condições ambientais ou internas que as permitam germinar. Caso existam barreiras físicas, como a espessura e dureza do tegumento, e as sementes não aumentarem de tamanho após serem colocadas em contato com a água, pode-se considerar que o tegumento está sendo uma barreira para a entrada de água e este deve ser o motivo da ausência de germinação. Havendo condições ambientais e internas ideais, se a semente aumentar de tamanho após contato com a água e, mesmo assim, não germinar, pode-se considerá-la morta.

227

Quando uma semente viável não germina ela está quiescente?

Sim. A quiescência é provocada pela ausência ou insuficiência de um ou mais fatores externos necessários à germinação. A semente será capaz de germinar desde que não haja restrição do meio. Como exemplo, citam-se os fatores como a água, temperatura, luz, oxigênio.

Como é conduzida a germinação de sementes com tegumento impermeável?

Por meio de cortes no tegumento ou na testa das sementes, os quais devem ser realizados com a utilização de lâmina de bisturi, tesoura de poda, como em sementes de amendoim-do-campo (*Platypodium elegans* Vogel); de cortador “tipo de unha”, como em sementes de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.); ou de alicate “tipo de unha”, como em sementes de urucu (*Bixa orellana* L.). Outra maneira de se realizar a escarificação mecânica é a fricção do tegumento das sementes em lixas, como em sementes de olho-de-boi (*Dioclea violacea* Benth.). Tanto a punção quanto a fricção em lixa devem ser realizadas na lateral ou região distal oposta à posição do eixo hipocótilo radicular ou eixo embrionário, com cuidado para não danificar o embrião.

Outra maneira de superar a dormência de sementes com tegumento impermeável, como as de tamboril [*Enterolobium gummiferum* (Mart.) J.F.Macbr], é por meio da escarificação química, em que as sementes são imersas em ácido concentrado, geralmente o ácido sulfúrico, o que exige estrutura laboratorial (capela com fluxo laminar) e equipamento de segurança (jaleco, luvas), para a proteção contra queimaduras graves. Algumas espécies podem ter a dormência de suas sementes superada com a utilização de calor. Existe a opção da utilização de calor seco, por meio de exposição das sementes em estufa, resultando na retração do tegumento das sementes em várias espécies, com as de algumas espécies do gênero *Manihot* Mill. Utilizam-se recipientes refratários rasos para acomodar as sementes, colocando-os em uma estufa pré-aquecida. O tempo de permanência depende da espécie em questão. Existe, ainda, a opção de se utilizar a técnica de calor úmido, em que se faz a imersão das sementes em água quente por alguns minutos, como é o caso de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (Magalhães 2017). Outra técnica que pode ser adotada para a superação de dormência é a imersão das sementes ou diásporos em nitrogênio líquido por tempo variável. A pressão exercida pelo nitrogênio

líquido e o choque térmico contribuem para a formação de fissuras na estrutura que envolve o embrião ou para seu amolecimento, favorecendo, assim, o processo de embebição, como em braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), em cajá-mirim (*Spondias mombin* L.) e em juazeiro [*Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild].

230

Quais são as outras partes das sementes que podem oferecer resistência ao crescimento dos embriões, além do tegumento?

Os envoltórios que circundam o embrião permitem a absorção de água, mas podem funcionar como uma barreira física, impedindo o crescimento do embrião e a sua germinação. Nas sementes de lobeira (*Solanum lycocarpum* A.St.-Hil.), a germinação inicia com a embebição da semente, ativando enzimas que irão enfraquecer o tecido ao redor do embrião, permitindo que a raiz rompa o tegumento (Anese et al., 2011).

230

Por que algumas sementes são capazes de embeber, mas não germinam?

Geralmente, porque possuem algum tipo de dormência fisiológica, morfológica ou morfofisiológica. A dormência fisiológica é causada por mecanismos inibitórios envolvendo os processos metabólicos e o controle do desenvolvimento. Esses mecanismos estão localizados no embrião e/ou nos tecidos e estruturas adjacentes a ele (endosperma e tegumento). Dormência morfológica acontece quando as sementes são dispersas com o embrião não diferenciado ou com o processo de diferenciação sem estar concluído. O embrião terá que passar por um período de maturação na semente após a dispersão, até adquirir a condição de quiescência. Dormência morfofisiológica é quando a semente apresenta tanto a dormência fisiológica como a morfológica. Portanto, para que a germinação aconteça, faz-se necessário que o embrião cresça até um tamanho

crítico, se diferencie antes e a dormência fisiológica seja superada por meio de estratificação ou outro tratamento. Um exemplo de sementes com dormência morfofisiológica é o da espécie trepadeira aristolóquia ou papo-de-peru (*Aristolochia galeata* Mart. & Zucc.) (Alves-da-Silva et al., 2011) e do araticum (*Annona crassiflora* Mart.) (Silva et al., 2007).

Outro fator que deve ser considerado é que a semente pode aparentar integridade física, porém estar inviável. Nesse caso, a semente absorve água por causa da pressão de embebição de seus constituintes hidrofílicos, há a expansão do embrião, entretanto, o processo germinativo não é concluído.

231

Quando a máxima germinação é alcançada em sementes não dormentes durante o seu desenvolvimento?

Geralmente, a máxima germinação ocorre bem próximo ou coincidente com o máximo de acúmulo de matéria seca, que é uma das características de sementes que atingiram a maturação fisiológica. O conhecimento do ponto de maturação fisiológica das sementes é importante na definição da colheita, uma vez que determina a qualidade das sementes e sua eficiência germinativa.

232

Quando deve ser feita a coleta de sementes ou diásporos de espécies não domesticadas?

É importante que sementes ou diásporos de espécies não domesticadas sejam coletados quando estiverem maduros e a dispersão tiver sido iniciada. Sementes de espécies como a lobeira (*Solanum lycocarpum* A.St.-Hil.) devem ser coletadas de frutos maduros que já tenham caído da planta-mãe (Magalhães 2017), pois, se forem coletadas de frutos verdes que ainda estiverem na planta-mãe, apresentarão menor percentagem de germinação que aquelas obtidas de frutos maduros já dispersados pela planta-mãe. Entretanto, é importante coletar apenas frutos que estiverem

caídos recentemente, pois, se forem coletadas de frutos que tiverem caído da planta-mãe há alguns dias e se encontrarem “passados”, contaminados ou em estado de deterioração, também não apresentaram boa germinação. Entretanto, para algumas espécies nativas, é possível coletar o fruto semiaberto, como, por exemplo, para as espécies de ipês (*Handroanthus* Mattos e *Tabebuia* DC.), dos gêneros *Bowdichia* Kunth. e *Bauhinia* L., ou o fruto de vez, como jenipapo (*Genipa americana* L.), e as sementes apresentarem um desempenho germinativo normal.

233

Desde a coleta de frutos, sementes ou diásporos até o beneficiamento, quais são os cuidados que devem ser tomados para minimizar as perdas durante a germinação?

Frutos, sementes ou diásporos, de acordo com suas características morfológicas, devem ser mantidos arejados e bem acondicionados desde o local de coleta até o local de beneficiamento. De maneira geral, recomenda-se que:

- Frutos secos sejam acondicionados em embalagens de papel kraft ou tecido (juta, algodão, malha de trama aberta).
- Frutos carnosos sejam acondicionados em embalagens aeradas (saco de tela para frutas, saco de rede, caixa plástica perfurada).
- Sementes ou diásporos pequenos, como de aroeira [*Myracrodruon urundeuva* (All.) Engl.], e médios, como de angico-branco [*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan], sejam acondicionados em saco de papel kraft ou algodão.
- Sementes ou diásporos grandes, como de tingui (*Magonia pubescens* A.St.-Hil.) e de oiti [*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch], sejam acondicionados em saco de juta ou em caixa plástica perfurada.

No local de beneficiamento, frutos, sementes ou diásporos devem ser dispostos em condições de sombreamento e boa aeração até serem beneficiados. Não se deve passar muito tempo entre a coleta e o beneficiamento do material, especialmente dos frutos

carnosos, como das espécies de *Eugenia* L., de *Euterpe* Mart., de *Salacia* L. e de outras, pois esses podem entrar em estado de decomposição e microrganismos podem interferir na qualidade das sementes, comprometendo sua germinação.

234

A germinação pode ser prejudicada se as sementes ou os diásporos não forem beneficiados logo após a chegada do campo?

Sim. O ideal é beneficiar sementes ou diásporos logo após sua chegada do campo e iniciar os experimentos de germinação, para evitar que as sementes percam sua viabilidade, ou tenham características de sua germinação alterada. A grande maioria das espécies vegetais possuem sementes ortodoxas, que toleram serem desidratadas até 2%–5% do seu conteúdo de água. Nesse caso, o ideal é iniciar os experimentos de germinação de 7 a 10 dias após a sua coleta/beneficiamento. Entretanto, é importante deixar as sementes secarem por uns dois a três dias, antes de serem utilizadas em experimentos de germinação (Baskin; Baskin, 2014). Quando o comportamento fisiológico das sementes é desconhecido, deve-se ter bastante cuidado, pois, se forem recalcitrantes, com teores de água variando entre 30% e 65%, a desidratação intensa levará a sua morte, como ocorre com sementes de ingá [*Inga ingoides* (Rich.) Willd.], ou a exposição ao ar resultará na perda por oxidação, como em sementes de pitomba [*Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk].

Existem situações em que sementes ortodoxas perdem sua viabilidade em poucos meses quando mantidas sob condições ambientais em laboratório. É o caso de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc.) e de pau-terra-de-folha-larga (*Qualea grandiflora* Mart.), espécies do Cerrado com frutos secos em que suas sementes são ortodoxas, mas perdem sua viabilidade em poucos meses em tais condições. É recomendável desidratar as sementes e armazená-las em câmaras frias até a sementeira, para manter sua germinabilidade (Baskin; Baskin 2014).

Segundo as *Regras de Análise de Sementes, Capítulo 5 – Teste de Germinação* (Brasil, 2009), o teste de germinação é realizado utilizando-se, geralmente, uma quantidade de 400 sementes, divididas em quatro repetições de 100 sementes, ou oito repetições de 50 sementes, ou ainda 16 repetições de 25 sementes. De acordo com as *Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais* (Brasil, 2013), pode-se conduzir o teste de germinação com quatro repetições de 100 sementes ou 50 sementes, ou ainda 25 sementes. As sementes são dispostas, com espaço entre si, sobre ou entre papel específico para germinação, vermiculita ou areia, umedecidos com água. Em seguida, o material é colocado em equipamento chamado de germinador, ajustado para a temperatura e quantidade de luz adequadas para a espécie em teste. Após um determinado número de dias, de acordo com a espécie, é realizada a contagem de plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas.

No caso de teste de germinação com o objetivo de se estudar aspectos ecológicos das sementes de uma determinada espécie, recomenda-se utilizar três réplicas de 50 sementes (Baskin; Baskin, 2014). Os experimentos devem ser conduzidos de preferência em placas de Petri contendo papel filtro, ou vermiculita, no caso de sementes grandes e/ou esféricas, pois todas as sementes receberão a mesma quantidade de água. A germinação deve ser contada a cada 24 horas e não existe necessidade de quantificar o número de plântulas normais.

Em geral, recomenda-se que um experimento sobre germinação dure até 4 semanas (Baskin; Baskin, 2014). Entretanto, há espécies nativas que, mesmo submetidas a tratamentos pré-germinativos, necessitam de períodos muito maiores para a contagem final de

sementes germinadas, como a ucuuba [*Virola surinamensis* (Rottb.) Warb.] e o timbó (*Ateleia glazioveana* Baill.), com contagens finais aos 60 e aos 120 dias após semeio, respectivamente. No caso dessas espécies, mesmo adotando-se tratamentos pré-germinativos, há heterogeneidade na intensidade da dormência entre sementes das amostras.

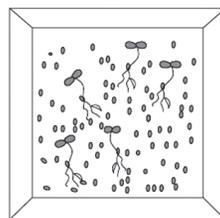
Em alguns casos, todas as sementes germinarão em períodos muito curtos, em outros, não ocorrerá nenhuma germinação de sementes por alguns dias. Nesse segundo caso, é importante verificar a aparência dessas sementes, como a consistência e a cor. Sementes com embrião cinza, amarelo ou marrom, sem consistência ou cobertas por fungos devem ser consideradas sem viabilidade. Sementes sem alteração de cor e de consistência normal devem ter a viabilidade testada por meio da utilização de solução de tetrazólio.

237 O que significa percentagem de germinação?

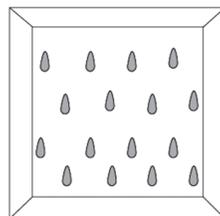
Percentagem de germinação é a forma como o resultado do teste de germinação é expresso. Corresponde à transformação em percentual do número de plântulas normais obtido do total de sementes semeadas, nas condições em que foi realizado o teste de germinação.

238 Qual é a diferença entre o teste de germinação por repetições pesadas e o teste por repetições contadas?

A diferença entre as duas formas de montar o teste de germinação depende da possibilidade de realização ou não do teste de pureza e da elevada ocorrência de sementes vazias na espécie. A possibilidade de



Repetição pesada



Repetição contada

realizar o teste de pureza é dependente do tamanho da semente e da presença de elevada quantidade de material inerte misturado às sementes. Quanto menor a semente e quanto mais material inerte misturado a elas, mais difícil é realizar o teste de pureza. Assim, o teste de germinação é realizado utilizando-se quatro repetições de sementes que não são contadas, mas, sim, pesadas. A massa correspondente a cada repetição de sementes está determinada nas *Regras para Análise de Sementes – Capítulo 1 Amostragem e Capítulo 5 Teste de Germinação* (Brasil, 2009). Esse é o caso de sementes de eucalipto. O resultado do teste de germinação por repetição pesada informado no *Boletim de Análise de Sementes* é o número de plântulas normais por quilograma de sementes. Sementes para as quais é possível realizar o teste de pureza, o teste de germinação é realizado utilizando-se, geralmente, quatro repetições de 100 sementes, as quais são contadas. O resultado do teste de germinação por repetição contada informado no *Boletim de Análise de Sementes* é a percentagem de germinação.

239

Existe somente o teste de germinação para avaliar a viabilidade de sementes?

Não. A viabilidade pode ser avaliada por outros testes, como o teste de embrião excisado e o teste de tetrazólio. A vantagem destes testes é a rapidez quando comparados com o tradicional teste de germinação, que pode levar muitos dias.

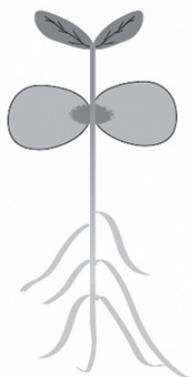
O teste de embrião excisado consiste na colocação das sementes em água para facilitar a remoção dos embriões, que, então, são colocados sobre um papel úmido e expostos à luz de forma semelhante ao dia, com pelo menos 8 horas de claridade, por 14 dias. Os embriões viáveis serão aqueles que permanecerem firmes, intumescidos, em desenvolvimento, sem alterações da coloração inicial ou com coloração esverdeada. Os embriões não viáveis serão aqueles que apresentarem consistência macilenta, friável, com coloração escura ou branca leitosa, sem indícios de crescimento ou deteriorados por microrganismos.

Já o teste de tetrazólio é um teste bioquímico que consiste em colocar as sementes em solução contendo o sal 2,3,5 trifenil cloreto, no escuro e sob temperatura e período específicos para cada espécie. A enzima desidrogenase, que está presente nos tecidos vivos, transformará o sal no composto trifenil formazan, o qual é colorido. Assim, as sementes viáveis apresentarão uma cor rosa-claro, indicando que a enzima desidrogenase está com atividade normal. Sementes com baixa viabilidade apresentarão coloração vermelho-carmim, indicando elevada atividade da enzima desidrogenase; e sementes mortas não apresentarão coloração, pois não houve conversão do sal em formazan, uma vez que a enzima desidrogenase não está mais ativa.

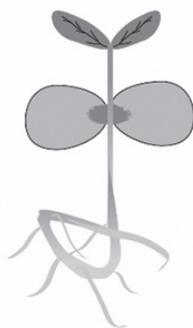
240

O que é uma plântula normal e anormal em um teste de germinação?

Plântula normal



Plântula anormal



Uma plântula normal é aquela obtida de uma semente germinada em condições favoráveis e que apresenta as estruturas essenciais proporcionais, desenvolvidas e saudáveis. Em plântulas normais, o sistema radicular é composto por raiz principal, podendo ter ou não raízes secundárias. A parte aérea é composta por hipocótilo, epicótilo; presença ou não de cotilédones, protó-

filos opostos e presença de gema apical. A plântula normal pode ter pequenos defeitos, em menos de 50% de sua área, os quais não impedirão seu desenvolvimento em uma planta normal em condições de campo favoráveis. Além disso, uma plântula que esteja atacada por microrganismos não oriundos da semente, também pode ser considerada uma plântula normal.

Por sua vez, a plântula anormal é aquela obtida de uma semente germinada em condições favoráveis, em que não há uma de suas estruturas essenciais, ou alguma de suas estruturas deteriorada ou danificada acima de 50% de sua área, ou com sintomas de infecção primária, comprometendo seu desenvolvimento em uma planta normal em condições de campo.

241

O teste de germinação é eficiente em avaliar a germinação de um lote de sementes?

Sim. O teste de germinação é eficiente para fornecer informações sobre o potencial germinativo de uma amostra de sementes que é colocada para germinar, sob condições ótimas de ambiente. Além disso, é considerado um teste padronizado, com ampla possibilidade de repetição dos resultados, dentro de níveis razoáveis de tolerância, desde que sejam seguidas as instruções estabelecidas nas *Regras para Análise de Sementes* (Brasil, 2009) e nas *Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais* (Brasil, 2013). O resultado de um teste de germinação leva em consideração o aparecimento da raiz completa, do caule e pelo menos de um par de folhas (Krzyzanowski et al., 1999).

242

O que deve ser feito antes dos primeiros experimentos de germinação?

Antes de se iniciar um experimento de germinação, é recomendado que se corte algumas sementes ou diásporos com uma lâmina de bisturi ou tesoura de poda. Esse corte permitirá observar características importantes das sementes ou diásporos, como, por exemplo, se uma percentagem considerável da população de sementes se encontra vazia ou predada, quão duro é o tegumento, se a semente é endospermática ou cotiledonar, a posição do eixo embrionário e outras características. É também importante verificar se as sementes ou diásporos são capazes de embeber

sem tratamentos ou são impermeáveis. Para isso, deve-se usar uma pequena amostra de sementes ou diásporos, obter a massa inicial da amostra e acompanhar o ganho de massa das sementes, após colocadas para embeber em água em placa de Petri com papel filtro, ou material similar, à temperatura ambiente. Espere por 24 horas e observe se as sementes mudaram de tamanho, em seguida, as retire da placa de Petri, enxugando o excesso de água, e as pese novamente. Sementes que são capazes de embeber sem pré-tratamento se mostrarão maiores e estarão mais pesadas. Por sua vez, sementes que são impermeáveis não apresentarão aumento de seu peso (Baskin; Baskin 2014).

243

Como obter amostras de sementes para estudos de comportamento fisiológico?

Se o objetivo da amostra for avaliar o comportamento fisiológico de sementes de uma espécie, o ideal é realizar experimentos com uma amostra composta por sementes coletadas de diversos indivíduos de uma dada população. Pode ser que uma espécie possua sementes que apresentarão diferenças em sua germinação, quando pertencerem a populações distintas, ou, até mesmo, quando forem coletadas numa mesma população, porém, de diferentes indivíduos ou em diferentes anos. Portanto, é muito importante que se descreva adequadamente informações sobre a coleta: ano de coleta, local de coleta (coordenadas geográficas ou município, número de indivíduos coletados, etc.).

244

O teste de germinação pode ser realizado com sementes de apenas um indivíduo?

Sim. O importante é que a amostra seja representativa do indivíduo que se está coletando e que será utilizado para o teste de germinação.

245

Por que, para as sementes de muitas espécies, deve-se lavá-las antes do sementeio?

Porque seus frutos possuem compostos que inibem a germinação ou bloqueiam o crescimento embrionário. Dessa forma, as sementes devem ser extraídas dos frutos, lavadas, secadas ou não, antes do plantio.

246

Sementes peletizadas ou pelletizadas germinam igual as sementes não peletizadas ou pelletizadas?

Sementes revestidas devem germinar igualmente às sementes não revestidas, desde que o processo de revestimento não crie barreiras à germinação. O revestimento das sementes pode constituir uma barreira à absorção de água e às trocas gasosas, comprometendo a velocidade de germinação. Para algumas espécies de hortaliças que, usualmente, têm suas sementes revestidas (peletizadas ou incrustadas), é feito o condicionamento osmótico para aprimorar o processo germinativo. Contudo, inúmeras possibilidades vêm surgindo com o processo de revestimento, com o desenvolvimento de novas tecnologias de modificação de superfícies, possibilitando um melhor desempenho das sementes no campo.

247

Em que o teste de vigor se diferencia do teste de germinação?

Os testes de vigor permitem detectar o progresso da deterioração das sementes, o que não ocorre com o teste de germinação, que indica apenas os estádios finais do processo. Os testes de vigor representam um importante parâmetro para a caracterização da qualidade fisiológica das sementes. Foram desenvolvidos para proporcionar informações adicionais ao teste de germinação, mas não para substituí-lo. Quando se avalia lotes de sementes para a semeadura em campo, os resultados obtidos, com grande frequência, podem ser inferiores aos observados para a germinação

em laboratório. Nesse caso, são indicados os testes de vigor para melhor prever o comportamento das sementes no campo (Krzyzanowski et al., 1999).

248 Qual é o valor considerado uma “boa germinação” para comercialização de sementes?

Para comercialização, os produtores de sementes devem ofertar ao mercado sementes com um valor mínimo de germinação, o qual é determinado pela legislação e conhecido como padrões mínimos. Se um lote de sementes apresentar percentagem de germinação abaixo do padrão mínimo da espécie, não pode ser comercializado como semente.

249 Um produtor de sementes necessita do valor de germinação das sementes de um lote para comercializá-lo. Como obter essa informação?

Para a comercialização de sementes, é obrigatório informar a sua percentagem de germinação, a qual é obtida pelo teste de germinação, que deve ser realizado em um laboratório de análise de sementes credenciado no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), possuindo Registro Nacional de Sementes e Mudas (Renasem). O resultado do teste de germinação, que é a percentagem de germinação, é apresentado em um documento denominado *Boletim de Análise de Sementes*, com o qual as sementes podem ser comercializadas.

250 Qual a quantidade de sementes a ser enviada para um laboratório de análise de sementes para fazer o teste de germinação?

A quantidade de sementes a ser enviada para o laboratório credenciado depende da espécie e está determinada pelo

Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Essa informação pode ser encontrada nas *Regras para Análise de Sementes* (Brasil, 2009). Existem exceções a esta regra, como é o caso de sementes raras.

Referências

ALVES-DA-SILVA, D.; BORGHETTI, F.; THOMPSON, K.; PRITCHARD, H.; GRIME, J. P. Underdeveloped embryos and germination in *Aristolochia galeata* seeds. **Plant Biology**, v. 13, n. 1, p. 104-108, Jan. 2011. DOI: 10.1111/j.1438-8677.2009.00302.x.

ANESE, S.; SILVA, E. A. A. da; DAVIDE, A. C.; ROCHA FARIA, J. M.; SOARES, G. C. M.; MATOS, A. C. B.; TOOROP, P. E. Seed priming improves endosperm weakening, germination, and subsequent seedling development of *Solanum lycocarpum* St. Hil. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 1, p. 125-139, Apr. 2011. DOI: 10.15258/sst.2011.39.1.11.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2014. 1.600 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília, DF, 2013. 97 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 17 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 17 jan. 2021.

BRAY, C. M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 767-89.

FERREIRA DE SÁ, M. N. F.; LIMA, J.de S.; JESUS, F. N. de; PEREZ, J.O. Microbiolização na qualidade de sementes e crescimento inicial de plantas de *Vigna unguiculata* L. Walp. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 3, p. 111-115, Sept. 2019.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. 218 p.

MAGALHÃES, M. L. L. **Germinação e estabelecimento de arbustos e árvores pioneiros para a restauração florestal por sementeira direta**. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

MILBERG, P.; ANDERSSON, L.; THOMPSON, K. Large seeded species are less dependent on light for germination than small seeded ones. **Seed Science Research**, v. 10, p. 99-104, Feb. 2000. DOI: 10.1017/S0960258500000118.

OLIVEIRA, G. M.; SILVA, F. F. S.; ARAUJO, M. N.; COSTA, D. C. C.; GOMES, S. E. V.; MATIAS, J. R.; PELACANI, C. R.; SEAL, C. S.; DANTAS, B. F. Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. **Journal of Seed Sciences**, v. 41, p. 32-43, Jan.-Mar. 2019. DOI: 10.1590/2317-1545v41n1191945.

SILVA, E. A. A.; MELO, D. L. B.; DAVIDE, A. N. B.; ABREU, J. M. R. F.; HILHORST, H. W. M. Germination ecophysiology of *Annona crassiflora* seeds. **Annals of Botany**, v. 99, n. 5, p. 823-830, May 2007. DOI: 10.1093/aob/mcm016.