



KLS

Produção, Tecnologia e Armazenamento de Sementes

Produção, Tecnologia e Armazenamento de Sementes

Giuliana Ribeiro da Silva

© 2019 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Paulo Sérgio Siberti da Silva

Vaine Fermoseli Vilga

Editorial

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Silva, Giuliana Ribeiro da
S586p Produção, tecnologia e armazenamento de sementes /
Giuliana Ribeiro da Silva. – Londrina : Editora e Distribuidora
Educacional S.A., 2019.
192 p.

ISBN 978-85-522-1432-8

1. Composição e fisiologia da semente. 2. Produção de sementes. 3. Beneficiamento e armazenamento de sementes. I. Silva, Giuliana Ribeiro da. II. Título.

CDD 630

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 — Londrina — PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1

Sementes: formação, estrutura e composição química	7
Seção 1.1	
Formação da semente	9
Seção 1.2	
A estrutura da semente	23
Seção 1.3	
Composição química das sementes	35

Unidade 2

Sementes: maturação, germinação, dormência e vigor	49
Seção 2.1	
Maturação de sementes	51
Seção 2.2	
Germinação de sementes	64
Seção 2.3	
Dormência e vigor de sementes	77

Unidade 3

Produção de sementes	97
Seção 3.1	
Produção de sementes	99
Seção 3.2	
Fatores que influenciam na produção e no desenvolvimento de sementes	112
Seção 3.3	
Secagem de sementes	125

Unidade 4

Beneficiamento e armazenamento de sementes.....	141
Seção 4.1	
Beneficiamento de sementes	143
Seção 4.2	
Armazenamento e conservação de sementes.....	157
Seção 4.3	
Características ideais do ambiente de armazenamento para a conservação de sementes.....	170

Palavras do autor

Caro aluno, seja bem-vindo à disciplina Produção, Tecnologia e Armazenamento de Sementes. As sementes têm grande importância na agricultura, pois representam o início da cadeia de produção agrícola e a base para o sucesso do estabelecimento e desenvolvimento das culturas. Além disso, a semente é a forma de propagação de plantas mais utilizada na agricultura e carrega consigo todo o potencial genético de uma planta. Diante disso, esta disciplina tem o objetivo de possibilitar a você o conhecimento dos diversos aspectos relacionados à produção, à tecnologia e ao armazenamento de sementes, e elencar o conhecimento teórico às situações práticas encontradas pelo agrônomo nessa área de atuação.

Desse modo, espero que você desenvolva, por meio deste material, o conhecimento do processo de formação da semente, conheça a sua estrutura e composição química, assim como compreenda o seu processo de maturação, os mecanismos de germinação e dormência e o vigor das sementes. Você também vai conhecer sobre os aspectos gerais relacionados à produção, além do beneficiamento e o armazenamento para a conservação de sementes agrícolas.

O livro está dividido em temas que abordam com propriedade a produção, a tecnologia e o armazenamento de sementes dentro do contexto agrônomico. Na Unidade 1, o enfoque será o processo de formação, estrutura e composição química das sementes. A maturação, germinação, dormência e o vigor serão abordados na Unidade 2, que levará você a compreender o que acontece dentro de uma semente madura nas diferentes situações às quais pode ser imposta. Logo, a Unidade 3 apresentará todas as características de um sistema de produção de sementes, abordando desde os conceitos iniciais para o estabelecimento de um campo de produção de sementes até a fase final do processo de secagem. Por fim, as etapas de beneficiamento e armazenamento de sementes serão trabalhadas na Unidade 4, com o objetivo de apresentar a você como produzir sementes de alta qualidade, desenvolvendo, ao longo da unidade, todos os aspectos necessários para isso.

Dessa forma, convido você a adentrar no assunto e descobrir o quão relevante pode ser compreender os aspectos relacionados às sementes, na

certeza da grande contribuição que este material trará a você, como forma de agregar, desenvolver e consolidar os conhecimentos da produção, tecnologia e armazenamento de sementes. Vamos iniciar os estudos?

Unidade 1

Sementes: formação, estrutura e composição química

Convite ao estudo

Caro aluno, é com imensa satisfação que damos início à Unidade 1 da disciplina. Nesta unidade, trabalharemos conteúdos relacionados à formação, estrutura e composição química das sementes dentro de um contexto agrônomico. É relevante falar que na área de Produção, Tecnologia e Armazenamento de Sementes, nosso objeto de estudo, é comum, no dia a dia, depararmos-nos com situações práticas, nas quais necessitaremos recorrer ao conhecimento do mecanismo de formação da semente, pois vários agentes participam desse processo, tornando-o complexo. Além disso, após a formação da semente, também é importante compreender que ela se torna uma estrutura viva e complexa na sua constituição física e química.

Nesta unidade, você também será convidado a solucionar algumas situações práticas que fazem parte do dia a dia de um agrônomo, voltadas para a formação, estrutura e composição química de sementes e grãos de soja. Diante disso, considere a situação em que você trabalha como agrônomo na fazenda do Sr. Antunes, situada na região do Triângulo Mineiro, que possui 800 hectares plantados de soja (*Glycine max* (L.) Merr.). No cultivo da soja, metade é destinada à produção de sementes e a outra metade é destinada à produção de grãos como matéria-prima para produção de biodiesel. Ambos, sementes e grãos, são destinados ao mercado local para comercialização e, preocupado em produzir sementes de qualidade e grãos de soja com teor de óleo adequado ao agronegócio do Biodiesel, o Sr. Antunes solicitou a você que acompanhe três etapas em sua produção de sementes e grãos. A **primeira etapa** será acompanhar o processo de formação das sementes e solucionar alguns problemas apresentados nesta fase de formação. A **segunda etapa** será analisar a estrutura das sementes maduras como parâmetro de qualidade na pureza genética das sementes, e a **terceira etapa**, a composição química dos grãos ao longo da produção. Portanto, ao longo da Unidade 1, acompanharemos essas situações às quais você precisará apontar soluções, e, ao final da terceira etapa do estudo, os apontamentos referentes às etapas de produção deverão ser apresentados ao produtor na forma de um relato técnico. Pronto para o desafio?

Dessa maneira, reflita: o processo de formação das sementes apresenta várias fases, a flor, polinização, fecundação e embriogênese, e todas essas etapas determinam a formação da semente, porém, o que pode acontecer

e ocasionar sementes malformadas? Como o conhecimento das estruturas externas e internas de uma semente poderá auxiliar na identificação de cultivares em campo? E na composição química dos grãos, como o teor de reservas da semente permite que ela possa ser destinada a uma finalidade específica? As respostas a essas indagações estão dispostas ao longo do material e aguardam por você, que as descobrirá e aprenderá como utilizá-las de maneira prática. Avance no estudo!

Esta unidade está dividida em três seções, sendo que, na Seção 1.1, trabalharemos com a formação das sementes, descrevendo os agentes que participam do processo e todo o mecanismo de formação das mesmas para o desenvolvimento do embrião, endosperma e tegumento; na Seção 1.2, veremos a estrutura de uma semente madura e seus principais componentes, e, na Seção 1.3, abordaremos os vários tipos de composição química das sementes. Dessa forma, convido você a mergulhar nestes conteúdos distribuídos em cada seção. Vamos começar?

Formação da semente

Diálogo aberto

Nas flores, órgão de grande importância para a reprodução vegetal, é desenvolvido todo o material para a combinação genética entre duas plantas, como grãos de pólen e óvulos, que, por meio de sua fusão, promovem a fecundação e, a partir daí, gera-se o que denominamos semente. Entretanto, antes de ser gerada uma semente, existem várias etapas a serem percorridas para o sucesso da perpetuação das espécies. Por isso, perceba o quão importante é o processo de formação das sementes do ponto de vista biológico e do ponto de vista de produção para um agricultor.

Lembra-se da propriedade de produção de sementes e grãos de soja do Sr. Antunes? Pois bem, você, agrônomo da fazenda, será responsável por analisar a primeira etapa de produção de sementes, exatamente na fase de formação delas. Aconteceu que, durante visitas periódicas no campo de produção de sementes de soja, o Sr. Antunes constatou que algumas plantas apresentaram sementes malformadas, cujo tegumento externo tinha aspecto enrugado, impossibilitando-as de serem comercializadas. Ao acompanhar a produção, desde a floração, polinização à formação da semente, você verificou, que próximo à fase de maturação das sementes, houve um período de elevadas temperaturas e umidade na região. Diante disso, o Sr. Antunes solicitou a você a investigação das causas do enrugamento das sementes. O que pode ter causado o enrugamento das sementes de soja nesta fase de formação? Como esse problema poderá ser solucionado? Existe alguma forma de evitá-lo?

Lembre-se que, para compreender essa situação, você precisará conhecer a fase de floração das plantas, as condições ideais para polinização e fecundação, assim como a maneira que se desenvolvem o embrião, endosperma e tegumento de uma semente. Sem esses conhecimentos, seria impossível diagnosticar o motivo do enrugamento das sementes de soja, não é mesmo?

Por isso, prossiga! A Seção 1.1 lhe permitirá compreender as partes constituintes das flores, a formação dos gametas femininos e masculinos, como eles serão utilizados nos processos de polinização e fecundação do ovário das flores e, conseqüentemente, possibilitará a compreensão do mecanismo de formação das sementes. Bons estudos!

Não pode faltar

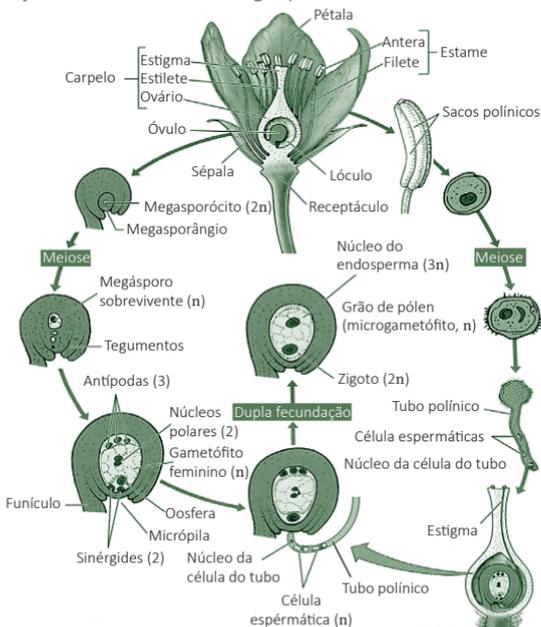
Ao observarmos a natureza, vemos a grande variedade de plantas que produzem flores, frutos e sementes (em jardins, florestas e cultivos agrícolas, essas plantas

estão presentes). De maneira natural, o ciclo de vida de uma planta angiosperma começa com uma semente, pois é a forma de perpetuação mais eficaz, possibilitando às espécies sobreviverem ao longo dos anos.

Contudo, você pode estar se perguntando: como são formadas as sementes? Pois bem, agora, será abordado, passo a passo, todo o mecanismo de formação delas. Começemos, então, falando das plantas Angiospermas, que são um grupo de plantas que produzem sementes, e, para isso, produzem flores como estruturas reprodutivas e frutos. Desse modo, o nome “Angiosperma” deriva das palavras gregas *angeion*, que significa “vaso” ou “recipiente”, e *sperma*, que significa “semente”, ou seja, plantas produtoras de frutos que contêm sementes.

As plantas Angiospermas representam o filo Antófitas, que é conhecido como o maior filo de organismos fotossintetizantes, podendo chegar a 450.000 espécies com grande diversidade nas suas características vegetativas e florais (EVERT et al., 2014, p. 457). O que torna as Angiospermas um grupo de plantas com grande sucesso evolutivo é justamente o fato de apresentarem um ciclo de vida distinto, que vai desde à produção de flores, produção do material genético propagativo e adaptações morfológicas que facilitam os processos de polinização e fecundação, até a formação e dispersão dos frutos. Para melhor compreensão de como as plantas Angiospermas se perpetuam, observe a Figura 1.1, na qual vemos o ciclo de vida delas por meio das fases de reprodução que serão abordadas ao longo deste material.

Figura 1.1 | Ilustração do ciclo de vida das Angiospermas



Fonte: Judd et al. (2009, p.63).

A flor é considerada como um ramo da planta que passou por modificações ao longo da evolução e cujas folhas se diferenciaram especificamente em estruturas de reprodução sexual das plantas, justamente para garantir o sucesso da perpetuação das espécies.

Nessas modificações, surgiram o **androceu** (aparelho reprodutivo masculino) e o **gineceu** (aparelho reprodutivo feminino), e ambos podem estar presentes em uma única flor. Quando presentes em uma única flor, ela é considerada perfeita, completa ou hermafrodita; por outro lado, uma flor pode apresentar apenas o gineceu ou o androceu, sendo considerada apenas como flor feminina ou flor masculina.

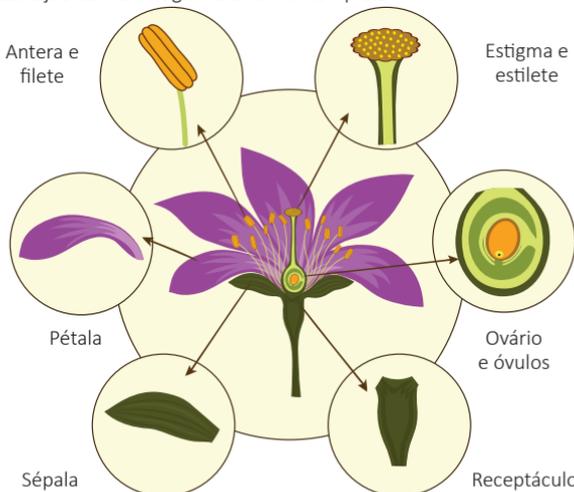


Exemplificando

Algumas plantas podem possuir flores hermafroditas ou somente femininas e masculinas. Por exemplo, o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duchesne ex Rozier), a macieira (*Malus domestica* (Suckow) Borkh.) e a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) produzem flores hermafroditas, enquanto a abóbora (*Cucurbita pepo* L.) produz flores femininas, chamadas de flores pistiladas, por possuírem apenas pistilo, e flores masculinas, chamadas de estaminadas, por possuírem apenas estames.

Para compreender a reprodução das plantas, vamos entender sobre a morfologia e a função do androceu e gineceu de uma flor. Para isso, acompanhe a Figura 1.2, que demonstra as partes constituintes de uma flor.

Figura 1.2 | Ilustração da morfologia de uma flor completa



Fonte: iStock.

Como pode ser visualizado na Figura 1.2, a flor apresenta como estrutura de suporte uma haste, chamada de pedicelo, que liga a flor ao ramo da planta. Na estrutura terminal do pedicelo, o mesmo modificou-se em uma estrutura, chamada de receptáculo floral, que suporta todas as estruturas das flores: sépalas, pétalas, androceu e gineceu. As sépalas, chamadas também coletivamente de cálice, compõem a região externa da flor e podem variar em número, aspecto e coloração. Normalmente, servem de proteção às outras partes florais, mas também podem ser atrativas aos polinizadores, apresentando tecido com aspecto mais folioso quando comparado às pétalas. As pétalas, conhecidas coletivamente como corola, além de servirem como proteção às flores, ganham destaque por serem atrativas aos polinizadores, possuindo cores vistosas, produzindo compostos voláteis como atrativo e, ainda, podendo possuir os chamados canais de néctar, estruturas visíveis com colorações específicas, que indicam para os polinizadores a disponibilidade de néctar na flor.

Diante disso, não ficam dúvidas de que as estruturas externas da flor, sépalas e pétalas, além da função de proteção, também desempenham um papel muito importante ao atrair polinizadores, grandes responsáveis por promover a reprodução das plantas. Contudo, veremos adiante um pouco mais sobre o serviço de polinização promovido pelos polinizadores.

Falando um pouco mais da flor, agora, veremos sobre o androceu e o gineceu, por isso, acompanhe a Figura 1.2. O androceu, considerado como o aparelho reprodutivo masculino das flores, apresenta a antera (responsável por produzir os grãos de pólen), o filete (estrutura de suporte às anteras) e o conectivo (estrutura que une o filete na antera). Juntos, antera, filete e conectivo formam os estames. Os grãos de pólen se originam dentro da antera e possuem células contendo o material genético masculino. Uma flor pode apresentar todo um conjunto de anteras e filetes, que, normalmente, circundam o gineceu e podem se posicionar de diferentes maneiras nas flores, facilitando (ou não) a deposição de pólen, das anteras para o gineceu de uma mesma flor.

Já o gineceu, também conhecido como pistilo, considerado como o aparelho reprodutivo feminino das flores, apresenta em sua estrutura o estigma, o estilete, o ovário e os óvulos. Vamos conhecê-los com mais detalhes? O estigma é a porção superior do gineceu, que normalmente é dilatada e possui a função de receber os grãos de pólen que são depositados sobre ele. O estilete é um canal que liga o estigma ao ovário e possui a função de conduzir o material genético do grão de pólen para dentro do ovário. O ovário pode estar presente em número de um ou mais na flor e possui em seu interior os óvulos, constituídos por células que contêm o material feminino da flor (Figura 1.2).

Agora que conhecemos a flor, que tal conhecermos como as sementes são formadas? Mas, antes disso, ainda precisamos compreender como são originados os grãos de pólen e o saco embrionário, já que eles estão diretamente relacionados à formação das sementes. Vamos lá?

A **microsporogênese** e **gametogênese masculina** dizem respeito à formação dos grãos de pólen dentro das anteras (Figura 1.1) e, conseqüentemente, dos gametas masculinos. As anteras fazem parte do androceu e, normalmente, cada antera é dividida em duas partes, chamadas de tecas, sendo que cada teca possui duas estruturas chamadas de sacos polínicos (é dentro desta estrutura que existe uma célula-mãe do grão de pólen). A célula-mãe do grão de pólen passa pelo processo de meiose, gerando células haplóides. Cada uma das células haplóides, ao serem produzidas, são envoltas por uma parede celular, constituindo-se o grão de pólen, propriamente dito. Essa parede celular é dupla, uma interna (intina) e outra externa (exina), possui a função de proteção do material genético e a função de poder se fixar nos estigmas das flores, pois apresentam uma superfície rugosa e muitas vezes com pontas, que funcionam como fixação no estigma durante o processo de polinização.

Por outro lado, a **megasporogênese** e **gametogênese feminina** dizem respeito à formação da oosfera e dos núcleos polares do saco embrionário (Figura 1.1). O ovário possui o saco embrionário com uma célula-mãe, e essa célula-mãe sofre meiose, produzindo quatro células haplóides, chamadas de megásporos. Dentro do saco embrionário, ocorre que apenas um megásporo (aquele que for considerado mais resistente) permanece vivo, os outros são degenerados, como uma seleção evolutiva do mais resistente. O megásporo remanescente sofre divisões consecutivas, gerando oito núcleos, os quais se organizam dentro do saco embrionário em dois grupos de quatro núcleos, dispostos em regiões distintas na célula. Um núcleo de cada um dos grupos migra para o centro da célula, formando os núcleos polares. Três núcleos formam a oosfera e duas sinérgidas, enquanto, do lado oposto, três núcleos formam as antípodas. Toda essa estrutura forma o saco embrionário. Mas, vamos compreender então, qual a importância da oosfera e dos núcleos polares? Eles serão fecundados pelos núcleos dos gametas masculinos durante o processo de fecundação, que veremos mais adiante.



Assimile

Para melhor compreensão do que vimos até agora, vamos entender melhor os seguintes conceitos:

Microsporogênese – é o processo de formação dos micrósporos (esporos contendo o material genético masculino, conhecido como grão de pólen) dentro das anteras do androceu.

Gametogênese masculina – com a formação do grão de pólen, o seu núcleo sofre mitose, dando origem a dois núcleos, um denominado vegetativo e o outro reprodutivo. Posteriormente, o núcleo reprodutivo passa pelo processo de mitose, gerando dois núcleos gaméticos masculinos. Dessa forma, esses núcleos serão responsáveis pela fecundação da oosfera e dos núcleos polares do saco embrionário do gineceu.

Megasporogênese – é o processo de formação dos megásporos (esporos contendo o material genético feminino) dentro do saco embrionário do gineceu.

Gametogênese feminina – é compreendida como o processo de meiose do megásporo e posterior formação da oosfera, núcleos polares, sinérgidas e antípodas.

Agora que vimos a importância das flores, sua morfologia, a formação dos gametas masculinos e da oosfera, vamos juntar esses conhecimentos para compreender os processos de polinização e fecundação?

“A polinização é conceituada como o processo de transferência do grão de pólen da antera para o estigma da flor” (PATTERMORE, 2017, p. 309). Ela pode ser feita na mesma flor ou de uma flor para outra, como polinização cruzada. Portanto, vamos compreender alguns aspectos gerais sobre a transferência dos grãos de pólen para o estigma.

Quando se fala de polinização, é importante salientar que o transporte do grão de pólen pode ser feito por diferentes meios, ou seja, são vários os agentes promotores da polinização. O vento é um dos grandes dispersores de grãos de pólen, podendo levá-los a longas distâncias, sendo que esse processo recebe o nome de **anemofilia**. A gravidade também promove a polinização, pois quando as anteras se abrem (o que chamamos de deiscência da antera) são liberados grãos de pólen, que, pela força da gravidade, podem cair e ser depositados no estigma das flores. Essa polinização promovida pela gravidade promove a **autopolinização** e pode ocorrer, principalmente, nas flores hermafroditas.

Agora, vamos ao tipo de polinização mais efetiva, aquela de maior importância ecológica para as plantas: a polinização promovida pelos insetos polinizadores, denominada de **entomofilia**. Dentre os insetos polinizadores, aqueles que frequentam flores em busca de néctar ou pólen, encontramos diferentes grupos: himenópteros (abelhas, vespas e formigas), coleópteros (besouros), lepidópteros (borboletas e mariposas) e dípteros (moscas). As plantas são visitadas por esses grupos de insetos porque o pólen e néctar são fontes alimentares para eles. O néctar é fonte de energia, por apresentar açúcares como sacarose, glicose e frutose. Já o pólen é rica fonte de proteínas, amido, vitaminas, entre outros compostos. Então,

é possível compreender que a polinização promovida pelos insetos, na verdade, faz parte da coevolução de insetos e plantas, pois as flores precisam ser polinizadas como forma de perpetuação das espécies, enquanto os insetos necessitam de fontes alimentares para sobreviverem.



Assimile

Você já pensou na importância dos insetos polinizadores para as plantas? Pois bem, estima-se que aproximadamente 300.000 espécies de plantas dependem de insetos polinizadores para se reproduzirem, demonstrando o importante papel deles na manutenção da biodiversidade. E, das culturas agrícolas alimentares, aproximadamente 75% dependem de polinizadores (KLEIN et al, 2007; OLLERTON, 2011).

Entre todos estes grupos de insetos, será que tem algum que se destaca com relação aos demais? Sim, e são as abelhas! Elas são reconhecidas como os principais agentes polinizadores. Quando visitam as flores em busca de recursos alimentares, ao tocarem nas anteras, os grãos de pólen das flores ficam aderidos ao seu corpo, visto que a maioria das abelhas possuem pelos no corpo; dessa maneira, elas conseguem transportar o pólen entre diferentes plantas. Ao visitarem outra flor, o grão de pólen se desprende de seu corpo e pode ser depositado sobre o estigma da flor, promovendo a polinização. Outra forma de contribuição das abelhas na polinização, é permitir o transporte de pólen das anteras para os estigmas de uma mesma flor. Isso acontece quando a abelha se movimenta sobre a flor, normalmente com movimentos circulares que promovem a distribuição de pólen das anteras para o estigma.



Exemplificando

Para exemplificar a importância dos movimentos circulares das abelhas sobre as flores e sua implicação sobre a polinização, lembre-se das abelhas conhecidas popularmente como mamangavas, do gênero *Xylocopa*, polinizadoras do maracujazeiro (*Passiflora* spp.). Seu corpo robusto permite a polinização eficiente por meio dos movimentos circulares, transferindo os grãos de pólen das anteras para os estigmas das flores.



Saiba mais

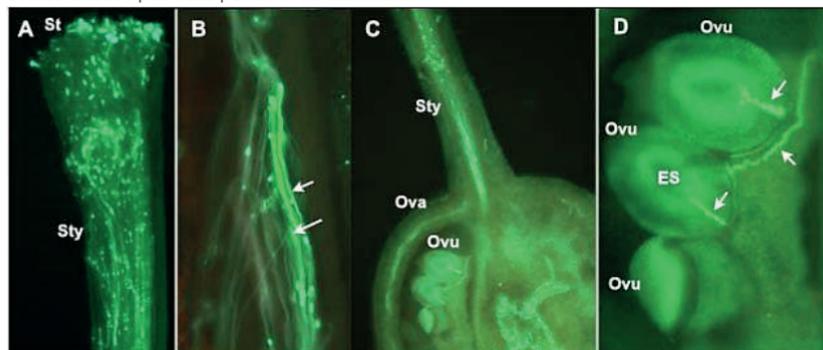
Quer saber mais sobre a importância das abelhas para a agricultura? Para isso, saiba mais em:

WITTER, S. et al. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014, p. 17-32.

Tendo em vista que as abelhas são consideradas as principais agentes polinizadoras, elas têm sido manejadas cada vez mais em cultivos agrícolas, visando o aumento da polinização e, conseqüentemente, da produção agrícola (BARTOMEUS et al., 2014, p.13). É comum o incremento de colmeias manejadas nos cultivos agrícolas para o serviço de polinização, tais como as abelhas *Apis mellifera*, no morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duchesne ex Rozier) (ZAPATA et al., 2014, p. 85) e *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona scutellaris*, no pimentão (*Capsicum annuum* L.) (ROSELINO et al., 2010, p. 154), por exemplo. Além disso, também se adotam práticas de manejo nas culturas agrícolas que permitem maiores visitas das abelhas às flores, como redução no uso de agrotóxicos e diversificação dos tipos de cultivos, favorecendo a diversidade de polinizadores (VIANA et al., 2015, p. 25).

Considerando que o grão de pólen já foi transportado e encontra-se sobre o estigma, agora ocorre outro processo muito interessante, o processo da fecundação dos óvulos contidos no ovário. Vamos conhecê-lo? Quando o grão de pólen é depositado sobre o estigma, normalmente, ele encontra condições favoráveis para germinar. É isso mesmo: o grão de pólen germina! Acontece que a superfície do estigma possui condições favoráveis à germinação do grão de pólen, como umidade e pH. Essa germinação ocorre com a formação de um **tubo polínico** (que é um conjunto de células que se dividem) que cresce através do estilete do gineceu, até que o mesmo alcance o ovário da flor (Figura 1.3).

Figura 1.3 | Formação do tubo polínico do grão de pólen do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e fecundação do ovário. (A) Tubo polínico crescendo sobre o estigma; (B) Detalhes do tubo polínico descendo pelo estilete; (C) Tubo polínico adentrando no ovário; (D) Detalhes de três óvulos e tubos polínicos penetrando nos óvulos



Fonte: <http://www.vcbio.science.ru.nl/en/virtualllessons/pollenfertilization/>. Acesso em: 23 ago. 2018.

Dentro deste âmbito, o conceito de **fecundação** pode ser compreendido como:

“O rompimento de uma das extremidades do tubo polínico, com liberação dos gametas masculinos, depositando-os dentro do ovário. A partir de então, ocorre a união dos gametas masculino e feminino, de maneira a formar um ovo fecundado ou **zigoto**. (FILHO, 2015, p.31)

Agora que vimos todo o pano de fundo necessário para compreender a formação da semente, chegamos ao ponto crucial desta seção: como são formadas as sementes e suas partes constituintes? A formação da semente ocorre logo após a fecundação da oosfera (célula ovo) e dos núcleos polares contidos no saco embrionário do óvulo. Lembra-se dos dois núcleos do grão de pólen gerados na gametogênese masculina? Ocorre que um desses núcleos fecunda o núcleo da oosfera, formando um **zigoto**, enquanto o outro núcleo do grão de pólen fecunda os dois núcleos polares do saco embrionário, formando o **núcleo do endosperma** (Figura 1.1).

Então, o zigoto formado dentro do saco embrionário do óvulo é envolto por uma parede celular e ocorrem diversas divisões celulares, dando início à **embriogênese**, ou seja, ao desenvolvimento do embrião da semente. Lembre-se que esse processo se dá pela via sexuada, visto que ocorre a união dos gametas masculino e feminino.

À medida que ocorrem as divisões celulares, a arquitetura do embrião se torna mais complexa, até que, ao final da embriogênese, haverá um embrião pluricelular com potencial para formar uma planta completa, com as seguintes partes constituintes: radícula, hipocótilo, cotilédono(s) e plúmula. Porém, a morfologia do embrião da semente será assunto para a Seção 1.2, portanto, foque agora a formação da semente como um todo.

Contudo, é necessário destacar que a embriogênese é apenas uma parte da formação da semente, já que também fazem parte do processo a formação do endosperma e dos tegumentos. Pois bem, então, como são formados o endosperma e os tegumentos das sementes?

No momento da liberação dos gametas masculinos do tubo polínico para dentro do ovário da flor, um desses gametas masculinos fecunda os núcleos polares, gerando o núcleo do endosperma por meio da fusão tripla. O endosperma da semente é oriundo justamente dessa fusão tripla. E os tegumentos da semente, como são formados? Após o processo de fecundação, os tegumentos do óvulo fecundado são reaproveitados e se tornam os tegumentos da semente.

Vamos, aqui, abrir um parêntese para falar que, em algumas plantas, pode acontecer a formação do embrião e endosperma pela via assexuada, o que chamamos de **apomixia**, ou seja, não há união dos gametas feminino e masculino, pois a formação do embrião e endosperma ocorre pela diferenciação do tecido materno, sem prévia fecundação da oosfera. De maneira simplificada, é possível dizer que, na apomixia, o embrião se desenvolverá a partir da oosfera, por meio de partenogênese (ausência de fecundação), e o endosperma, por meio dos núcleos polares, dessa forma, o embrião e o endosperma possuirão apenas o material genético materno. Do ponto de vista agrônômico, a apomixia se faz presente em algumas gramíneas forrageiras, como as espécies *Panicum maximum* Jacq. e *Brachiaria decumbens* Stapf.



Refleta

Então, existe também a formação do embrião e do endosperma sem o processo de fertilização pela apomixia. Já parou para pensar como esse conhecimento pode ser utilizado na clonagem de plantas por sementes, em que apenas as características da planta-mãe serão herdadas pelas sementes? Reflita sobre quanto a apomixia pode ser útil à agricultura a partir de sementes que contêm as mesmas características da planta-mãe.

Portanto, vimos até aqui como se forma cada parte constituinte de uma semente e todo o processo necessário à sua formação: desde a flor e suas partes constituintes até polinização, a fecundação e a embriogênese. Entretanto, para todas essas etapas acontecerem com perfeição, a planta não poderá passar por nenhum tipo significativo de estresse, seja ele hídrico, térmico, fitossanitário (ocasionado por pragas e doenças), etc., podendo ocasionar problemas na fase de formação da semente. Por exemplo: se a temperatura e a umidade relativa do ar não estiverem adequadas, os grãos de pólen podem não germinar e não haverá a formação do tubo polínico, assim como o estigma das flores não se tornará receptivo ao grão de pólen, já que os estigmas também necessitam de condições apropriadas para funcionarem de maneira adequada. O mesmo vale para a fase de formação do embrião, endosperma e dos tegumentos, pois estresses ambientais – como os citados – também podem ocasionar a má formação dessas partes constituintes da semente.

Lembre-se: durante a formação das sementes tudo estará interligado à planta-mãe, e, portanto, qualquer estresse a que ela for submetida afetará diretamente as sementes. Desse modo, é possível “fugir” de períodos com condições adversas, por exemplo, elevadas temperaturas e déficit hídrico, fazendo a semeadura em épocas adequadas para que, na fase de formação das sementes, as plantas não sejam submetidas a tais condições adversas.

Além disso, existem inúmeras cultivares de plantas que apresentam uma certa tolerância a determinadas condições ambientais adversas, permitindo, assim, que a formação das sementes não seja prejudicada.



Refleta

As culturas agrícolas podem passar por diferentes tipos de estresse durante a fase de formação das sementes, conhecidas pelos produtores como veranicos, tais como uma elevação da temperatura a níveis extremos para determinada espécie de planta.

Na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), a oscilação da umidade e as altas temperaturas na fase de formação e enchimento das sementes promovem irregularidades nelas, condicionadas pelas sucessivas expansões e contrações no volume das sementes (NETO et al., 2016), ocorrendo a ruptura do tegumento e dos tecidos embrionários das sementes (HUTH, 2015). Diante disso, você consegue pensar em outros fatores, durante a formação das sementes, que podem ocasionar sua má formação?

Nesta primeira seção da unidade, você aprendeu todo o processo de formação das sementes. Portanto, convido-o à Seção 1.2, na qual estudaremos a estrutura das sementes. Espero você lá!

Sem medo de errar

Durante a fase de formação das sementes, ocorrem diferentes etapas, que percorrem desde a floração até a sua completa formação. Considerando que a planta está submetida a condições ideais de umidade relativa do ar, temperatura, pluviosidade, fitossanitárias, entre outras, há possibilidade de as sementes apresentarem-se bem formadas, sem qualquer alteração em sua estrutura.

Lembre-se da situação do Sr. Antunes, pois, na primeira etapa de produção das sementes de soja, algumas plantas apresentaram sementes malformadas e com o tegumento externo da semente com aspecto enrugado. Como profissional agrônomo, você precisou fazer uma investigação das causas do enrugamento das sementes na fase de formação, apontar como esse problema poderá ser solucionado e como pode ser evitado na propriedade do Sr. Antunes.

Ao investigar, você percebeu que houve, durante a fase de formação das sementes, um período de temperaturas elevadas e umidade na região, e conseguiu concluir, para o caso da cultura da soja, que, na fase de formação das sementes, as elevadas temperaturas e grandes variações na umidade do

ar podem fazer com que o tegumento da semente em formação expanda-se e contraia-se, ocasionando rupturas nele, sendo que essas rupturas dão o aspecto do enrugado das sementes de soja. Além disso, o enrugamento das sementes altera negativamente sua qualidade fisiológica, pois as células que constituem o embrião também serão afetadas. Na fase de formação das sementes, as mesmas estão na etapa de enchimento, ou seja, plena expansão das células do tegumento, endosperma e embrião, necessitando de temperaturas constantes para não ocasionar danos às sementes. Uma vez que as sementes já se apresentam com anormalidade, não há o que fazer com as mesmas, pois elas perdem seu valor de comercialização. Entretanto, existem, disponíveis no mercado, cultivares de soja tolerantes a essas condições ambientais, não permitindo que as sementes apresentem enrugamento, e essas cultivares podem ser utilizadas na propriedade do Sr. Antunes. Caso não haja disponibilidade de cultivares tolerantes, a melhor forma de evitar esse problema seria plantar em um período do ano em que não haja essas condições de temperaturas elevadas e umidade oscilando durante a fase de formação das sementes.

Diante disso, inicie a produção do relato técnico sobre o problema de enrugamento das sementes de soja apresentado na etapa de formação das mesmas, apontando as possíveis soluções para o problema verificado no campo. Bom trabalho!

Avançando na prática

Morangos perfeitos

Descrição da situação-problema

Um produtor de morangos, no interior do estado de São Paulo, percebeu que, ultimamente, seus frutos de morango estão apresentando algumas deformidades. O problema é que essas deformidades normalmente diminuem o valor do produto, pois o consumidor quer morangos perfeitos, ou seja, bem formados e grandes. Você foi convidado por esse produtor a apresentar uma explicação a respeito do motivo pelo qual os morangos estão apresentando deformidades. Então, ao estudar mais sobre o morangueiro, você verificou que o morango, na verdade, é um pseudofruto, ou seja, o receptáculo da flor origina a porção suculenta do morango e aqueles pontos escuros dispostos em toda a superfície do morango são os aquênios resultantes dos processos de polinização e fecundação. Além disso, também verificou que a flor do morangueiro apresenta vários estigmas e, ainda, várias anteras, estando elas dispostas ao redor dos estigmas.

A partir dessa situação, pense no processo de polinização necessário para a fecundação dos ovários de tantos estigmas. Como as deformações no morango podem estar relacionadas à polinização e à fecundação? Uma polinização deficiente pode gerar frutos deformados? Qual solução você apresentará ao produtor de morangos para o problema da deformação?

Resolução da situação-problema

Para identificar o motivo da deformação dos frutos do morangueiro, você precisará repensar, de maneira geral, os processos de polinização e fecundação dos ovários de uma flor. Agora, lembre-se que a flor do morangueiro possui vários estigmas que necessitam ser polinizados. Tendo em vista que as formações do aquênio só ocorrerão se houver polinização e fecundação, a deformação está relacionada a uma polinização deficiente ou ao processo de fecundação anormal. Caso não ocorra a fecundação de alguns dos estigmas, não haverá formação do aquênio, e, justamente nesse lugar, o receptáculo floral não crescerá, ocasionando deformações. Portanto, no morangueiro, a ausência de polinização e fecundação adequadas será sinal de deformações nos frutos. Diante dessa situação, poderá ser apresentado ao produtor o incremento de insetos polinizadores em sua propriedade, visto que eles são os maiores responsáveis pelo processo de polinização, agregando qualidade aos frutos nos quesitos peso e boa formação. O incremento de polinizadores poderá ser realizado pelo manejo adequado no cultivo, permitindo maior visitação das abelhas nas plantas, por exemplo, não aplicar produtos tóxicos às abelhas nos momentos de maior visitação às flores. Uma outra alternativa pode ser levar colmeias de abelhas manejadas para a propriedade; para isso, há inúmeras espécies de abelhas que têm sido utilizadas em cultivos agrícolas para o incremento do serviço de polinização, como a *Apis mellifera*.

Faça valer a pena

1. O processo de formação das sementes é complexo e depende de vários fatores. Como pano de fundo, é preciso compreender a morfologia das flores para chegar ao entendimento de como ocorre o processo, visto que as flores são as responsáveis pela propagação sexuada das plantas. Contudo, não basta apenas compreender a morfologia da flor, mas todo o mecanismo que se desenvolve dentro dela para promover a formação das sementes.

Em ordem de acontecimentos, quais são as partes que compõem o processo de formação sexuada das sementes?

- a) Fecundação, polinização, floração, embriogênese e formação do endosperma e tegumento, respectivamente.
- b) Floração, polinização, embriogênese, formação do tegumento e endosperma e fecundação, respectivamente.
- c) Polinização, floração, fecundação, embriogênese e formação do endosperma e tegumento, respectivamente.
- d) Floração, polinização, embriogênese, fecundação e formação do tegumento e endosperma, respectivamente.
- e) Floração, polinização, fecundação, embriogênese e formação do endosperma e tegumento, respectivamente.

2. Sabe-se que a formação da semente por meio sexuado, com a fusão dos gametas masculino e feminino, ocorre justamente pelos processos de polinização e fertilização. Por isso, nas culturas agrícolas, maiores serviços de polinização podem incrementar positivamente o peso e formato das sementes, além de propiciar maiores teores de determinados compostos, por exemplo, o óleo.

Qual o melhor tipo de polinização quanto ao aumento de variáveis desejáveis nas sementes, como produção, peso e qualidade?

- a) Autopolinização entre flores masculinas e femininas em uma mesma planta.
- b) Autopolinização em flores hermafroditas.
- c) Polinização cruzada promovida pela entomofilia.
- d) Polinização cruzada promovida pela anemofilia.
- e) Polinização cruzada promovida pela gravidade.

3. A formação dos grãos de pólen e dos óvulos nas anteras e ovários das flores, respectivamente, é um processo complexo. Para compreensão da sua formação, é necessário compreender a morfologia do androceu e gineceu das flores, além de saber como ocorrem as divisões celulares.

Assinale a única alternativa que traz o local exato na flor em que são formados os grãos de pólen e oosfera:

- a) Receptáculo floral e estigma.
- b) Filete e ovário.
- c) Célula mãe do grão de pólen e célula mãe do óvulo.
- d) Saco polínico e saco embrionário.
- e) Tecas e estilete.

A estrutura da semente

Diálogo aberto

Olá, aluno! A partir de agora, vamos abordar as partes constituintes da semente, tais como os tegumentos, o tecido de reserva e o eixo embrionário, sendo que, para isso, veremos um pouco da morfologia delas e como podemos aplicar esses conhecimentos na área de tecnologia de produção.

Para nos auxiliar nessa jornada, vamos voltar até a fazenda do Sr. Antunes, em que você trabalha como agrônomo e necessita resolver algumas situações práticas encontradas nessa propriedade que estão relacionadas à produção de sementes e grãos de soja (*Glycine max* L. Merrill). O Sr. Antunes lhe solicitou fazer uma amostragem em campo para verificar a pureza varietal das sementes produzidas, isso porque ele observou que elas apresentaram diferentes tonalidades na cor do hilo, além de coloração e textura do tegumento atípicas. Preocupado com a qualidade das sementes, o Sr. Antunes lhe questiona: diante de um ambiente de produção homogêneo, o que pode ter acontecido no campo de produção para que tenham ocorrido sementes atípicas? E quais critérios da estrutura externa da semente você utilizará para indicar a pureza varietal dessas sementes?

Para que você chegue à conclusão das possíveis causas do problema, antes, precisará conhecer as partes constituintes da semente, desde os tegumentos, o tecido de reserva e o eixo embrionário. Além disso, não se esqueça do que aprendemos na aula anterior, pois os temas polinização e fertilização poderão ser aplicados aqui também.

Assim, fique atento ao que vamos estudar! Nesta aula, você mergulhará em uma semente e irá descobrir o que ela possui em seu interior, além das suas características exteriores. Siga adiante nesta descoberta!

Não pode faltar

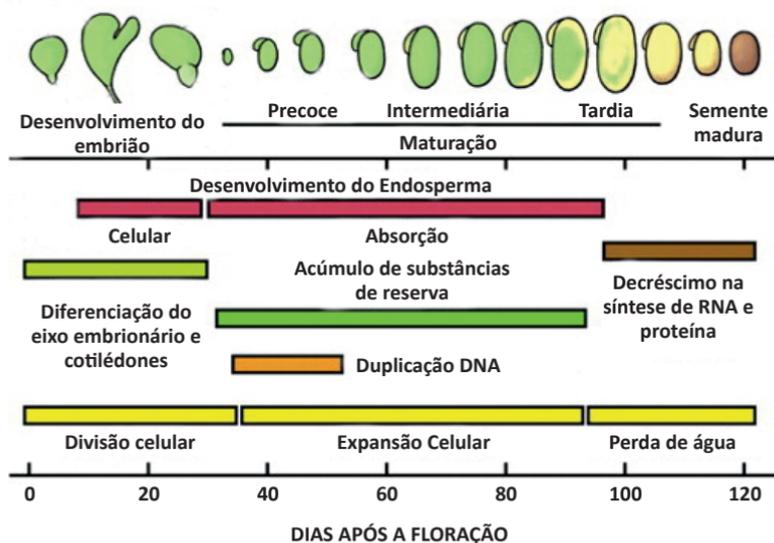
Na aula anterior compreendemos todo o processo de formação das sementes e vimos que não é algo tão simples assim, não é mesmo? A partir de agora, com a semente já formada, vamos adentrá-la e descobrir suas partes constituintes. Sigamos em frente!

Antes de compreendermos as partes constituintes de uma semente, precisamos definir o que é uma **semente madura**, ou seja, em que momento ela estará completamente formada. A semente madura é compreendida quando

cessam os processos de divisão e expansão celular e já tiverem passadas as fases de maturação inicial, intermediária e tardia (EVERT et al., 2014). Vamos entender melhor? Para isso, acompanhe a Figura 1.4. Durante a embriogênese há intensa divisão celular, já que o embrião está sendo formado com todos os órgãos primordiais da planta futura. Ao mesmo tempo, o endosperma se desenvolve e, a partir de então, ocorre o fluxo contínuo de nutrientes da planta-mãe para a semente, constituindo a reserva alimentar da semente em desenvolvimento. Por fim, à medida que a semente passa da fase de desenvolvimento até a sua maturação final, há o desenvolvimento do tegumento da semente, que, cada vez mais, torna-se enrijecido, como uma “capa protetora” para ela.

Observe na Figura 1.4 o momento em que há separação entre a fase de desenvolvimento (processo de maturação) da semente e a etapa em que ela se encontra madura, que é justamente quando ela está “completamente formada e sofre dessecação, ou seja, perda de água para o meio circundante, diminuindo o seu metabolismo interior, com o objetivo do embrião permanecer viável por longo período” (EVERT et al., 2014, p. 532). Contudo, mais detalhes sobre a maturação da semente serão trazidos na Seção 2.1. Neste momento, só precisamos entender a definição de semente madura para compreendermos as suas partes constituintes.

Figura 1.4 | Representação esquemática do desenvolvimento da semente de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill)



Fonte: adaptada de Le et al. (2007).

Dentro desse contexto, a semente madura possui, no mínimo, duas partes constituintes: o **embrião** e os **tegumentos** (FILHO, 2015). Uma terceira parte, que compõe o tecido de reserva, contempla o **endosperma** e pode estar presente ou não na semente, contudo, logo mais abordaremos essa peculiaridade. Agora, veremos com mais detalhes cada uma das partes constituintes da semente madura. Para isso, que tal começarmos falando sobre o tegumento?

O tegumento, ou envoltório da semente, é originário do tegumento do óvulo após a fecundação, ou seja, com a fecundação do óvulo, o seu tegumento é reaproveitado e passa por sucessivas divisões e alongamento celular, formando, dessa forma, o tegumento da semente. Todavia, o óvulo possui tegumentos, externo e interno, conhecidos como primina e secundina, respectivamente, os quais constituirão os tegumentos da semente. Então, quer dizer que na semente existe mais de um tegumento? Sim, existem dois tegumentos, sendo que o externo recebe o nome de **testa** e o interno de **tégmen** (Figura 1.5), e são justamente os tegumentos dos óvulos, os quais foram reaproveitados.

À medida em que a semente chega ao final da maturação, nos tegumentos há deposição de alguns compostos, como lignina, súber, cutina e pigmentos, conferindo características aos tegumentos, como rugosidade, consistência, coloração, pilosidade, entre outras. É justamente devido à deposição no tegumento de alguns compostos que ele desempenha a função de camada protetora ao embrião, representando uma barreira física entre a semente e o ambiente externo.

Dessa maneira, é possível afirmar, segundo Filho (2015) que o tegumento, além de promover a proteção do embrião ao ambiente externo, também desempenha as seguintes funções:

- a) Atua na germinação, pois determina o momento em que a semente poderá germinar ou não, mesmo na presença de fatores ambientais favoráveis (água, oxigênio, temperatura, luz). Em uma condição ambiental favorável à germinação, algumas

Figura 1.5 | Tegumentos externo (testa) e interno (tégmen) da semente de *Passiflora ligularis* Juss



Fonte: adaptada de Cárdenas-Hernández et al. (2011).

sementes possuem o tegumento permeável (à água e ao oxigênio – por exemplo), fator esse que é determinante para o sucesso germinativo. Entretanto, existe um grupo de sementes, denominadas de dormentes, que não conseguem iniciar o processo germinativo porque o tegumento das mesmas é fortemente impermeável, ou seja, água e oxigênio não conseguem permeá-lo e adentrar nas sementes.

- b) Regula, quando permeável, a velocidade de entrada de água e as trocas gasosas na semente em níveis adequados ao processo metabólico germinativo.

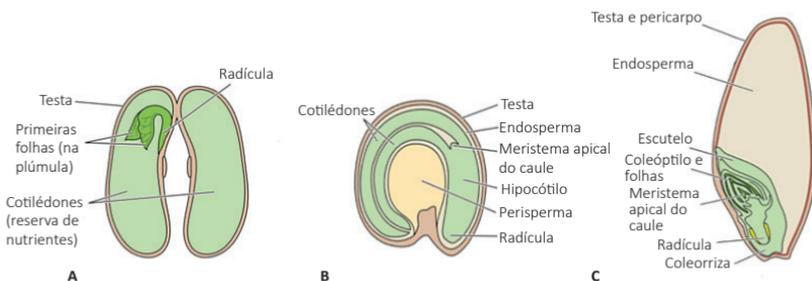
Bem, agora que vimos, em linhas gerais, a constituição do tegumento das sementes, assim como suas funções no processo metabólico delas, vamos adentrar um pouco mais na semente e compreender sobre o eixo embrionário, assim como suas partes constituintes.

Você se lembra do processo de embriogênese apresentado na aula anterior? Esse processo gera o embrião, que, quando atingir sua maturidade, possuirá em sua estrutura todas as partes necessárias à formação de uma planta futura, contidas no eixo embrionário. Mas, que partes são essas?

O eixo embrionário é composto por radícula, hipocótilo, cotilédone(s) e plúmula. Acompanhe a Figura 1.6 para melhor compreensão. A **radícula** contém o meristema apical da raiz, sendo considerada a raiz rudimentar, enquanto o **hipocótilo** é o eixo caulinar, estrutura de sustentação para a futura plântula, que está situado entre a radícula e os cotilédones. Já os **cotilédones**, considerados como as primeiras folhas embrionárias, porém, não verdadeiras, possuem uma peculiaridade: as sementes podem apresentar apenas um cotilédone (monocotiledônea), como o Trigo (*Triticum aestivum* L.), ou dois cotilédones (eudicotiledônea), como o Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e a beterraba (*Beta vulgaris* L.), sendo inserido acima do hipocótilo. A **plúmula** constitui o meristema apical do caule, é o broto vegetativo que originará, na planta futura, o caule, os ramos e as folhas.

Além dessas estruturas, algumas sementes de cereais, a exemplo do trigo (*Triticum aestivum* L.), desenvolveram algumas estruturas específicas (Figura 1.6 (B)), como: **Escutelo** (considerado como uma modificação do cotilédone, constituindo-se em órgão de absorção e localizado entre o embrião e o endosperma); **Coleóptilo** (extensão do escutelo; cobre e protege as primeiras folhas após a germinação) e **Coleorrizo** (extensão do hipocótilo; forma uma bainha protetora ao redor da radícula) (TAIZ et al., 2017).

Figura 1.6 | Estrutura das sementes de monocotiledônea e eudicotiledôneas com ênfase no eixo embrionário. (A) Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.); (B) beterraba (*Beta vulgaris* L.); (C) trigo (*Triticum aestivum* L.)



Fonte: adaptado de Taiz et al. (2017).



Assimile

O eixo embrionário pode apresentar um ou dois cotilédones, sendo, portanto, a espécie classificada como **monocotiledônea** ou **eudicotiledônea**. Essa classificação é justamente das duas maiores classes das plantas Angiospermas, *Monocotyledonae* e *Eudicotyledonae*, sendo a principal diferença entre elas o número de cotilédones na semente, um ou dois, respectivamente.

As sementes, de maneira geral, além dos tegumentos e eixo embrionário, possuem, na sua constituição, tecidos de reservas, em que estão estocados todos os nutrientes necessários ao desenvolvimento do embrião, os quais serão utilizados no processo germinativo da semente (abordaremos esse tema na Seção 2.2).

Os tipos de reservas estocadas nas sementes podem ser: carboidratos, proteínas, lipídeos, entre outros compostos. O tipo de reserva e o seu percentual contido nas sementes variam de acordo com a espécie vegetal, contudo, sabe-se que cada espécie (ou mesmo cultivares) tem diferentes teores de reservas em sua constituição.



Exemplificando

Nas sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e arroz (*Oryza sativa* L.), os carboidratos são os principais compostos de reserva, ou seja, estão presentes em quantidades elevadas, enquanto em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) há elevado teor de lipídios, como composto de reserva.

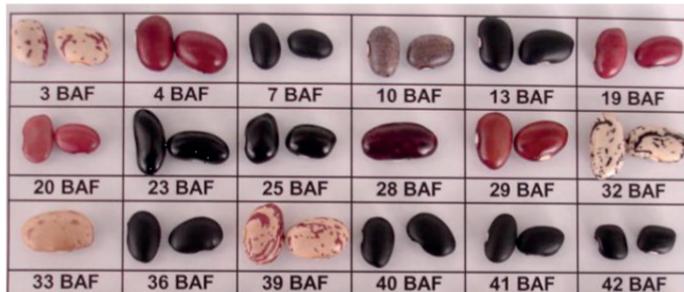
Nesse âmbito, o tecido de reserva nas sementes, normalmente, é composto por células situadas no espaço que não é ocupado pelo embrião, recebendo a denominação **endosperma** (Figura 1.6). Contudo, algumas sementes podem ter endosperma ausente, ou seja, as reservas ficam alojadas em outro lugar, exatamente no(s) **cotilédone(s)**. Desse modo, sementes que armazenam suas reservas no endosperma são denominadas **albuminosas**, enquanto sementes que armazenam suas reservas no(s) cotilédone(s) são denominadas **exalbuminosas**. Além disso, algumas sementes têm o **perisperma**, um tipo de tecido derivado do núcleo que acumula reservas, como a beterraba (*Beta vulgaris* L), que armazena suas reservas no perisperma.

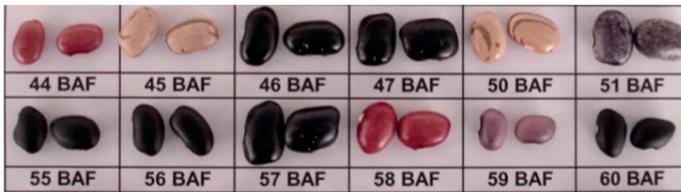
Diante das características do tegumento externo, tecido de reserva e eixo embrionário das sementes (apresentados previamente), veremos, agora, algumas especificações agronômicas quanto a cada um deles.

No tegumento externo, vimos que, quando a semente se aproxima de sua maturidade, na testa há deposição de compostos - apresentados anteriormente - que conferem ao tegumento rugosidade, consistência e coloração, por exemplo. Desse modo, essas características permitem determinar o momento em que a semente está madura. Os pigmentos do tegumento podem aqui ser enfatizados, pois sabe-se que sementes imaturas possuem coloração esverdeada devido à presença de moléculas de clorofila. Contudo, à medida que a semente chega em sua maturidade, aos poucos, as moléculas de clorofila começam a ser degradadas e são convertidas em pigmentos, conferindo coloração ao tegumento externo da semente. Portanto, a mudança progressiva de coloração do tegumento sinaliza que a semente está chegando em sua maturidade, sendo uma das características fundamentais para determinar o ponto de colheita das culturas agrícolas.

Além disso, características da testa da semente, tais como formato, pilosidade, consistência, rugosidade e coloração, permitem identificar diferentes variedades ou cultivares de uma determinada espécie, conforme pode-se observar na Figura 1.7, sendo características utilizadas nos programas de melhoramento genético.

Figura 1.7 | Diversidade de coloração do tegumento externo de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Sul do Brasil. BAF: banco ativo de feijão





Fonte: Coelho e Benedito (2008, p. 44).



Refleta

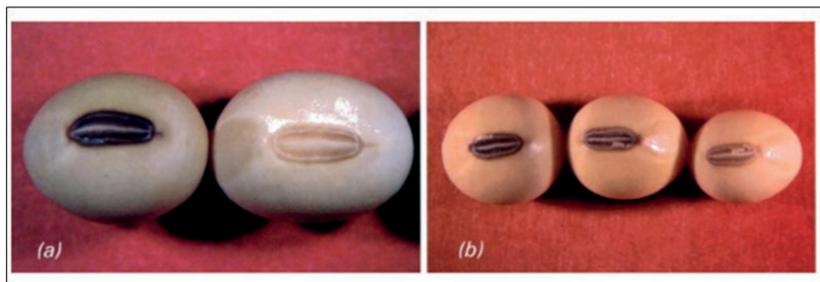
O tegumento externo da semente é uma das primeiras características observadas pelos pesquisadores na área de melhoramento genético de plantas, pois diferenças externas no tegumento (fenótipo) indicam diversidade genética (genótipo). Como esse conhecimento pode ser utilizado na escolha dos melhores genótipos, de maneira a agregar ou retirar características desejáveis ou indesejáveis dos tegumentos?

O tegumento da semente é utilizado em análises nos laboratórios de sementes, na determinação de sua pureza varietal, garantindo a qualidade genética da cultivar. A mistura varietal das sementes se traduz na contaminação dos lotes por outras cultivares e/ou espécies (FRANDOLOSO, 2012).

Nesse contexto, a dúvida da pureza varietal (ou seja, se todas as sementes de um lote realmente pertencem a uma única cultivar) é comum aos agricultores. De acordo com Frandoloso (2012), alguns cuidados podem ser tomados para evitar as misturas varietais, tais como: limpeza do maquinário agrícola sempre que iniciar uma operação no campo e retirada de plantas atípicas ou suspeitas na etapa de produção.

Desse modo, utilizam-se alguns descritores morfológicos para o tegumento externo da semente, como exemplo, na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill), o tamanho médio das sementes, o formato, a coloração e os aspectos do tegumento têm sido utilizados para verificação de determinadas cultivares. Contudo, especificamente nessa cultura, a tonalidade na cor do hilo (Figura 1.8) é uma das características determinantes pelos melhoristas para descrever uma cultivar (MOREIRA et al., 1999). O hilo é uma estrutura externa encontrada em todas as leguminosas, que marca o lugar em que a semente se separou da vagem (FILHO, 2015).

Figura 1.8 | Variações nas cores dos hilos de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill). (a) Cultivar BRS Carla; (b) cultivar BRS Celeste



Fonte: Moreira et al. (1999, p. 3).

Observe, na Figura 1.8, as diferenças entre as duas cultivares de soja, tais como coloração do hilo e tegumento, formato e aspecto do tegumento (brilho), sendo importantes descritores na análise da pureza varietal. Contudo, além da genética, é importante ressaltar que variações na cor do hilo podem ser determinadas também pelas condições ambientais de produção (MOREIRA et al., 1999).

Quanto ao tecido de reserva das sementes, podemos utilizar esse conhecimento de forma prática, levando em consideração os teores de reservas e a aptidão das sementes para uma finalidade. Por exemplo, sementes com elevado teor de lipídios podem ser destinadas à extração de óleo em indústrias, como a extração do óleo da semente de canola (*Brassica napus* L.), o qual pode ser destinado à produção de biodiesel.



Saiba mais

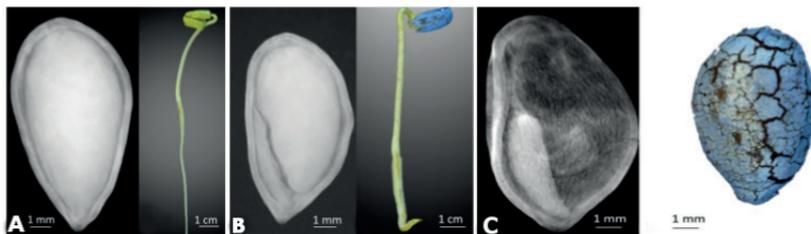
Os tecidos de reserva das sementes podem indicar a aptidão delas para determinadas finalidades, como a extração de óleo na agroindústria para produção de biodiesel. Para saber mais sobre o tecido de reserva da canola (*Brassica napus* L.) e como ele pode ser utilizado na agroindústria, saiba mais em:

SCHAMATZ, A. A. et al. Caracterização de lipídios de sementes de canola na região dos Campos Gerais, Paraná. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [s.l.], v. 3, n. 4, 2014, p. 224-233.

Contamos, anteriormente, que o eixo embrionário contém todas as estruturas necessárias à formação da planta futura. De maneira prática, o desenvolvimento normal de uma semente, assim como o do eixo embrionário, normalmente resultará, após o processo germinativo em condições normais,

em plântulas bem formadas ou normais. Contudo, sementes que apresentam malformação ou dano mecânico no eixo embrionário, conseqüentemente, apresentarão, após o processo germinativo, plântulas malformadas, ou anormais (Figura 1.9). Diante disso, as formações do eixo embrionário, assim como da plântula normal, são responsáveis pelo estabelecimento adequado das culturas agrícolas em campo.

Figura 1.9 | Sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), imagens radiográficas. (A) Semente bem formada, originando uma plântula normal; (B) semente apresentando dano mecânico na região do eixo embrionário e cotilédones, originando uma plântula anormal; (C) semente apresentando malformação, originando uma semente morta



Fonte: adaptada de Corrêa (2017).

Agora, após aprendermos sobre a estrutura das sementes e algumas especificações das suas partes constituintes no âmbito agrônomo, convidoo a avançar para a Seção 1.3, em que estudaremos a composição química das sementes, adentrando um pouco mais no tecido de reserva delas. Por isso, persevere nos estudos!

Sem medo de errar

Agora que vimos sobre as partes constituintes de uma semente e como esse conhecimento pode ser aplicado no âmbito agrônomo, vamos relembrar o problema encontrado na propriedade de produção de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) do Sr. Antunes.

Ele observou nas sementes tonalidades diferentes na coloração do hilo, como também coloração e textura do tegumento atípicas. Além de ter solicitado a você uma amostragem em campo para verificar a pureza varietal, o produtor também lhe questionou: diante de um ambiente de produção homogêneo, o que pode ter acontecido no campo de produção para ocorrer sementes atípicas? Quais critérios da estrutura externa da semente você utilizará para indicar a pureza varietal delas?

Como agrônomo da propriedade, você deve dizer ao Sr. Antunes que a ocorrência de sementes atípicas pode ser derivada de misturas varietais ocasionadas pelo lote de baixa qualidade das sementes, ou por misturas de

sementes de outras cultivares no momento da sementeira, as quais podem estar presentes nas semeadoras mecânicas, por exemplo.

Por isso a importância de se verificar a pureza varietal de um lote de sementes antes mesmo do plantio, e, caso as sementes sejam destinadas à comercialização, também necessitarão ser avaliadas quanto a isso. Desse modo, para indicar a pureza varietal, você, ao realizar a amostragem em campo, poderá utilizar como critérios da estrutura externa das sementes a coloração do hilo, a coloração e o brilho do tegumento da semente, bem como o formato e o tamanho médio delas a fim de definir possíveis diferenças nas sementes amostradas.

Avançando na prática

Sementes duvidosas

Descrição da situação-problema

Você é um agrônomo pesquisador de uma empresa de produção de sementes e precisa testar a germinação de um lote de sementes de abóbora (*Cucurbita pepo* L.). Após fazer a sementeira das sementes em substrato adequado e manter todas as condições favoráveis à germinação delas, você, juntamente a uma equipe de estagiários, verificou ao longo dos dias a germinação dessas sementes. Constatou-se que cerca de 35% das sementes não germinaram, e as que germinaram apresentaram germinação completamente desuniforme, gerando algumas plântulas anormais. Diante dessa situação, o grupo de estagiários lhe fez várias perguntas, como: o que pode ter acontecido na estrutura das sementes para ocasionar sementes não germinadas ou com plântulas anormais? Quais estruturas da semente podem estar envolvidas nesses tipos de problemas? Para um plantio apresentar uniformidade, quais estruturas das sementes são importantes?

Resolução da situação-problema

Esclareça todos os questionamentos dos estagiários dizendo a eles que as sementes não germinadas ou com plântulas anormais possivelmente possuem malformação ou sofreram algum dano no tegumento, tecido de reserva ou eixo embrionário. Qualquer parte constituinte de uma semente que esteja malformada ou danificada resultará em sementes não germinadas ou com plântulas anormais e desuniformes. Além disso, todas as estruturas das sementes podem estar envolvidas nos problemas apresentados, assim

como, para um plantio apresentar uniformidade, todas as estruturas são importantes e devem se desenvolver normalmente e não sofrer injúrias.

Faça valer a pena

1. O eixo embrionário das sementes é proveniente do processo de embriogênese, e, após atingir a sua maturidade, ele terá todas as partes necessárias à formação da planta futura. De maneira geral, as espécies desenvolveram estruturas básicas no eixo embrionário, mas algumas espécies desenvolveram, além das estruturas básicas, estruturas específicas.

Assinale a única alternativa correta das partes constituintes básicas do eixo embrionário de uma semente:

- a) Radícula, hipocótilo, escutelo e plúmula.
- b) Escutelo, coleorriza, radícula e plúmula.
- c) Coleóptilo, escutelo, radícula e plúmula.
- d) Radícula, hipocótilo, cotilédono(s) e plúmula.
- e) Radícula, coleorriza, cotilédono(s) e plúmula.

2. Os tecidos de reservas das sementes são responsáveis por estocar as reservas nutritivas, tais como proteínas, carboidratos e lipídios. Essas mesmas reservas serão utilizadas como substrato ao crescimento do embrião durante o processo germinativo.

Nas sementes, em quais partes constituintes podem ser armazenadas as reservas nutritivas?

- a) Endosperma e tégmen.
- b) Escutelo e cotilédono(s).
- c) Endosperma e cotilédono(s).
- d) Testa e cotilédono(s).
- e) Hipocótilo e cotilédono(s).

3. Nos campos de produção de sementes, o ponto de colheita delas é determinado pela junção de algumas características do tegumento externo, ou seja, à medida que a semente alcança sua maturidade fisiológica, o tegumento externo passa por alterações.

Assinale a única alternativa correta que sinaliza, no tegumento externo, a semente madura:

- a) A semente esverdeada, progressivamente, é pigmentada até que apresente em sua totalidade uma coloração específica e adquira consistência aquosa.
- b) A semente esverdeada, progressivamente, é pigmentada até que apresente em sua

totalidade uma coloração específica e com fissuras no tegumento.

c) A semente sempre fica esverdeada e, progressivamente, apresenta fissuras e consistência aquosa.

d) A semente adquire, progressivamente, tegumento enrijecido pela deposição de lignina e apresenta fissuras.

e) A semente esverdeada, progressivamente, é pigmentada até que apresente em sua totalidade uma coloração específica e adquira consistência enrijecida.

Composição química das sementes

Diálogo aberto

As sementes possuem vários componentes químicos em sua constituição, e é exatamente devido a esse aspecto que elas são uma importante fonte alimentar para os homens e animais. Na sua composição química, alguns componentes se apresentam em maiores quantidades do que outros, permitindo algumas denominações específicas a elas, tais como amiláceas, proteicas e oleaginosas. Além disso, a composição química das sementes está estritamente ligada ao processo germinativo das mesmas, como fonte de energia para o desenvolvimento do embrião e da plântula.

Nesse contexto, ao longo da unidade, você foi desafiado, como agrônomo, a resolver situações práticas nas fases de formação, assim como na estrutura de sementes de soja na fazenda do Sr. Antunes. Agora, vamos voltar à fazenda para um novo desafio? Lembre-se que metade da produção de soja da propriedade é destinada à produção de grãos como matéria-prima para a indústria. A partir de agora, você precisará analisar, como etapa final, a composição química desses grãos, pois uma alternativa de comercialização para o Sr. Antunes é a produção de grãos de soja para a indústria do Biodiesel.

Diante desse quadro, o Sr. Antunes solicita a você algumas orientações para que esses grãos apresentem a qualidade necessária para a indústria do biodiesel, sendo que ele quer tirar uma primeira dúvida: **qual seria a melhor época de colheita dos grãos**, sabendo-se que quanto maior o rendimento do teor de óleo nos grãos de soja, maior a rentabilidade do cultivo?

Um detalhe é que, ao analisar os grãos da propriedade, duas semanas antes do final da maturação completa, você constatou o rendimento do óleo abaixo de 18%. De acordo com a composição química dos grãos de soja, **qual o teor de óleo adequado de uma cultivar destinada à indústria do biodiesel? Caso a cultivar não alcance o teor de óleo adequado ao final da maturação, ela poderá ser destinada à indústria?**

Diante disso, para atender às dúvidas do Sr. Antunes, você precisará conhecer a variabilidade da composição química das sementes, desde carboidratos, lipídios e proteínas, e saber aplicar esses conhecimentos à cultura da soja, especificamente, com enfoque nos lipídios. Por isso, avance! Esta aula possibilitará adentrar nos tecidos de reserva das sementes e compreender os tipos de compostos de suas reservas. Bom estudo!

Vimos anteriormente, na Seção 1.2, que as sementes passam pelas fases de maturação (inicial, intermediária e tardia) enquanto ocorrem sucessivos alongamentos celulares até que elas completem o seu processo de maturação. A partir de agora, veremos que é justamente nessas fases que ocorre o acúmulo de compostos de reservas nas sementes, conhecido como fase de “enchimento”, ou seja, os fotoassimilados produzidos pela planta durante a fotossíntese são deslocados por meio do floema até o endosperma, embrião ou perisperma da semente, sendo depositados neles como compostos de reservas. Diante disso, vamos compreender o que são esses compostos de reservas estocados nas sementes?

Os principais compostos de reservas são os **carboidratos**, os **lipídios** e as **proteínas**. Além desses, outros compostos de reservas químicas também podem ser estocados, tais como minerais, vitaminas, fito-hormônios, entre outros (FILHO, 2015). A proporção relativa de cada composto químico e o tecido em que ele está estocado depende de cada espécie e das variedades em estudo. Veremos, ao longo desta seção, alguns detalhes sobre a variabilidade da composição química das sementes. Vamos lá!

Que tal começarmos pela classificação das sementes quanto ao tipo de substância de reserva armazenada no endosperma, embrião (cotilédones) ou perisperma? Lembre-se que, ao falarmos sobre substância de reserva no embrião, as reservas estarão localizadas no(s) cotilédono(s). As sementes são reunidas em três principais grupos, de acordo com o composto de reserva presente em maior quantidade nelas, sendo: **amiláceas** (quando a principal substância de reserva é o amido); **oleaginosas** (quando lipídios); e **proteicas** (quando proteínas) (BAUD; LEPINIEC, 2010).

Começaremos falando das amiláceas, que têm em sua constituição elevados teores de amido, um carboidrato (polissacarídeo) que pode estar presente tanto no endosperma quanto no embrião (cotilédono). Mas, antes de entender a constituição das reservas das sementes amiláceas, vamos compreender os diferentes tipos de carboidratos.

Os carboidratos podem estar presentes nas sementes como compostos de reservas em moléculas de monossacarídeos (glicose e frutose, por exemplo), dissacarídeos (sacarose) e polissacarídeos (amido, nas formas de amilose e amilopectina).

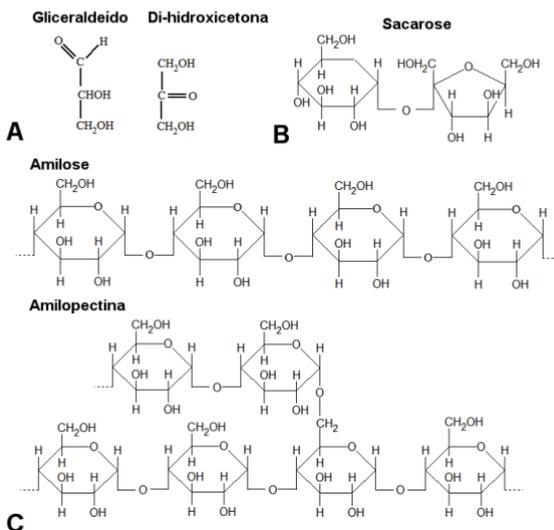
OBJETO EDUCACIONAL DIGITAL (OED)

Os carboidratos são compostos conhecidos como hidratos de carbono, constituídos basicamente de moléculas de carbono, hidrogênio e oxigênio. São classificados, de acordo com o número de unidades componentes, em: monossacarídeos, oligossacarídeos (dissacarídeos) e polissacarídeos (Figura 1.10).

OBJETO EDUCACIONAL DIGITAL (OED)

- A. Os monossacarídeos são a unidade básica dos carboidratos, podendo ser uma molécula de aldose (gliceraldeído) ou uma cetose. Dois exemplos de monossacarídeos são a glicose e a frutose.
- B. Os dissacarídeos constituem-se em duas unidades de monossacarídeos ligados entre si. O dissacarídeo mais importante nas sementes é a sacarose, formada por moléculas de glicose e frutose, que são os açúcares.
- C. Os polissacarídeos são polímeros constituídos por vários monossacarídeos, sendo o amido o mais importante presente nas sementes. Existem dois tipos de amido: amilose e amilopectina.

Figura 1.10 | Estrutura química de moléculas de carboidratos. (A) Monossacarídeo; (B) dissacarídeo; (C) polissacarídeo.



Fonte: adaptado de Brown (2018); Marzzoco e Torres (2018).

Quanto aos diferentes tipos de carboidratos, é importante destacar que o amido, nas formas de amilose e amilopectina, é o principal carboidrato como composto de reserva encontrado nas sementes. Dentro desse âmbito, vamos conhecer alguns exemplos de espécies amiláceas? Observe na Tabela 1.1 algumas espécies amiláceas de interesse agrônomo, como exemplos o arroz (*Oryza sativa* L.), o milho (*Zea mays* L.), o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) entre outros.

Tabela 1.1 | Teor médio de amido (%) de sementes de espécies amiláceas de interesse agrônomo

Espécie	Teor médio de amido (%)*
Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) ¹	68
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) ²	40
Milho (<i>Zea mays</i> L.) ¹	50-70

Espécie	Teor médio de amido (%)*
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) ³	70
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L) ⁴	65

* O teor de amido das sementes pode mudar de acordo com a variedade e as condições ambientais.

Fonte: adaptado de ¹Marcos Filho (2015); ²Marquezi et al. (2017); ³Wong et al. (2009); ⁴Silva et al. (2008).

É importante ressaltar que, por se constituir composto de reserva, o carboidrato na forma de amido é o mais abundante encontrado nas sementes, isso porque as reservas são condensadas em polímeros maiores, ou seja, os polissacarídeos unem-se formando a molécula de amido. Contudo, existem outros carboidratos, nas formas de monossacarídeos e oligossacarídeos, que, juntamente com o amido, compõem os carboidratos totais das sementes.



Exemplificando

O feijão é conhecido por possuir elevados teores de carboidratos totais em sua composição química, com variação entre 38% a 48% entre os diferentes grupos de feijões, conhecidos como grupo carioca, grupo dos feijões pretos e grupo dos feijões vermelhos (MARQUEZI et al., 2017). Entretanto, feijões conhecidos como crioulos vermelhos podem chegar em até 71% no teor de carboidratos totais (SOARES JÚNIOR et al., 2015).

Ainda, considerando a classificação das sementes quanto à principal substância de reserva, vamos destacar as espécies oleaginosas, como o girassol (*Helianthus annuus* L.) e a canola (*Brassica napus* L.), que têm sido utilizados amplamente para consumo humano como óleo vegetal. Entretanto, as espécies oleaginosas recentemente têm ganhado um novo destaque: matéria-prima para a produção de biodiesel (combustível obtido por meio de óleo de origem vegetal). O fato de as oleaginosas terem sido cada vez mais valorizadas do ponto de vista da indústria (para a produção de biodiesel) se dá porque as mesmas constituem-se como alternativa ao uso de combustível fóssil, visto que os combustíveis fósseis emitem elevadas concentrações de dióxido de carbono na atmosfera.

O Brasil tem ampla aptidão, por exemplo, quanto ao clima e solo, para a produção de espécies oleaginosas que podem ser destinadas ao mercado industrial. Nesse contexto, existem programas brasileiros que incentivam a produção de espécies oleaginosas para a indústria do biodiesel, como o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.



Saiba mais

Muitas oleaginosas cultivadas no Brasil têm sido pesquisadas como espécies potenciais para a produção de biodiesel. Para consultar os documentos que descrevem algumas dessas espécies, saiba mais em:

- BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas potenciais do Nordeste para a produção de biodiesel**. Campina Grande: Embrapa, 2007.
- STACHIW, R. et al. Potencial de produção de biodiesel com espécies oleaginosas nativas de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 1, p. 81-90, 2016.

Em 2004, foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), para incentivar a produção de espécies oleaginosas pela agricultura familiar. Conheça mais sobre o assunto em:

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**.

Tendo em vista a compreensão da importância econômica das espécies oleaginosas, vamos entender sobre a composição lipídica das mesmas. Mas, o que são os lipídios e de que forma eles se apresentam nas sementes? Os lipídios são óleos ou gorduras que se constituem em compostos de reservas, principalmente na forma de ácidos graxos e triacilgliceróis, como o ácido oleico, o ácido linoleico, o ácido palmítico, entre outros.

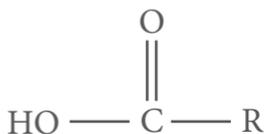


Assimile

Acompanhe a seguir, a descrição bioquímica de um ácido graxo e um triacilglicerol

Ácido graxo: é um ácido carboxílico na qual um carbono central é ligado a três estruturas (um átomo de oxigênio por meio de uma ligação dupla; uma ligação simples à um grupo hidroxila – OH; um grupo R por meio de uma ligação simples). O grupo R diferencia os ácidos graxos entre si.

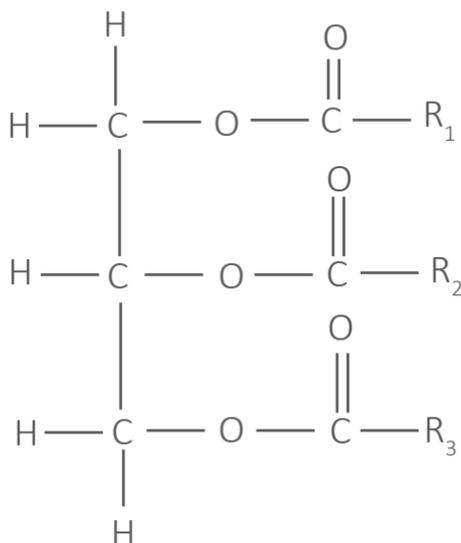
Figura 1.11 | Estrutura química geral de um ácido carboxílico



Fonte: adaptado de Brown (2018).

Triacilglicerol: é um tipo de lipídio composto de três moléculas de ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol (composto orgânico, com três grupos hidroxilas).

Figura 1.12 | Estrutura química de um triacilglicerol



Fonte: adaptado de Brown (2018).

É válido ressaltar que os lipídios apresentam importante função no processo germinativo das sementes, visto que essas reservas são ricas fontes de energia. Observe, na Tabela 1.2, o teor de lipídios das sementes de algumas espécies oleaginosas de interesse agrônômico, lembrando que, para ser considerada espécie oleaginosa, a sua composição química deve ter percentual de lipídios superior a outros compostos.

Tabela 1.2 | Teor médio de lipídios (%) da semente de diferentes espécies oleaginosas de interesse agrônômico

Espécie	Teor médio de lipídios (%) [*]
Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L.) ¹	40
Canola (<i>Brassica napus</i> L.) ²	40
Mamona (<i>Ricinus communis</i> L.) ²	60
Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.) ³	38 – 50
Abóbora var. Moranga de Mesa (<i>Cucurbita máxima</i> Duchesne) ⁴	42

^{*} O teor de lipídios das sementes pode mudar de acordo com a variedade e as condições ambientais.

Fonte: adaptado de ¹Silveira et al. (2011); ²Baud & Lepiniec (2010); ³Castro & Leite (2018); ⁴Veronezi (2011).

Os grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), por exemplo, embora possuam maiores teores de proteína (em média 40% e de lipídios de 18-21%) em sua composição química, são utilizados amplamente na indústria para extração

do óleo, tanto para consumo humano, como para a produção de biodiesel. Esse óleo extraído da soja possui importância nacional, visto que 64% do biodiesel produzido no Brasil é oriundo da soja como matéria-prima (ANP, 2017). Além disso, o teor de óleo do grão adequado para ser destinado à indústria do biodiesel é acima de 18%, para chegar ao rendimento de óleo de pelo menos 560 kg.ha⁻¹ (RAMOS et al., 2017).

Agora, vamos lembrar o que vimos na aula anterior, quando foi mostrado que os compostos de reservas nas sementes podem ser estocados predominantemente em dois lugares: nos tecidos do endosperma e cotilédones (embrião). Por exemplo:

“ Nas sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e girassol (*Helianthus annuus* L.) o conteúdo de lipídios é estocado predominantemente no tecido do embrião (cotilédones), enquanto na mamona (*Ricinus communis* L.) os lipídios são estocados no endosperma. Na canola (*Brassica napus* L.), os lipídios estão armazenados nos cotilédones, com 96% dos ácidos graxos, e no endosperma, com 4% dos ácidos graxos. (BAUD; LEPINIEC, 2010, p. 236).

Desta forma, compreende-se que não é uma regra os lipídios estarem armazenados apenas no cotilédone ou endosperma, pois podem estar presentes em ambos, contudo, sempre um dos locais de reserva será predominante sobre o outro.

Vamos, agora, falar sobre as proteínas como partes constituintes das sementes? As proteínas nas sementes também constituem importante composto de reserva químico. Em linhas gerais, algumas leguminosas se destacam, visto que são ricas fontes de proteínas, constituindo importante fonte alimentar, tanto humana como também animal.

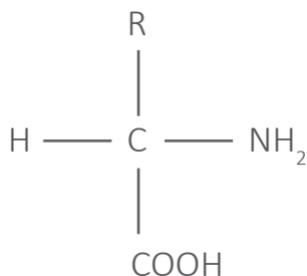
Contudo, antes de adentrarmos nelas, é importante destacar que existem dois grupos de proteínas nas sementes: as ativas (na forma de enzimas, responsáveis pela ativação enzimática de reações nas sementes) e as inativas (que se encontram presentes como composto de reserva, ou seja, não possuem a função enzimática). Nesta seção, trataremos apenas as proteínas como composto de reserva nas sementes. Vamos lá?



Assimile

As proteínas são cadeias formadas por aminoácidos unidos entre si por meio de ligações peptídicas. Ocorre que os 20 tipos de aminoácidos existentes se ligam entre si, em diferentes arranjos, para formar cadeias polipeptídicas, constituindo as proteínas. O grupo R diferencia os aminoácidos entre si.

Figura 1.13 | Estrutura geral de um aminoácido



Fonte: adaptado de Brown (2018).

De acordo com a sua solubilidade, as proteínas de reserva nas sementes são classificadas como albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas (SANTOS et al., 2018), e constituem-se como fontes de aminoácidos, nitrogênio e carbono, sendo também utilizadas no processo germinativo das sementes.

As leguminosas, de maneira geral, apresentam maiores teores de proteína em sua constituição química, variando de 12 a 30% (SANTOS et al., 2018), com exceção da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), sendo esta uma das poucas espécies consideradas propriamente proteica, com média de 40% de proteínas na sua constituição química. Contudo, também recebe a denominação de aleuro-oleaginosa, porque possui tanto reservas proteicas quanto lipídicas (MARCOS FILHO, 2015).

Os pesquisadores encontraram formas de aumentar o teor proteico de algumas espécies por meio do processo de biofortificação, ou seja, aumento do teor de proteínas na semente ou grão, assim como o enriquecimento com outros compostos, tais como ferro e zinco, por exemplo (MOURA, 2011). A técnica de biofortificação já é uma realidade brasileira, e tem sido muito utilizada na cultura do feijão, pelo aumento do teor de proteína do mesmo. Pode ser feita de duas maneiras: genética (por meio do melhoramento genético na seleção de plantas com maior teor proteico) e agrônômica (pelo manejo da cultura, principalmente por meio da adubação, de maneira a aumentar o conteúdo nutricional das sementes).

No feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), por exemplo, por meio da biofortificação genética, é possível aumentar os teores de proteína no grão (MOURA, 2011). Entretanto, existe uma dificuldade encontrada pelos melhoristas de plantas: quando conseguem aumentar o teor de proteínas das sementes, a produtividade das culturas tende a diminuir. Desta maneira, se tem buscado, por meio do melhoramento genético, relacionar positivamente as duas características: teor elevado de proteína nas sementes e produtividade.



Saiba mais

A biofortificação, tanto genética como agrônômica, é uma realidade brasileira, e tem sido utilizada para melhorar a qualidade nutricional de alguns alimentos, pelo aumento do teor de proteínas e outros compostos químicos. Para saber mais sobre a biofortificação, saiba mais em:

GONÇALVES, A. S. F. et al. Uso da biofortificação vegetal: uma revisão. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, n. 6, p. 75-87, 2015.

Além disso, vale destacar que pesquisadores têm selecionado, por meio da biofortificação, variedades de feijão carioca com maiores teores de proteína, ferro e zinco.



Refleta

Vimos nesta seção que as sementes possuem vários compostos químicos como reservas, os quais podem ter seus teores elevados por meio do processo de biofortificação. Diante disso, a biofortificação pode ajudar na solução de problemas nutricionais de algumas populações?

De maneira geral, os compostos de reservas apresentados nesta seção, além de serem fontes alimentares para o homem e para os animais, também são primordiais nos processos de germinação e emissão das plântulas, pois são utilizados como substrato para tais processos. A partir da Seção 2.1, utilizaremos todos os conhecimentos adquiridos até aqui, por isso, prossiga nos estudos!

Sem medo de errar

Ao adentrarmos nos tecidos de reservas das sementes, aprendemos que elas podem armazenar carboidratos, lipídios e proteínas nas mais diferentes composições químicas. Agora, vamos relembra as dúvidas que surgiram para o Sr. Antunes na fazenda de produção de grãos de soja: qual a melhor época de colheita dos grãos de soja? De acordo com a composição química dos grãos de soja, qual o teor de

óleo adequado de uma cultivar destinada à indústria do biodiesel? Caso a cultivar não alcance o teor de óleo adequado ao final da maturação, ela poderá ser destinada à indústria?

Você deve dizer o Sr. Antunes que a melhor época de colheita é quando os grãos atingirem a sua maturidade, ou seja, todas as etapas de maturação já se completaram, e o grão encontrar-se “cheio”. É exatamente nessa fase de maturação que todos os compostos de reservas (carboidratos, lipídios e proteínas) já se encontram armazenados. Lembre-se que você analisou os grãos da propriedade duas semanas antes do final da maturação completa e constatou teor de óleo abaixo de 18%. Diante disso, você deve dizer ao Sr. Antunes que o teor de óleo do grão da soja adequado à indústria de biodiesel deve ser acima de 18% e que, até a sua maturação final, deve atingir o percentual recomendado. Contudo, caso os grãos não alcancem o teor de óleo adequado, é inviável que eles sejam destinados à indústria do biodiesel, pois o rendimento de óleo será insatisfatório e, consequentemente, a rentabilidade também.

Portanto, diante do que vimos nesta unidade sobre formação, estrutura e composição química das sementes, assim como nas situações práticas apresentadas na propriedade do Sr. Antunes, agora é sua vez de demonstrar tudo o que aprendeu! Elabore um relatório técnico com as situações encontradas na fazenda do Sr. Antunes e todas as soluções possíveis para elas. Lembre-se de que foram três as situações apresentadas para as sementes e os grãos de soja: formação, estrutura e composição química das sementes. Assim, finalizamos esta unidade na certeza que todos os assuntos abordados e as situações práticas encontradas foram enriquecedoras no seu aprendizado.

Avançando na prática

Nova cultivar de feijão

Descrição da situação-problema

Considere que você faz parte de um grupo de pesquisadores ligados a uma instituição de pesquisa responsável pelo lançamento de novas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ao mercado. Você recebeu a incumbência de desenvolver cultivares produtoras de sementes com elevado teor de proteína, ferro e selênio. As cultivares serão destinadas às populações agrícolas familiares com histórico de deficiência nutricional desses compostos químicos. Diante disso, ao se reunir com sua equipe, algumas dúvidas surgiram: quais são as alternativas existentes para o desenvolvimento de sementes com elevados teores de proteínas, ferro e selênio? E quanto ao

teor de proteína, é possível desenvolver uma cultivar que agregue essa qualidade junto à alta produtividade?

Resolução da situação-problema

Como integrante do grupo de pesquisadores, você pode sugerir à sua equipe o processo de biofortificação, com a finalidade de se obter cultivares de feijão com elevados teores de proteínas, ferro e selênio. A biofortificação pode ser realizada de duas formas: por meio de melhoramento genético, com a seleção de progênies com as características desejadas, ou por meio agrônômico, com o manejo de adubação, feito de forma a proporcionar tais características descritas anteriormente. Contudo, você deve alertar sua equipe que a biofortificação, por meio de melhoramento genético, normalmente, consegue aumentar os teores de ferro e selênio, contudo, o aumento do teor de proteína possui uma correlação negativa com produtividade, ou seja, à medida que um aumenta, o outro diminui, mas existem algumas exceções, sendo possível relacionar produção e teor de proteína satisfatório para o objetivo proposto.

Faça valer a pena

1. O biodiesel é um tipo de biocombustível que pode ser produzido a partir de óleos de origem vegetal, sendo, portanto, uma excelente alternativa ao uso de combustíveis fósseis. O Brasil possui aptidão para a produção de sementes de espécies oleaginosas, que podem apresentar elevado rendimento de óleo ao serem destinadas à indústria do biodiesel.

Visto que as espécies com elevados teores de lipídios, como composto de reserva, são excelente alternativa para a indústria do biodiesel, assinale a única alternativa que traz as espécies oleaginosas com maior teor de óleo utilizadas para tal finalidade:

- a) Amendoim e feijão.
- b) Mamona e milho.
- c) Soja e milho.
- d) Mamona e canola.
- e) Girassol e Trigo.

2. As sementes possuem carboidratos, lipídios e proteínas como principais substâncias de reservas, mas recebem denominações específicas de acordo com a substância presente em maior teor em sua constituição, tais como amiláceas, oleaginosas e proteicas.

Identifique, a alternativa que traz a classificação correta das sementes de arroz, amendoim e soja quanto ao tipo de substância de reserva presente em teores elevados:

- a) Oleaginosa, amilácea e proteica, respectivamente.
- b) Proteica, amilácea e oleaginosa, respectivamente.
- c) Amilácea, oleaginosa e proteica, respectivamente.
- d) Amilácea, oleaginosa e amilácea, respectivamente.
- e) Oleaginosa, oleaginosa e proteica, respectivamente.

3. Os compostos de reservas das sementes estão presentes nelas em diferentes formas. Os carboidratos podem estar presentes como monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Os lipídios apresentam-se nas formas de ácidos graxos e triacilgliceróis, enquanto as proteínas constituem as cadeias polipeptídicas.

Os principais compostos de reservas das sementes apresentam-se nas formas de:

- a) Proteínas ativas e ácido palmítico.
- b) Zinco e amido.
- c) Ácido giberélico e glutelinas.
- d) Proteínas inativas e amilopectina.
- e) Selênio e triacilglicerol.

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP. **Boletim Mensal do Biodiesel**. [S.l.], fev. 2017. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Mensal_do_Biodiesel/2017/Boletim_Biodiesel_FEVEREIRO_2017.pdf. Acesso em: 22 set. 2018.
- BAUD, S.; LEPINIEC, L. Physiological and developmental regulation of seed oil production. **Progress in Lipid Research**, v. 3, n. 49, p. 235-249, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0163782710000020>. Acesso em: 17 set. 2018.
- BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas potenciais do Nordeste para a produção de biodiesel**. Campina Grande: Embrapa, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/277417/1/DOC177.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel**. Disponível em: http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf. Acesso em: 18 set. 2018.
- BROWN, T. A. **Bioquímica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- CASTRO, C.; LEITE, R. M. V. B. C. Main aspects of sunflower production in Brazil. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 1-11, 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1091426/1/2018Mainoc170047.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.
- GONÇALVES, A. S. F.; GONÇALVES, W. M.; SILVA, K. M. de J.; OLIVEIRA, R. M. de. Uso da biofortificação vegetal: uma revisão. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, n. 6, p. 75-87, 2015. Disponível em: <http://revistaagrociencias.unipam.edu.br/documents/57126/1028593/Artigo+8+-+Uso+da+++biofortifica%C3%A7%C3%A3o+vegetal+-+uma+revis%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 22 set. 2018.
- FILHO, J. M. **Fisiologia de Sementes de Plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015.
- MARQUEZI, M.; GERVIN, V. M.; WATANABE, L. B.; MORESCO, R.; AMANTE, E. R. Chemical and functional properties of different common Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s.l.], v. 20, p. 1-9, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232017000100431. Acesso em: 21 set. 2018.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- MOURA, J. de O. **Potencial de populações segregantes de feijão-caupi para biofortificação e produção de grãos**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011. Disponível em: <http://www.leg.ufpi.br/subsiteFiles/ppgm/arquivos/files/dissertacoes/2011/dissertacaojeaneoliveira.pdf>. Acesso em: 22 set. 2018.
- RAMOS, L. P. et al. Biodiesel: Matérias-primas, tecnologias de produção e propriedades combustíveis. **Revista virtual de Química**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 317-369, 2017. Disponível em: <http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v9n1a20.pdf>. Acesso em: 22 set. 2018.
- SANTOS, P. L. F. et al. Extração de proteínas de reserva de espécies Fabaceae. **Tecnologia e Ciência agropecuária**, João Pessoa, v. 12, n. 1, p. 1-6, mar. 2018. Disponível em: <http://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-12-2018/volume-12-n-1-2018/01-011804-extracao-de-proteinas-de-reserva-de-especies-fabaceae.pdf>. Acesso em: 22 set. 2018.

SILVA, R. N. et al. Composição química de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidas a estresse salino na germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 215-220, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222008000100027. Acesso em: 18 set. 2018.

SILVEIRA, P. S. et al. Teor de proteína e óleo de amendoim em diferentes épocas de semeadura e densidade de plantas. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 18, n. 1, p. 34-45, 2011. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/viewFile/7735/6843>. Acesso em: 20 set. 2018.

JÚNIOR, M. S. et al. Propriedades Físicas e Químicas de grãos de feijões crioulos vermelhos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 263-269, jan./mar. 2015. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3163/pdf_238. Acesso em: 22 set. 2018.

SCHAMATZ, A. A. et al. Caracterização de lipídios de sementes de canola na região dos Campos Gerais, Paraná. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [s.l.], v. 3, n. 4, 2014, p. 224-233. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/38614>. Acesso em: 6 set. 2018.

STACHIW, R. et al. Potencial de produção de biodiesel com espécies oleaginosas nativas de Rondônia, Brasil. **Acta Amazônica**, [s.l.], v. 46, n. 1, p. 81-90, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v46n1/1809-4392-aa-46-01-00081.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.

VERONEZI, C. M. **Avaliação da composição química de óleos extraídos de sementes de abóboras**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88374/000640587.pdf?sequence=1&iAllowed=y>. Acesso em: 17 set. 2018.

WITTER, S. et al. As abelhas e a agricultura. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014, p. 17-32. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278677773_Aabelhas_e_a_agricultura>. Acesso em: 23 ago. 2018.

WONG, J. H. et al. Digestibility of protein and starch from sorghum (*Sorghum bicolor*) is linked to biochemical and structural features of grain endosperm. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 49, p. 73-82, 2009. Disponível em: <https://pubag.nal.usda.gov/download/31910/PDF>. Acesso em: 22 set. 2018.

Unidade 2

Sementes: maturação, germinação, dormência e vigor

Convite ao estudo

Caro aluno, uma das preocupações na área de produção e tecnologia de sementes é produzir sementes de elevada qualidade, pois este é um fator que se relaciona com a produtividade das culturas agrícolas. Neste contexto, damos início à Unidade 2 da disciplina, na qual trabalharemos com conteúdos que proporcionam qualidade às sementes, tais como maturação, germinação, dormência e vigor.

Nesta unidade, você também será convidado, como agrônomo pesquisador, a participar das tomadas de decisão de um grupo de pesquisa na área de produção de sementes de hortaliças. Desta maneira, poderá aplicar os conhecimentos que serão adquiridos em situações práticas. Por isso, considere que você trabalha na empresa privada Solanum, que atua no setor de produção de sementes de hortaliças. Esta empresa possui como objetivo principal lançar no mercado sementes de elevada qualidade que garantam altas produtividades aos produtores. Diante disso, imagine que você compõe um grupo de pesquisa responsável em avaliar as etapas de maturação, germinação, dormência e vigor de sementes, necessitando, diariamente, analisar essas características distribuídas em três ensaios no campo experimental da empresa, que é dividido em vinte parcelas de 0,3 hectares cada, onde ensaios com tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e pimentão (*Capsicum annuum* L.) são conduzidos.

A equipe de pesquisa da qual faz parte, também composta por outros agrônomos, trabalha de maneira dinâmica, discutindo entre si as características de cada um dos ensaios avaliados, com o objetivo de selecionar sementes de elevada qualidade. No primeiro ensaio, a sua equipe avaliará a maturidade fisiológica de lotes de sementes retirados de duas cultivares de tomateiro. Já em um segundo ensaio, vocês necessitarão avaliar os fatores que afetam a germinação de sementes do tomateiro. Por fim, o vigor de sementes será avaliado em um terceiro ensaio com a cultura do pimentão. Diante disso, ao longo da Unidade 2, estaremos acompanhando algumas situações para as quais você precisará discutir soluções com a sua equipe de pesquisa. Pronto para o desafio?

Neste contexto, como a etapa de maturação de sementes pode determinar a qualidade destas e ainda indicar a época ideal de sua colheita? A respeito de fatores externos, como temperatura, umidade e oxigênio, como estes influem diretamente no metabolismo germinativo das sementes e na produção de plântulas vigorosas? Como o vigor está relacionado à qualidade das sementes, e conseqüentemente à produtividade das culturas no campo?

Para conseguir responder a essas indagações, percorra este material, que lhe permitirá aprender e aplicar o conhecimento em situações práticas. Prossiga no estudo!

Sendo assim, esta unidade está dividida em três seções, em que iniciaremos, na Seção 1, o estudo da maturação das sementes, descrevendo todo o processo de maturação destas. Na Seção 2, trabalharemos com a germinação de sementes, compreendendo o metabolismo fisiológico e bioquímico das sementes durante esse processo. Por fim, na Seção 3 desta unidade, abordaremos a dormência e vigor das sementes. Desta maneira, convidamos você a estudar esses conteúdos ao longo das seções. Vamos iniciar?

Maturação de sementes

Diálogo aberto

As sementes percorrem um longo caminho até se tornarem completamente maduras, caminho este em que muitas modificações fisiológicas acontecem dentro delas. É durante a fase de maturação das sementes (conhecida como “enchimento da semente”) que estas modificações fisiológicas ocorrem, e, como resultado, agregam qualidade final a estas, além de indicarem o ponto ideal de sua colheita.

Com a finalidade de investigar essas modificações fisiológicas você, como agrônomo pesquisador, trabalha na empresa Solanum, atuante no setor de produção de sementes de hortaliças, na qual faz parte de um grupo de pesquisa responsável em avaliar as etapas de maturação, germinação, dormência e vigor de sementes. Neste momento, você e sua equipe foram convocados pelo gerente de pesquisa, para começarem as avaliações no ensaio de maturidade fisiológica de lotes de sementes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), com o objetivo de obter informações sobre a época ideal de colheita de duas variedades. Cada uma das variedades de tomateiro está plantada em uma parcela do campo experimental e apresenta-se no início da frutificação. Inicialmente, você e sua equipe decidiram avaliar características que determinam a maturidade fisiológica das sementes, em seis épocas diferentes, distribuídas durante a época de maturação das sementes nos frutos. Diante disso, para avaliar a maturidade fisiológica das sementes, quais parâmetros você recomendará à sua equipe para as avaliações? Como cada um destes parâmetros a serem indicados por você pode apontar a maturidade fisiológica das sementes? Por meio da maturação das sementes, como você e sua equipe podem determinar a época ideal de colheita das sementes de tomate?

Para indicar à sua equipe os possíveis parâmetros e solucionar essas indagações, você precisará conhecer o que é, e qual a importância do estudo de maturação de sementes, assim como compreender o que é a maturidade fisiológica das sementes e a sua relação com o conteúdo de matéria seca, capacidade germinativa, vigor e as modificações fisiológicas que acontecem durante o processo. Por isso, estude os conteúdos a seguir, pois eles lhe permitirão compreender a maturação de sementes e sua relação com qualidade e época de colheita ideal destas.

Bom estudo!

Uma das atuais preocupações mundiais é a produção de alimentos, visto o crescente aumento da população no nosso planeta. Diante disso, a agricultura desempenha importante papel para a sociedade, o de produzir cada vez mais alimentos para atender à demanda mundial. Neste contexto, a área de tecnologia de sementes se destaca, no intuito de produzir sementes de máxima qualidade, com elevada capacidade germinativa, vigorosas e com potencial de elevado estabelecimento nos campos de produção, pois essas características são a base para o início da produção das culturas agrícolas. A partir de agora, vamos compreender como o processo de maturação implica sobre as características de qualidade das sementes.

Dentro desse âmbito, a maturação está compreendida entre duas fases do desenvolvimento da semente: a formação inicial (fecundação, embriogênese, formação do endosperma e tegumentos) e a semente madura (quando esta já alcançou sua completa maturidade) (Quadro 2.1). No estágio de maturação ocorrem várias modificações fisiológicas na semente, como acúmulo de matéria seca, aumento progressivo do vigor e capacidade germinativa, dessecação, entre outras modificações que veremos no decorrer desta seção.

Quadro 2.1 | Fases de desenvolvimento da semente e principais alterações fisiológicas



Fonte: elaborado pela autora.

Diante disso, vamos entender o conceito de maturação de sementes? A **maturação** é um estágio que ocorre exatamente após a fase inicial de formação da semente, sendo definida como “o período de **acumulação de reservas**, e inclui a reorganização do metabolismo e a síntese de compostos de reservas” (ANGELOVICI et al., 2010, p. 211).

De maneira semelhante, Kerbauy (2017, p. 385) define que:

“a **maturação** da semente é uma fase caracterizada pela expansão celular e alocação de substâncias para os tecidos de reserva, resultando no aumento da matéria seca da semente. Por esse motivo a fase de maturação também é chamada de fase de armazenamento ou de acumulação.

É importante ressaltar que o conceito de maturação é diferente do conceito de semente madura, já que a semente madura é resultante do processo de maturação.



Assimile

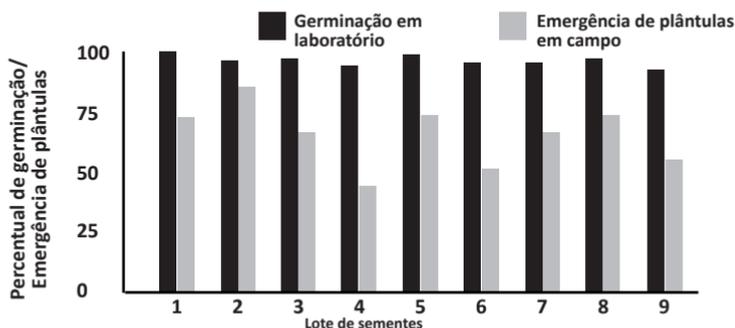
A **semente madura** é compreendida quando esta cessa os processos de divisão e expansão celular, e já passou pelas fases de maturação inicial, intermediária e tardia (EVERT et al., 2014, p. 532).

Ao decorrer desta seção, veremos que o processo de maturação engloba algumas modificações fisiológicas na semente, sendo a fase responsável em prover características de qualidade às sementes (DEVIC; ROSCOE, 2016). De forma resumida, são estas as principais modificações que ocorrem na fase de maturação das sementes: tamanho da semente, conteúdo de matéria seca, capacidade germinativa, vigor, dessecação e maturidade fisiológica (Quadro 2.1).

Para melhor compreensão dos aspectos relacionados à maturação de sementes, precisamos entender duas características de extrema importância: o vigor e a maturidade fisiológica da semente. Embora o vigor de sementes seja trabalhado com mais detalhes na Seção 2.3, neste momento, precisamos compreender o que é o vigor de sementes e como este é relacionado com a maturação. Vamos lá! Para isso, acompanhe a Figura 2.1 e considere que:

“ sob condições ótimas, sementes de diferentes lotes podem resultar em níveis similares de elevada germinação. Entretanto, estas mesmas sementes, sob condições de estresse ambiental, podem ter um vasto contraste na capacidade de estabelecimento das plântulas, devido às diferenças no seu vigor (FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016, p. 568).

Figura 2.1 | Percentual de germinação de nove lotes de sementes de beterraba em testes de germinação em laboratório e percentual de emergência de plântulas sob condições de campo

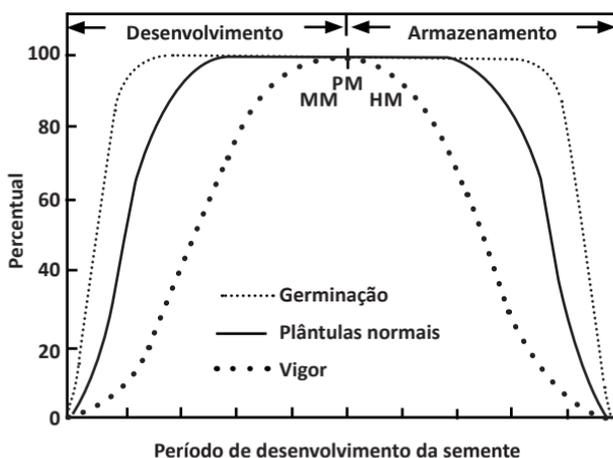


Fonte: adaptado de Finch-Savage e Bassel (2016, p. 568).

Normalmente, a germinação conduzida em laboratório possui condições ótimas para este processo, resultando em elevado percentual de sementes germinadas; enquanto no campo as sementes estão sujeitas a condições de estresse, como variações na temperatura e umidade, por exemplo, e isto resulta em diferentes índices de emergência de plântulas (Figura 2.1). É justamente no campo que se dá a importância ao vigor de sementes; então, de forma resumida, possui maior vigor aquele lote de sementes que, mesmo sob condições de estresse, consegue manter o elevado percentual de germinação e emergência de plântulas, ou seja, o vigor pode ser comparado à capacidade resiliente de um lote de sementes em se adaptar às condições de estresse no campo. Na Figura 2.1, é possível afirmar que o lote de sementes mais vigoroso foi o lote 2, com elevada emergência de plântulas em campo quando comparado aos demais.

Agora que compreendemos a definição de vigor de sementes, como este é relacionado com a maturação das sementes? O vigor tem o seu potencial máximo expresso, justamente, na maturação final, quando a semente atinge o ponto de **maturidade fisiológica** (PM). O ponto de maturidade fisiológica define o vigor máximo de uma semente, e é conceituado como o momento “quando a semente alcança a sua maturação final, com maior acúmulo de matéria seca, sendo considerado o ponto ideal para a colheita das sementes” (FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016, p. 571). Desta maneira, o vigor depende da maturação da semente. Para melhor compreensão, acompanhe a Figura 2.2.

Figura 2.2 | Variação no vigor, germinação e potencial em produzir plântulas normais durante o desenvolvimento da semente. PM – Maturidade fisiológica; MM – Máximo de matéria seca; HM – ponto de colheita.



Fonte: adaptado de Finch-Savage; Bassel (2016, p. 571).

Observe na Figura 2.2 que, durante a maturação da semente, a mesma adquire, progressivamente, a habilidade para germinar e a capacidade de produzir uma plântula normal (potencial de estabelecimento no campo). O vigor da semente aumenta progressivamente, mas seu ponto máximo é expresso justamente na maturidade fisiológica (PM), quando a semente alcança seu completo desenvolvimento (100%). É neste ponto que há uma coincidência entre o máximo de matéria seca da semente (MM) e a época ideal para a colheita (HM). Observe que, após a PM, o vigor da semente decresce, e, conseqüentemente, sua qualidade também (por isso que a PM é considerada o ponto ideal de colheita, já que, uma vez que a semente não é colhida, a mesma começa a se deteriorar em campo). Por outro lado, Leprince et al. (2017) define que uma colheita precoce pode resultar em baixo vigor e pouco estabelecimento de plântulas, pois as sementes não atingiram ainda o ponto de maturidade fisiológica. Dentro deste âmbito, vemos a importância da determinação da maturidade fisiológica, concorda?



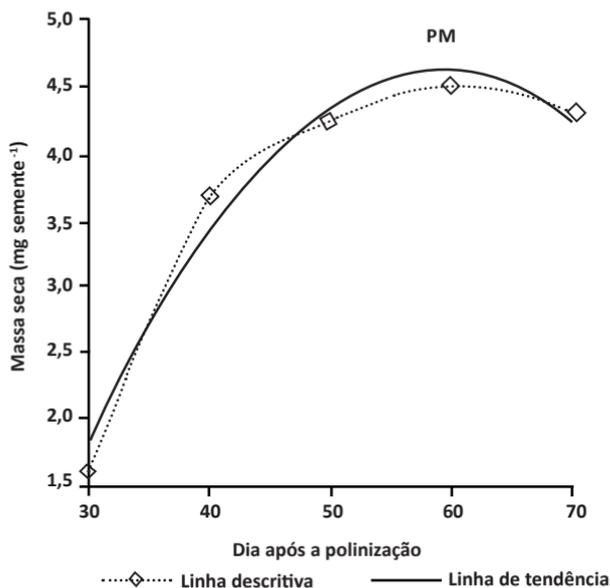
Refleta

O ponto de maturidade fisiológica define o peso máximo de matéria seca, o máximo poder germinativo e o vigor máximo de uma semente. Como este conhecimento pode ser útil aos produtores de sementes, na definição do momento ideal de colheita?

Como você pode ter notado, ao falar de maturação de sementes, uma das modificações fisiológicas cruciais que caracterizam esta fase é o acúmulo de **matéria seca** nelas. Visto que esta fase é definida como de acumulação de reservas, à medida que a semente chega ao final da maturação, mais matéria seca é acumulada, até um ponto máximo (Figura 2.3). Lembre-se de que a matéria seca são os compostos de reservas, tais como proteínas, carboidratos e lipídios, que vimos na aula anterior.

Após atingir o acúmulo máximo de matéria seca, as sementes não recebem mais os fotoassimilados da planta mãe, tornando-se independentes. Por isso, podemos levantar aqui o seguinte questionamento: a matéria seca é um parâmetro para determinar a maturidade fisiológica da semente, ou seja, o ponto de colheita ideal? Podemos esclarecer isso, afirmando que, quando a semente atinge o acúmulo máximo de matéria seca, ela está exercendo plenamente todas as suas funções fisiológicas e, portanto, já alcançou o ponto ideal de colheita (maturidade fisiológica), então, esta é uma das “chaves” que podem ser utilizadas em campo na produção e tecnologia de sementes. Assim, conforme a Figura 2.3, após o acúmulo máximo de matéria seca, observa-se que esta começa a decrescer, porque a semente começa a se deteriorar em campo (BORGES, 2018).

Figura 2.3 | Matéria seca de sementes de tomateiro híbrido BRS Nagai (*Solanum lycopersicum* L.) colhidos aos 30, 40, 50, 60 e 70 dias após a polinização. PM – Maturidade fisiológica



Fonte: adaptada de Borges (2018, p. 54).

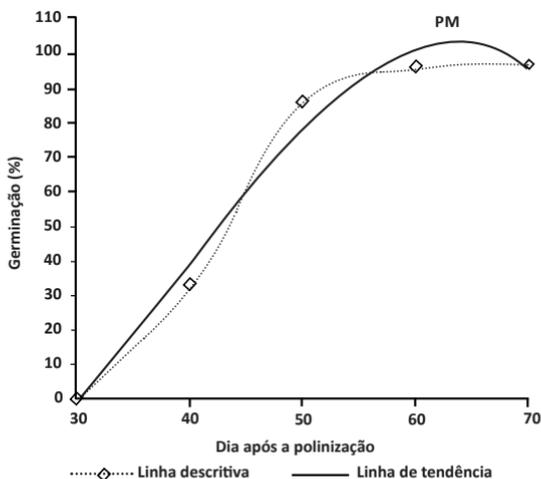
Dentre as modificações fisiológicas de maturação das sementes, será que o tamanho das sementes também pode ser considerado como indicativo preciso para a maturidade fisiológica delas? O tamanho da semente como parâmetro de maturidade fisiológica tem sido muito discutido entre os pesquisadores como indicativo impreciso, ou seja, o tamanho máximo de uma semente não garante sua maturidade fisiológica. Segundo Mendes et al. (2006), normalmente, há um decréscimo do tamanho no final da maturação, explicado pela perda de água, pela dessecação.

Podemos também relacionar maturidade fisiológica com **capacidade germinativa**. A capacidade germinativa, em termos fisiológicos, é conceituada quando uma semente chega ao final do processo de germinação, resultando no crescimento do embrião e protusão da radícula (RANAL; SANTANA, 2006), sendo que este parâmetro, normalmente, é expresso em valores percentuais de um lote de sementes. Na Figura 2.2, apresentada anteriormente, observamos que, quanto mais próximo da maturidade fisiológica, maior a capacidade germinativa da semente.

Para ressaltar o quanto a maturação se relaciona com a germinação de sementes, acompanhe a Figura 2.4. Note que, quanto mais a semente

progride na maturação, maior o percentual de germinação, ou seja, a capacidade germinativa que a mesma pode alcançar (BORGES, 2018). Portanto, do ponto de vista do produtor, a fase final da maturação é a melhor época para a colheita da semente, assim como no acúmulo máximo de matéria seca, pois ambos coincidem com a maturidade fisiológica.

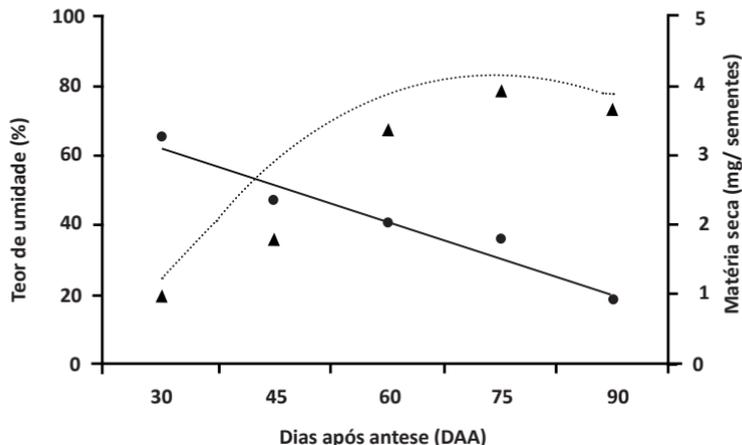
Figura 2.4 | Capacidade germinativa de sementes de tomateiro híbrido BRS Nagai (*Solanum lycopersicum* L.) colhidas aos 30, 40, 50, 60 e 70 dias após a polinização. PM – Maturidade fisiológica



Fonte: adaptado de Borges (2018, p. 57).

Por fim, um dos eventos que ocorre durante a maturação da semente (e caracteriza o final desta fase) é o decréscimo progressivo no conteúdo de água (teor de umidade). O decréscimo no teor de umidade da semente é conhecido também como “**dessecação**, na qual o embrião entra em um estado quiescente (repouso), permitindo a manutenção de sua sobrevivência sob diferentes condições ambientais” (GUTIERREZ et al., 2007, p. 294). Na maturação das sementes, a dessecação ocorre, normalmente, inversamente ao acúmulo de matéria seca, como podemos observar na exemplificação apresentada para as sementes de pimenta (Figura 2.5). Contudo, algumas espécies ao atingirem o máximo de massa seca, ainda podem conter elevado teor de umidade, e a mesma tende a decrescer apenas ao final da maturidade fisiológica (ALVES et al., 2005).

Figura 2.5 | Teor de água e acúmulo de matéria seca em sementes de pimenta (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* (Willd.) Eshbaugh), em função dos dias após a antese



Fonte: Figueiredo et al. (2017, p. 4).

Assim, como vimos para outras características alterações (vigor, capacidade germinativa e massa seca), à medida que a semente alcança sua maturidade fisiológica, esta sofre dessecação. Contudo, a dessecação é diferenciada em três classes de sementes durante a maturação: as ortodoxas, as recalcitrantes e as intermediárias. Vamos conhecê-las com mais detalhes?

As **sementes ortodoxas** são definidas por possuírem tolerância à dessecação (podem chegar de 2% a 5% no seu conteúdo de água), além de poderem ser armazenadas após a maturação por longo período de tempo (ANGELOVICI et al., 2010; JOSÉ et al., 2007). Em contraste, as **sementes recalcitrantes** são definidas por sua baixa tolerância à dessecação, não sofrendo, portanto, dessecação acentuada ao final da maturação (DEVIC; ROSCOE, 2016) e não tolerando dessecação abaixo de 12% de umidade. Mesmo após a maturação, ainda permanecem com elevado conteúdo de água e o metabolismo ativo, consequentemente, não podem ser armazenadas por longo período de tempo, já que estão sujeitas à rápida deterioração (ANGELOVICI et al., 2010; JOSÉ et al., 2007). E as sementes **intermediárias** são definidas por não tolerarem dessecação a níveis baixos de umidade, mas podem chegar entre 10% e 12% no conteúdo de água e serem armazenadas por período superior às recalcitrantes (JOSÉ et al., 2007).



Exemplificando

As sementes podem ser classificadas quanto à dessecação na maturação. Vejamos alguns exemplos de sementes ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias.

Ortodoxas: feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), milho (*Zea mays* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.).

Recalcitrantes: Cacau (*Theobroma cacao* L.), Manga (*Mangifera indica* L.) e Seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.).

Intermediária: Café arábica (*Coffea arabica* L.) (BRANDÃO JÚNIOR et al., 2002).

Diante do que vimos, podemos afirmar que as sementes ortodoxas são aquelas nas quais ocorrem a dessecação com maior intensidade na fase de maturação. Além disso, é possível afirmar que a dessecação é um parâmetro para determinar a maturidade fisiológica da semente, desde que conheçamos a classificação das sementes quanto à dessecação na maturidade. Embora sementes recalcitrantes mantenham elevado teor de água, mesmo ao atingir a maturidade fisiológica, é possível observar pequenas alterações no teor de água destas.

Nesta primeira seção da unidade, você compreendeu que a fase de maturação das sementes é responsável por prover características de qualidade para estas, mas, principalmente, ao alcançar a sua maturidade fisiológica, já que as características de qualidade são proeminentes neste ponto. Portanto, convidamos você a avançar para a Seção 2.2, na qual estudaremos germinação de sementes.

Sem medo de errar

Você está lembrado dos ensaios com as sementes na qual você e sua equipe estão responsáveis? Na empresa Solanum, na qual você trabalha como agrônomo pesquisador, você necessita apontar para sua equipe possíveis sugestões para a determinação da maturidade fisiológica nos ensaios com sementes de tomate.

Diante disso, você deve responder: para avaliar a maturidade fisiológica das sementes, quais parâmetros você recomendará à sua equipe para as avaliações? Como cada um destes parâmetros a serem indicados podem apontar a maturidade fisiológica das sementes? Por meio da maturação das sementes, como você e sua equipe podem determinar a época ideal de colheita das sementes de tomate?

Como o objetivo da empresa é produzir sementes de elevada qualidade, que garantam elevada produtividade em campo, ensaios experimentais com a maturação das sementes são de crucial importância, pois esta fase determina algumas características de qualidade para elas.

No primeiro ensaio no qual você e sua equipe estão conduzindo sobre determinação da maturidade fisiológica de sementes de tomate, algumas decisões necessitam ser apontadas e discutidas entre os componentes da equipe de pesquisa. Como sugestão dos parâmetros que permitem avaliar a maturidade fisiológica das sementes, você deve recomendar à sua equipe a avaliação dos seguintes parâmetros para as duas variedades de tomate: vigor, acúmulo de matéria seca, capacidade germinativa e teor de água, que devem ser analisados durante toda a maturação das sementes, pois estes são os principais parâmetros que determinam o ponto de maturidade fisiológica das sementes.

Neste momento, explique à sua equipe que, ao avaliar o vigor durante toda a maturação das sementes, é esperado que o maior vigor expresse a maturidade fisiológica das sementes. De maneira semelhante, o acúmulo de matéria seca, progressivamente, atingirá o seu ponto máximo quando a semente alcançar sua maturidade fisiológica, assim como a maior capacidade germinativa é expressa, normalmente, próxima da maturidade fisiológica. Além desses parâmetros, sugira avaliar o teor de água, pois este tenderá a decrescer à medida que a semente atingir sua maturidade fisiológica, visto que o tomate é classificado como semente ortodoxa, quanto à tolerância à dessecação.

Diante disso, todos estes parâmetros, avaliados conjuntamente, poderão determinar a época exata de maturidade fisiológica das sementes. Após esta determinação, você e sua equipe poderão determinar a época exata de colheita, no momento em que as sementes atingirem sua maturidade fisiológica, pois é neste ponto que ela possuirá sua qualidade máxima, e, conseqüentemente, poderá ser lançada no mercado de sementes, caso os resultados sejam satisfatórios.

Avançando na prática

Colheita das sementes de feijoeiro

Descrição da situação-problema

As sementes de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) disponíveis no mercado possuem o número variável de dias de duração do ciclo da cultura, e, normalmente, os produtores programam a época de colheita para as sementes de acordo com a duração média do ciclo. Como sabe-se que o número de dias para completar o ciclo do feijoeiro é variável e muitos são os fatores que interferem na maturação das sementes. Neste contexto, o Sr. Antônio, produtor de sementes de feijão, no estado de Goiás, preocupado em determinar a época ideal de colheita das sementes

(ou seja, o dia exato na qual elas podem ser colhidas), contrata-lhe para prestar uma consultoria à sua propriedade. Nesta última safra, as condições climáticas variaram bastante, e o Sr. Antônio sabe que isso pode ter influenciado na fase de maturação das sementes. Como você poderá indicar ao produtor a época ideal de colheita das sementes? Como você pode explicar ao produtor que a época ideal de colheita permitirá que as sementes atinjam sua qualidade máxima?

Resolução da situação-problema

Ao visitar a propriedade do Sr. Antônio, indique a ele alguns parâmetros que podem ser utilizados para apontar a época ideal de colheita das sementes de feijão. Ao final da maturação, algumas modificações fisiológicas nas sementes indicam a época ideal de colheita, ou seja, o momento em que as sementes chegam à sua maturidade fisiológica. Diante disso, de maneira prática, sugira ao produtor que ele avalie o teor de água e a massa seca das sementes próximo do final do ciclo da cultura. Esta avaliação pode ser feita em amostras de sementes, coletadas por você e enviadas a um laboratório próximo para determinação rápida do teor de água e massa seca das sementes.

Uma vez que você tenha os resultados das análises em mãos, poderá compará-los com dados disponíveis na literatura sobre sementes de feijão e seu ponto de maturidade fisiológica, relacionando o teor de água e a massa seca ao término da maturação. A época ideal de colheita será aquela na qual as sementes atingiram elevado decréscimo no teor de água, já que o feijoeiro é uma semente ortodoxa, e também acúmulo elevado na massa seca das sementes. Além disso, explique ao Sr. Antônio a importância da determinação da época ideal de colheita, pois é nesta época que as sementes possuem qualidade máxima, devido à maturidade fisiológica das sementes. Consequentemente, é nesse período que as sementes desempenharão, em plenitude, todas as suas funções fisiológicas.

Faça valer a pena

1. A maturidade fisiológica é definida como o ponto em que a semente alcança sua maturação final e expressa seu potencial máximo na qualidade. Durante a maturação das sementes, as mesmas passam por algumas alterações fisiológicas; alterações essas que se acentuam no ponto de maturidade fisiológica das sementes.

Selecione a alternativa que contém os indicativos de que a semente atingiu sua maturidade fisiológica:

- a) Acúmulo máximo de matéria seca, capacidade germinativa máxima, vigor máximo e teor máximo de água.
- b) Tamanho máximo da semente, decréscimo máximo na matéria seca, vigor máximo e dessecação.
- c) Acúmulo máximo de matéria seca, capacidade germinativa máxima, vigor máximo e dessecação
- d) Acúmulo máximo de matéria seca, capacidade germinativa máxima, decréscimo no vigor e dessecação.
- e) Decréscimo máximo de matéria seca, capacidade germinativa máxima, vigor máximo e teor máximo de água.

2. A dessecação (perda do teor de água) nas sementes é uma das fases que contribui para a caracterização do ponto de maturidade fisiológica destas. Contudo, algumas sementes são classificadas **intolerantes ao dessecação** e mantêm teor elevado de água, enquanto outras perdem elevados teores de água, pois são **tolerantes à dessecação**. Um terceiro grupo, considerado intermediário, apenas **não tolera a dessecação a níveis muito baixos**.

Selecione a alternativa que apresenta exemplos de sementes recalcitrante, intermediária e ortodoxa, nesta ordem:

- a) Café arábica (*Coffea arabica* L.), Trigo (*Triticum aestivum* L.) e cacau (*Theobroma cacao* L.).
- b) Trigo (*Triticum aestivum* L.), Café arábica (*Coffea arabica* L.) e Milho (*Zea mays* L.).
- c) Cacau (*Theobroma cacao* L.), Manga (*Mangifera indica* L.) e Trigo (*Triticum aestivum* L.).
- d) Manga (*Mangifera indica* L.), Café arábica (*Coffea arabica* L.) e Milho (*Zea mays* L.).
- e) Cacau (*Theobroma cacao* L.), Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e Milho (*Zea mays* L.).

3. Sementes vigorosas são aquelas em que, mesmo sob condições de estresse ambiental, conseguem manter elevadas capacidades germinativas e emissão de plântulas em campo, sendo o vigor, característica determinante na escolha dos melhores lotes de sementes. Diante disso, considere quatro lotes de sementes de determinada espécie de interesse agrônomo: A, B, C e D. Em condições de laboratório, os lotes apresentaram os seguintes percentuais germinativos: A – 100%; B – 100%; C – 90%; D – 98%. Contudo, em condições de campo, os lotes apresentaram em duas condições diferentes (favorável e desfavorável), os seguintes percentuais de emergência de plântulas, respectivamente: A – 95% e 95%; B – 95% e 60%; C – 70% e 50%; D – 80% e 87%.

Diante do percentual germinativo em laboratório e da emergência de plântulas em campo, qual(is) lote(s) de sementes possui(em) maior vigor?

- a) Lotes A e C.
- b) Lotes A e B.
- c) Lotes B e C.
- d) Lote A e D.
- e) Lote B e D.

Germinação de sementes

Diálogo aberto

Nos campos de produção agrícola, as sementes, como insumo primordial para o estabelecimento das culturas de interesse agrônomo, são submetidas a diversas condições ambientais. Portanto, por meio da compreensão do mecanismo germinativo das sementes, assim como dos fatores que favorecem ou impedem sua germinação, melhores serão as tomadas de decisões a nível de campo, como a melhor época de semeadura e, quando possível, o manejo adequado das condições ambientais.

Neste âmbito, você, na função de agrônomo pesquisador da empresa Solanum, que atua no setor de produção de sementes de hortaliças, compõe uma equipe de pesquisa que avalia ensaios no campo experimental da empresa. A equipe de pesquisa, também composta por outros agrônomos, trabalha de maneira dinâmica, discutindo entre si as características dos ensaios avaliados, com objetivo de selecionar sementes de elevada qualidade. Você está lembrado do segundo ensaio na qual precisarão avaliar os fatores que afetam a germinação de sementes de uma variedade de tomate que está sendo testada?

Neste ensaio com sementes de uma variedade de tomate, você e sua equipe decidiram testar as sementes em duas condições: em uma disponibilidade hídrica normal e com elevada disponibilidade hídrica. O objetivo é descobrir as respostas do metabolismo germinativo das sementes diante dessas duas condições. A partir de então, sua equipe lhe solicitou uma prévia das possíveis respostas germinativas das sementes: **como a elevada disponibilidade hídrica pode afetar o metabolismo germinativo das sementes? Nas duas condições do ensaio, qual pode apresentar maior velocidade de germinação? E quais fatores, além da disponibilidade hídrica, podem interferir no metabolismo germinativo das sementes de tomate?**

Diante disso, para responder a esses questionamentos da sua equipe, você precisará conhecer a germinação das sementes, assim como as fases que compõem este processo. Além disso, precisará conhecer o metabolismo fisiológico e bioquímico da germinação, com os seus seguintes componentes: embebição, regulação hormonal, digestão das reservas da semente, respiração, translocação e assimilação de nutrientes, aliados aos fatores que afetam a germinação.

Então, prossiga! Desvende o processo germinativo das sementes, bem como os fatores que contribuem ou impedem a germinação destas. Bom estudo!

Nesta seção, falaremos da germinação de sementes como um processo fisiológico e metabólico complexo, que envolve muitos fatores que podem promover ou impedir a germinação. Dentro deste âmbito, a importância da compreensão de como germina uma semente é crucial para o sucesso do estabelecimento das culturas agrícolas em campo.

Sendo assim, em linhas gerais, o conceito de **germinação**, do ponto de vista da tecnologia de sementes é: o seu início ocorre com a embebição, culminando no desenvolvimento da estrutura embrionária e na formação de uma plântula em que sejam evidentes suas partes constituintes (MARCOS FILHO, 2015).

Contudo, é importante abrirmos aqui um parêntese, pois o conceito de germinação varia de acordo com a área de estudo. Por exemplo, do ponto de vista da fisiologia vegetal, a germinação é conceituada como o desenvolvimento da estrutura embrionária, que se inicia com a absorção de água pela semente e se encerra com a protusão da raiz primária (TAIZ et al., 2017).

Portanto, no enfoque desta disciplina, consideraremos, em laboratório, a germinação de sementes como a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 2009, p. 148).

Pois bem, vamos compreender, a partir de agora, como funciona a germinação das sementes? Antes disso, lembre-se do que vimos na Seção 2.1: no final da maturação das sementes, estas passam pelo processo de dessecação, principalmente as ortodoxas, permanecendo com um baixo grau de umidade. É justamente esta pouca disponibilidade de água, aliada a outros fatores, que permite à semente entrar no estado de **repouso fisiológico**, também conhecido como estado de latência ou criptobiose.



Assimile

O **repouso fisiológico** é caracterizado pela redução da atividade metabólica, aliada ao grau de umidade relativamente baixo, após a maturidade da semente (MARCOS FILHO, 2015).

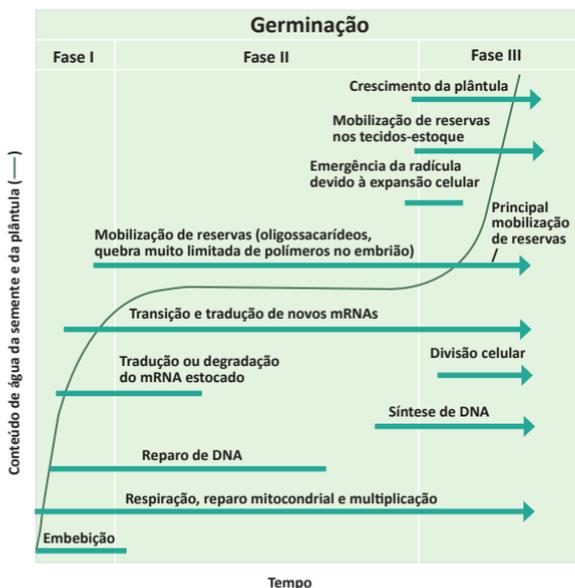
Deste modo, uma semente denominada **quiescente** é aquela que pode sair do estado de repouso, com estímulos ambientais favoráveis à sua germinação; o que é diferente das sementes dormentes, pois sob condições ambientais favoráveis, as mesmas podem não germinar, em período de tempo específico, devido a diferentes fatores. Veremos ao longo da aula, detalhadamente, quais estímulos são estes, mas podemos adiantar que a disponibilidade de água

é o fator inicial para a semente sair do repouso fisiológico e desencadear o processo germinativo.

Sendo assim, o início da hidratação das sementes constitui o ponto de partida para a germinação, pois é a água que reativa o metabolismo dela. O processo de hidratação das sementes é caracterizado por possuir três fases distintas: Fase I, Fase II e Fase III, sendo que, em cada uma destas fases, além de ocorrer variação do conteúdo de água, também acontece, simultaneamente, todo o metabolismo fisiológico e bioquímico da germinação (Figura 2.6). Vamos compreender, passo a passo, o processo germinativo?

Na fase I, denominada **fase de embebição**, se observa elevação acentuada do conteúdo de água na semente (Figura 2.6), que acontece devido às diferenças de potencial hídrico (ψ_w) entre o interior da semente e o ambiente externo (o substrato, por exemplo). O potencial hídrico ψ_w é uma força física, expresso em valores negativos, e é responsável em reger o processo de embebição da semente (GUIMARÃES et al., 2008). Mas, como o potencial hídrico contribui para a embebição da semente? Quando o ψ_w da semente é mais baixo (isso ocorre quando a semente possui baixo conteúdo de água), do que o do ambiente externo, o conteúdo de água tende a se deslocar para o interior da semente. Por meio disso, podemos completar: a semente que possui baixo conteúdo de água (dessecação ao final da maturação), ao ser submetida a um substrato úmido, será hidratada, rapidamente.

Figura 2.6 | Fases do processo germinativo, metabolismo fisiológico e bioquímico das sementes



Fonte: adaptado de Taiz et al. (2017, p. 521).

Diante da hidratação da semente iniciada na Fase I, é importante ressaltar que a água desempenha algumas funções durante todo o processo germinativo das sementes. De acordo com Marcos Filho (2015, p. 202):

“A água apresenta grande importância na germinação das sementes, contribuindo para amolecer o tegumento, intensificar a velocidade respiratória, favorecer as trocas gasosas, induzir a síntese e atividade de enzimas e hormônios, contribuir significativamente para a regularidade da digestão, translocação e assimilação das reservas.

Dando continuidade, enquanto na fase I ocorre elevação acentuada do conteúdo de água, na fase II, este conteúdo se estabiliza, pois as células estão túrgidas, sendo a fase em que muitos processos metabólicos ocorrem para o crescimento do embrião (CARDOSO, 2017). Além disso, a fase II pode ser considerada como fase preparatória, que precede o crescimento, já que a protusão da radícula através da casca da semente, marca o final desta fase (TAIZ et al., 2017). Por fim, na fase III, há retomada da absorção de água, ou seja, sua demanda hídrica cresce novamente, para suprir o crescimento a plântula (CARDOSO, 2017), portanto, esta última fase é marcada pelo início da germinação visível.



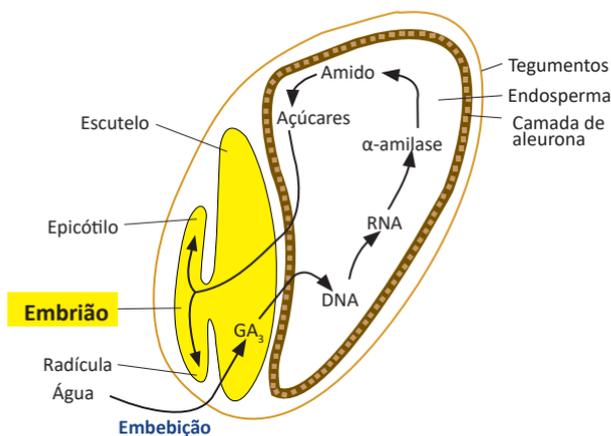
Refleta

As fases I e III são aquelas que apresentam demanda elevada de água, tanto para a reativação do metabolismo germinativo da semente, como para o crescimento da plântula. Diante disso, um déficit hídrico elevado, durante estas fases, pode ser prejudicial ao processo germinativo das sementes? Caso haja um déficit hídrico, como ficaria o estabelecimento das plântulas em campo? Será que ocorreria menor percentual germinativo das sementes ou desuniformidade do estabelecimento das plântulas?

Agora que entendemos a variação do conteúdo de água durante as fases germinativas, vamos prosseguir para os processos metabólicos e fisiológicos da germinação. Portanto, considere que a água já permeou o interior da semente, por meio da embebição. Neste momento (Figura 2.7), a água, ao chegar no embrião, faz com que ele induza a liberação do hormônio **giberelina**, principalmente como ácido giberélico (GA_3), sendo o mesmo transportado para a camada de aleurona do endosperma (MA et al., 2017). A **camada de aleurona** é constituída por células especializadas na produção de enzimas hidrolíticas, que circundam o endosperma, principalmente de sementes de gramíneas (EVERT et al., 2018). Sendo assim, qual a função

do ácido giberélico na semente? Induzir as células da camada de aleurona a produzirem enzimas hidrolíticas, as quais atuarão na quebra das moléculas de reservas armazenadas na semente, como o amido, por exemplo.

Figura 2.7 | Processo metabólico desencadeado pela embebição em uma semente de gramínea



Fonte: adaptado de Ma et al. (2017, p. 461).

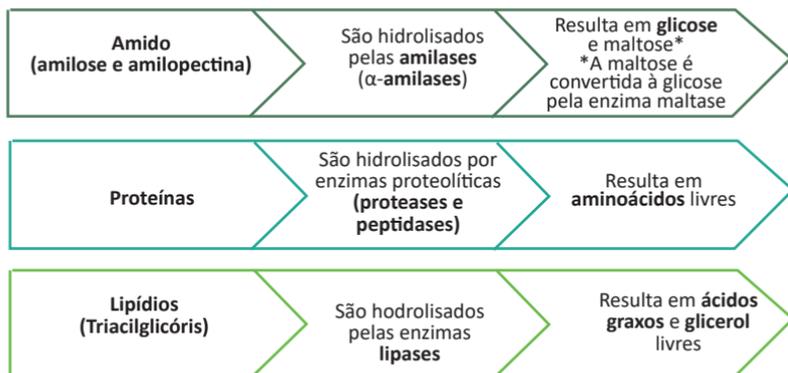
Observe na Figura 2.7 que o ácido giberélico (α) induz genes a codificarem RNA para produzir a enzima hidrolítica α -amilase, responsável em degradar moléculas de amido, em monossacarídeos, como a glicose, por exemplo (MARCOS FILHO, 2015). Deste modo, as reservas acumuladas nas sementes durante a maturação destas, na germinação, serão reutilizadas, por meio da hidrólise (quebra) e mobilização (transporte), para o crescimento do embrião e emissão da plântula. Isso se inicia ao final da fase I e percorre as fases II e III (Figura 2.6).

Lembre-se de que vimos, na Seção 1.3, que os compostos de reservas são principalmente os carboidratos, os lipídios e as proteínas. Porém, estando armazenados nos cotilédones ou no endosperma da semente, estes necessitarão ser transportados, célula a célula, até os pontos de crescimento do embrião (epicótilo e radícula) (Figura 2.7); contudo, este transporte só será possível se as moléculas forem simplificadas (MARCOS FILHO, 2015).

Por isso, acompanhe o Quadro 2.2, sobre o processo metabólico de digestão das reservas das sementes. A absorção de água pelas sementes ativa as enzimas que realizam a hidrólise das reservas de amido, proteínas e lipídios, em moléculas de açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos, os quais serão utilizados para o crescimento do eixo embrionário (MA et al., 2017).

As principais enzimas que atuam no processo metabólico de digestão dos compostos de reservas das sementes são as amilases, as proteases, as peptidases e as lipases (Quadro 2.2).

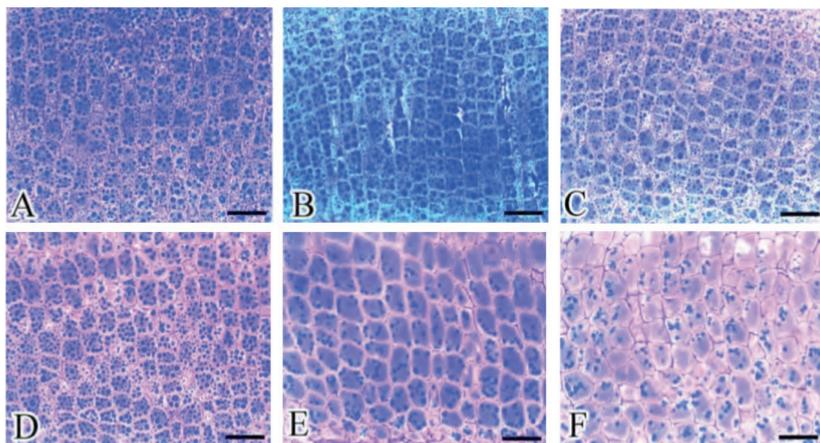
Quadro 2.2 | Hidrólise dos compostos de reservas das sementes, por meio de enzimas hidrolíticas



Fonte: adaptado de Ali e Elozeiri (2017); Ma et al. (2017) e Marcos Filho (2015).

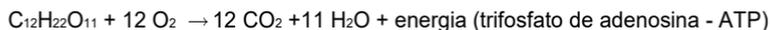
Sendo assim, tudo que é hidrolisado tem que ser mobilizado para o eixo embrionário, mas o interessante é que essa mobilização das reservas ocorre aos poucos. Observe, na Figura 2.8, que, após a embebição, é notório, ao longo dos 10 dias, a hidrólise e mobilização gradual das reservas lipídicas do endosperma de sementes de *Passiflora edulis* Sims fo. *flavicarpa* O. Deg. (TOZZI, 2010). Cada vez mais, as reservas diminuem de tamanho (são hidrolisadas pelas enzimas), e muitas células, antes ocupadas por compostos lipídicos, ao décimo dia de germinação, apresentam-se quase vazias. Isso deixa evidente que tais reservas foram mobilizadas para o crescimento do embrião.

Figura 2.8 | Mobilização gradual das reservas lipídicas do endosperma durante a germinação de sementes de *Passiflora edulis* Sims fo. *flavicarpa* O. Deg. Dias após a embebição: A - 0; B - 2; C - 4; D - 6; E - 8; F - 10.



Fonte: adaptado de Tozzi (2010, p. 27).

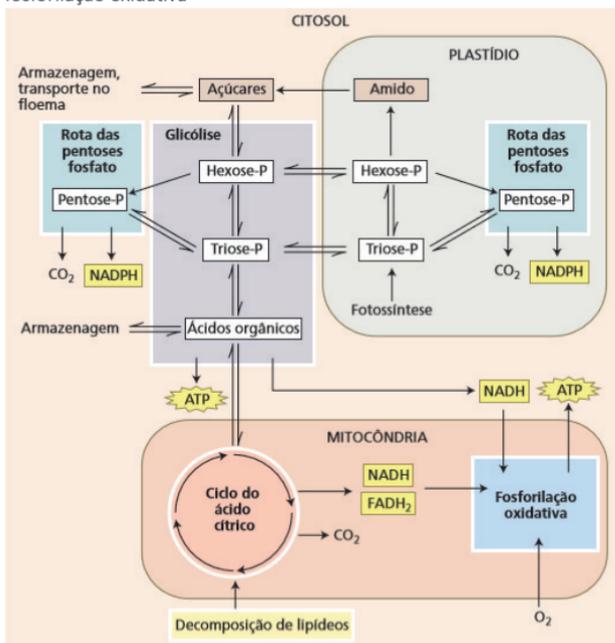
Outro ponto muito importante do metabolismo germinativo é a respiração das sementes. Durante a germinação, as sementes utilizam açúcares e outras moléculas como substrato para a respiração (ALI; ELOZEIRI, 2017). Sendo assim, a respiração aeróbica (com presença de oxigênio) é representada pela seguinte equação simplificada (KERBAUY, 2017, p. 198):



Observe na equação apresentada: quando uma molécula de sacarose é conduzida à respiração aeróbica, a energia gerada, na forma de trifosfato de adenosina (ATP) é o principal produto do processo respiratório. Deste modo, apresentaremos, aqui, o processo respiratório aeróbico das sementes de uma maneira simplificada, contudo o seu processo metabólico é complexo, sendo dividido em três fases bioquímicas: glicólise, ciclo do ácido cítrico e fosforilação oxidativa (Figura 2.9).

Resumidamente, podemos descrever o que ocorre na Figura 2.9, na qual os açúcares são convertidos, na fase de glicólise, em ácidos orgânicos. A partir de então, os ácidos orgânicos são encaminhados para o ciclo do ácido cítrico (ciclo de Krebs), onde são oxidados. Desta maneira, moléculas produzidas nesta fase fornecem a energia para a síntese de ATP na fosforilação oxidativa.

Figura 2.9 | Processo respiratório aeróbico geral, dividido nas fases: glicólise, ciclo do ácido cítrico e fosforilação oxidativa



Fonte: Taiz et al. (2017, p. 318).

Diante disso, qual a função da respiração na germinação das sementes? Sua função é a produção de energia química, na forma de moléculas de ATP, para serem utilizadas na manutenção das atividades metabólicas durante a germinação das sementes (MARCOS FILHO, 2015). Por exemplo, para a mobilização das reservas é necessária energia, portanto, a respiração ocorre, simultaneamente, com a digestão enzimática dos compostos de reservas.

Além disso, a atividade respiratória varia durante as fases de germinação. Na fase I ocorre rápido aumento da respiração, pois as células necessitam de energia para reativar o metabolismo da semente. Na fase II ocorre estabilização, e na fase III, elevação na atividade respiratória, para a emissão da plântula (TOZZI, 2010).

Agora, considere uma situação, com ausência ou baixa disponibilidade de oxigênio. Quando isto ocorre, não há como o processo respiratório completar suas três fases. Diante disso, é desenvolvido o metabolismo fermentativo, devido à respiração anaeróbica (TAIZ et al., 2017). Como resultado, são gerados, etanol e lactato, compostos tóxicos às células da semente (KERBAUY, 2017).



Refleta

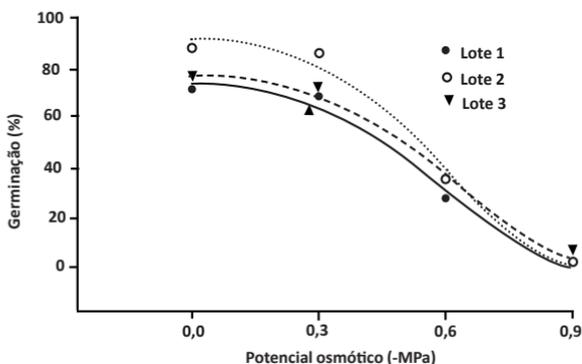
Como o processo respiratório anaeróbico é prejudicial à semente, pense em quais situações práticas em campo podem ocorrer ausência ou baixa disponibilidade de oxigênio às sementes, durante o processo germinativo.

Para finalizarmos, veremos, agora, quais são os fatores que afetam o processo germinativo. É importante compreender a relação dos fatores ambientais e a germinação, pois eles influenciam na velocidade, percentagem e uniformidade de germinação de uma população de sementes. Sendo assim, nesta aula, estudaremos apenas os fatores extrínsecos à semente, que exercem influência direta sobre a germinação, sendo eles: a disponibilidade de água, a temperatura e o oxigênio (MARCOS FILHO, 2015). Vamos entendê-los de forma mais detalhada?

Quanto à disponibilidade hídrica, vimos, ao longo desta aula, que a hidratação da semente reativa os metabolismos fisiológico e bioquímico da germinação, desempenhando diversas funções neste processo. Sendo assim, lembra-se do potencial hídrico que explicamos no início da aula? Pois bem, agora, vamos considerar o contrário, quando o potencial hídrico do ambiente externo é mais baixo do que o da semente, caracterizando um déficit hídrico, o processo de embebição é prejudicado, pois a semente não consegue absorver a água ou a absorve em quantidades insuficientes. Para melhor entendimento, acompanhe a Figura 2.10, na qual o déficit hídrico é expresso em potencial osmótico, em que, quanto maior o déficit hídrico, menor o

percentual germinativo de lotes de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.), pois todo o processo germinativo é prejudicado. Enquanto, numa condição normal, sem déficit hídrico (0,0 MPa), ocorre a máxima germinação.

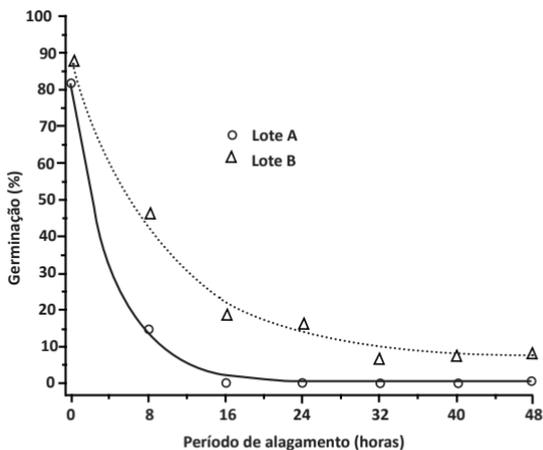
Figura 2.10 | Efeito do déficit hídrico na germinação de lotes de sementes de cenoura



Fonte: adaptado de Silva et al. (2011, p. 41).

Mas, se em vez do déficit hídrico ocorrer elevada disponibilidade hídrica, pelo encharcamento do solo, ocasionado por chuvas ou irrigação excessivas, o que acontece com a germinação das sementes? A germinação é prejudicada, podendo levar até a morte das sementes. Isso foi constatado, por Custódio et al. (2002), em lotes de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (Figura 2.11), que apontou como causa da germinação prejudicada, a falta de oxigênio para as sementes, devido ao encharcamento do solo. Então, vemos aqui outro fator ambiental que pode afetar a germinação: a falta de oxigênio. Sem oxigênio, é induzida uma alteração na via respiratória aeróbia para a fermentativa, que produz compostos tóxicos, como o etanol, por exemplo, ocasionando a morte das sementes (CUSTÓDIO et al., 2002).

Figura 2.11 | Germinação de dois lotes de sementes de feijão, obtidos através de diferentes períodos de encharcamento



Fonte: adaptado de Custódio et al. (2002, p. 51).

E a temperatura, como ela pode influenciar na germinação das sementes? É importante salientarmos que toda espécie de semente possui uma temperatura ótima para a germinação, na qual a eficiência do processo é máxima, como também existem as temperaturas extremas, máxima e mínima, quando a germinação é zero. As temperaturas ótima, máxima e mínima constituem as temperaturas cardeais para a germinação (MARCOS FILHO, 2015).



Exemplificando

Observe as temperaturas cardeais (°C) da abóbora (*Cucurbita* máxima Duchesne) e do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) para a germinação.

Quadro 2.3 | Temperaturas cardeais para a germinação

Espécie	Mínima	Ótima	Máxima
Abóbora	12	32	40
Feijão-caupi	10	36	40

Fonte: adaptado de Motsa et al. (2015, p. 31).



Saiba mais

Consulte o texto complementar sobre os fatores que influenciam na germinação de sementes:

NASSIF, S. M. Longo; VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. **Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação das sementes.** Abril, 1998.

Nesta aula, você aprendeu como germina uma semente e quais fatores podem afetar este processo. Deste modo, convidamos você para prosseguir para a Seção 2.3, na qual aprenderemos outras características das sementes: dormência e vigor. Siga em frente!

Sem medo de errar

Você está lembrado do ensaio com as sementes de tomate na qual você e sua equipe são responsáveis na empresa Solanum? Todos da equipe decidiram testar as sementes da variedade de tomate em duas condições: em uma disponibilidade hídrica normal e com elevada disponibilidade hídrica, com o objetivo de descobrir as respostas do metabolismo germinativo das sementes diante dessas duas condições.

A partir de agora, você necessita apresentar à sua equipe, uma prévia das possíveis respostas germinativas das sementes nas duas condições testadas.

Portanto, o primeiro questionamento levantado pela equipe foi: **como a elevada disponibilidade hídrica pode afetar o metabolismo germinativo das sementes?** A partir dos seus conhecimentos, você pode afirmar que, na condição de elevada disponibilidade hídrica, onde o solo é passível de encharcamento, o processo germinativo poderá ser totalmente prejudicado, a depender do nível de encharcamento. Acontece que o solo encharcado impede a disponibilidade de oxigênio às sementes, sendo o oxigênio primordial para a respiração aeróbica destas. Uma vez que há falta de oxigênio, a semente muda a rota metabólica para a respiração anaeróbica, também considerada como fermentativa, e nesse metabolismo são produzidos compostos tóxicos à semente, os quais podem causar a morte destas.

A segunda pergunta que a equipe lhe fez foi: **nas duas condições do ensaio, qual pode apresentar maior velocidade de germinação?** Você pode afirmar que para a condição de disponibilidade hídrica normal para as sementes de tomate a velocidade de germinação se apresentará maior, em comparação à elevada disponibilidade hídrica. Isso ocorre porque, na condição normal, a germinação, bem como suas atividades fisiológicas e metabólicas, possivelmente seguirá o processo normal germinativo. Enquanto que, com a elevada disponibilidade hídrica, a depender do nível de encharcamento do solo, poderá não ocorrer germinação das sementes ou velocidade de germinação muito baixa, devido ao fator oxigênio, explicado anteriormente.

Por fim, o último questionamento feito foi: quais fatores, além da disponibilidade hídrica, podem interferir no metabolismo germinativo das sementes de tomate? Você deve dizer que, além da disponibilidade hídrica, o oxigênio e a temperatura são os fatores externos ambientais, que podem interferir no metabolismo germinativo das sementes de tomate. O oxigênio relaciona-se com a disponibilidade hídrica excessiva do solo, culminando na interferência na atividade respiratória, como já discutido. E a temperatura pode interferir no percentual germinativo, pois cada espécie possui uma temperatura ótima, máxima e mínima para a germinação.

Fatores que interferem na germinação de sementes de abóbora

Descrição da situação-problema

Considere que você atua como agrônomo consultor na área de olericultura, atendendo, principalmente, propriedades agrícolas na Região Sul do país. Em uma das propriedades, pertencente ao Sr. José, você efetuou a semeadura de sementes de abóbora, com condições ambientais ideais de disponibilidade hídrica e oxigênio no solo para o processo germinativo, sendo a temperatura média diária durante o período germinativo das sementes de 14°C . O Sr. José observou que a velocidade germinativa, visivelmente com a emissão das plântulas, estava muito lenta. Sendo assim, ele lhe fez os seguintes questionamentos: por que a velocidade germinativa das sementes se apresentou lenta? Qual(is) fator(es) ambiental(is) pode(m) ter influenciado na velocidade germinativa das sementes?

Resolução da situação-problema

Você, ao analisar a situação, verificou que a disponibilidade hídrica no solo estava adequada, deste modo, a disponibilidade de oxigênio também se apresentou numa condição normal, portanto, estes fatores não interferiram na velocidade (tempo) de germinação das sementes. Contudo, ao analisar a temperatura média diária de 14°C , é possível concluir que, sob baixa temperatura, a velocidade de germinação também poderá ser baixa, a depender da espécie em questão. Isso porque cada espécie possui suas temperaturas cardiais para a germinação. Para a abóbora, vimos que a temperatura mínima para a germinação é a partir de 12°C onde, nessa temperatura, normalmente a germinação é nula, enquanto a temperatura ótima, ou seja, aquela na qual a germinação é máxima, é de 32°C . Sendo assim, explique ao Sr. José que a lenta velocidade germinativa é devido à baixa temperatura, pois, quando comparada à ótima e, sob as condições ambientais de semeadura, ela é o único fator ambiental que influenciou a velocidade germinativa das sementes.

1. O processo de embebição, que ocorre na fase I da germinação das sementes, ativa a hidrólise, por meio de enzimas hidrolíticas, dos compostos armazenados no endosperma ou cotilédones, como carboidratos, proteínas e lipídios, os quais serão utilizados para o crescimento do eixo embrionário.

Selecione a única alternativa que relaciona corretamente o composto de reserva e a enzima responsável pela sua hidrólise.

- a) triacilglicerol e α -amilase.
- b) ácido graxo e protease.
- c) oligossacarídeo e lipase.
- d) amilose e α -amilase.
- e) amilopectina e peptidase.

2. A germinação das sementes é considerada como um processo trifásico, por possuir três fases distintas. Em todas as fases, a água desempenha como principal função, a hidratação dos tecidos internos da semente, além de favorecer as trocas gasosas, a atividade respiratória e a síntese de enzimas, entre outras. Por outro lado, a respiração possui a função de produção de energia para a manutenção das atividades metabólicas durante a germinação das sementes.

Assinale a única alternativa correta quanto aos processos desenvolvidos durante as fases I, II e III da germinação das sementes.

- a) Fase I – protrusão da radícula; e Fase II – estabilização do conteúdo de água.
- b) Fase II – mobilização de reservas; e Fase III – decréscimo da atividade respiratória.
- c) Fase I – elevação acentuada do conteúdo de água; e Fase III – crescimento da plântula.
- d) Fase I – estabilização da atividade respiratória; e Fase III – retomada da absorção de água.
- e) Fase I – embebição; e Fase II – crescimento da plântula.

3. Os fatores ambientais, considerados extrínsecos às sementes (como a disponibilidade de água, a temperatura e o oxigênio) influenciam, impedindo ou favorecendo, na velocidade, percentagem e uniformidade de germinação de uma população de sementes.

Selecione a única alternativa que descreve o fator ambiental e seu efeito favorável para a germinação das sementes:

- a) A baixa disponibilidade de oxigênio leva à produção de etanol e lactato.
- b) O déficit hídrico permite a velocidade normal germinativa.
- c) A temperatura cardeal ótima permite a germinação máxima.
- d) A temperatura cardeal máxima permite a germinação máxima.
- e) A irrigação excessiva permite maiores percentuais germinativos.

Dormência e vigor de sementes

Diálogo aberto

As sementes são expostas, no campo, a diferentes situações ambientais (favoráveis ou não), como temperatura, oxigênio e disponibilidade de água e, a partir disso, expressam o seu vigor, por meio da germinação e emergência de plântulas. Devido a isto, se tem buscado, cada vez mais, sementes que consigam se adequar a situações adversas, que apresentem elevado vigor para o sucesso do estabelecimento das culturas agrícolas.

Sendo assim, você (agrônomo e pesquisador) e sua equipe estão agora responsáveis em avaliar o vigor de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.) na empresa de sementes Solanum, na qual trabalham. A partir deste momento, considere que vocês avaliaram o vigor de três lotes de sementes de pimentão (Lote A, Lote B e Lote C). Uma das etapas foi avaliar a germinação em laboratório, e a segunda etapa, foi avaliar a emergência em campo das plântulas. Ao conversar com sua equipe, foi decidido que a melhor forma de avaliar o vigor das sementes é semeá-las em parcelas com diferentes condições, nas quais foram escolhidas as seguintes: em uma parcela foram mantidas condições normais para a germinação e desenvolvimento das plântulas (P1); na segunda parcela foi induzida baixa disponibilidade hídrica às sementes (P2), e, na terceira parcela foi induzida baixa disponibilidade hídrica juntamente com solo ácido (pH do solo = 4,5) (P3). Relembrando que todos os três lotes de sementes de pimentão foram semeados em todas as parcelas.

Após a condução do ensaio, os resultados apresentaram-se da seguinte maneira: o lote A apresentou germinação de 95% em laboratório, e a emergência em campo nas parcelas de: P1 = 95%, P2 = 90% e P3 = 70%. O lote B apresentou germinação de 95% e emergência em campo de P1 = 90%, P2 = 80% e P3 = 60%. O lote C apresentou germinação de 95% e emergência em campo de P1 = 95%, P2 = 94% e P3 = 93%. Diante dos resultados, sua equipe lhe questionou: qual lote apresentou maior vigor? Quais os possíveis fatores que influenciaram no vigor das sementes? E qual lote de sementes você recomenda à empresa, com base nos resultados de vigor?

Adicionalmente, sua equipe precisou avaliar a dormência de sementes de pimenta (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* (Willd.) Eshbaugh), sendo assim, foi-lhe questionado: quais tipos de métodos de superação de dormência podem ser utilizados para a espécie estudada?

Para responder aos questionamentos de sua equipe, você precisará

compreender o que é vigor de sementes, os fatores que influem sobre ele, além de conhecer os testes disponíveis para a determinação de vigor. Também precisará conhecer sobre a dormência de sementes, os mecanismos e os métodos para superação desta. Por isso, prossiga nos estudos, pois eles lhe permitirão compreender sobre esses assuntos. Siga em frente!

Não pode faltar

Na primeira parte desta aula, abordaremos sobre as sementes dormentes, e entenderemos as diferenças das mesmas quando comparadas às quiescentes. Além disso, veremos os mecanismos de dormência e possíveis maneiras de superá-los. Já o vigor de sementes será tratado na segunda parte da aula, onde compreenderemos os conceitos de vigor, os fatores que o afetam e os testes para determinação de vigor nas sementes.

Desde modo, iniciaremos falando de dormência, sendo esta definida como a incapacidade de uma semente viável germinar, em período de tempo específico, sob condições ambientais favoráveis (BASKIN; BASKIN, 2004). Complementando esta definição, de acordo com Benech-Arnold et al. (2000), a dormência é uma condição interna da semente que a impede de germinar sob condições hídrica, térmica e gasosa adequadas.

Enquanto sob condições ambientais favoráveis as sementes quiescentes germinam, nas mesmas condições, as sementes dormentes não conseguem germinar. Contudo, não podemos considerar as sementes dormentes em desvantagem, quando comparadas às quiescentes. Na natureza tudo tem um porquê, e, para as sementes dormentes, isso não é diferente. Sendo assim, as sementes dormentes apresentam um significado ecológico de constituir “um banco de sementes no solo, que podem germinar ao longo do tempo” (a dormência é superada naturalmente com o tempo) (CARDOSO, 2009), além disso a dormência tem significativa contribuição no sucesso da dispersão das sementes (HILHORST, 2003), pois enquanto estas estão dormentes, podem ser dispersadas a longas distâncias.



Refleta

A dormência de sementes apresenta relevância do ponto de vista ecológico. Sendo assim, quais agentes podem ser promotores da dispersão das sementes e como a dormência das sementes pode contribuir para o sucesso da dispersão a longas distâncias?

Contudo, do ponto de vista agronômico, a dormência pode apresentar desvantagens, como: germinação lenta e desuniforme, longevidade de plantas invasoras, exigência de mecanismos de superação de dormência e aumento dos custos de pré-plantio (LOPES; NASCIMENTO, 2012). Sendo assim, para compreendermos o porquê de as sementes dormentes não germinarem sob condições ambientais favoráveis, necessitamos entender os tipos de dormência como um fator interno da semente. Este conhecimento será útil, de maneira prática, para saber quais os mecanismos ou métodos podem ser utilizados para a superação da dormência, pois a dormência deve ser superada para promover a germinação, e que esta última seja uniforme, visto que isto implica diretamente o estabelecimento das culturas.

Diante disso, as sementes podem adquirir a dormência em duas ocasiões específicas, com base em sua origem: durante a fase de maturação, ou após a dispersão destas. Quando a semente adquire dormência durante a fase de maturação, ainda na planta-mãe, como forma de sobrevivência à dessecação, esta é denominada de dormência primária. Em contraste, quando a semente adquire dormência após a dispersão, como resultado da ausência de condições favoráveis para a germinação, ela é denominada de dormência secundária.

Deste modo, quanto aos mecanismos, as estruturas das sementes estão envolvidas com a dormência destas, por isso, a dormência é classificada como endógena e exógena: endógena, quando envolve o embrião, e exógena quando envolve o endosperma e os tegumentos (CARDOSO, 2009).

Aplicando este conhecimento dos mecanismos da dormência (endógena e exógena), os seus tipos foram reunidos em classes, sendo eles: (1) fisiológica, (2) morfológica, (3) morfofisiológica, (4) física, (5) química e (6) combinada (BASKIN; BASKIN, 2014a).

Sendo assim, é possível associar os tipos de mecanismos de dormência com as formas de superá-los. Para a superação da dormência, podem ser utilizadas, por exemplo: a escarificação mecânica, a escarificação ácida, a escarificação enzimática, a escarificação térmica, o calor úmido e o calor seco, a baixa temperatura, entre outras técnicas (BASKIN; BASKIN, 2014b).

A partir de agora, vamos acompanhar os tipos de mecanismos de dormência das sementes, associados às possíveis técnicas de superação delas?

(1) Dormência fisiológica

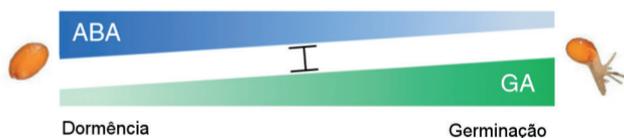
Neste tipo de dormência, as sementes são permeáveis à água, contudo possuem mecanismo fisiológico inibitório no embrião que impede a emergência da radícula (BASKIN; BASKIN, 2014a). Quando se fala em mecanismo fisiológico, existe grande influência dos hormônios. O hormônio denominado ácido abscísico (ABA) é necessário para a indução da dormência fisiológica em

sementes durante a maturação, e promove a inibição da germinação (NÉE et al., 2017). Enquanto isso, as giberelinas (GA), como abordado na aula anterior, apresentam influência positiva na germinação das sementes quiescentes. O ponto no qual queremos chegar é que as sementes dormentes possuem elevados níveis de ABA, sobressaindo sobre a GA; quando a GA é inibida, incluindo em sementes não dormentes, as enzimas hidrolíticas não são ativadas, mesmo com a embebição e, deste modo, não é desencadeado o processo germinativo.

Diante disso, existe a **Teoria do balanço dos hormônios**, que nos ajuda a compreender a relação do ABA e GA na dormência e germinação de sementes (Figura 2.12).

“Durante os primeiros estágios do desenvolvimento da semente, a sensibilidade ao ABA é alta e a sensibilidade à GA é baixa, o que favorece a dormência sobre a germinação. Mais tarde este balanço é invertido, a sensibilidade ao ABA declina e a sensibilidade ao GA aumenta, favorecendo a germinação (TAIZ et al., 2017, p. 518).

Figura 2.12 | Balanço hormonal entre o ácido abscísico (ABA) e a giberelina (GA), responsáveis pela regulação da dormência e germinação



Fonte: adaptada de NÉE et al. (2017, p. 9).

Por isso, nas sementes dormentes, quando o ABA se sobressai sobre a GA, mesmo após a maturação, sua germinação é inibida.

A dormência fisiológica pode ser superada, de maneira prática, pelo aumento dos níveis de GA na semente dormente, por meio da utilização de ácido giberélico (GA_3), promovendo, desta maneira, o processo germinativo.



Exemplificando

A superação de dormência fisiológica de sementes de capim andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* (Hochst.) Hack cv. Baetí), pinha (*Annona squamosa* L.) e graviola (*Annona muricata* L.) já foi obtida por meio da utilização de giberelina (imersão das sementes na solução), em determinadas concentrações, proporcionando aumento significativo na germinação das sementes (FEITOSA et al. 2015; REGO et al. 2018; SOUSA et al. 2008).

(2) Dormência morfológica

A dormência morfológica (também conhecida como dormência pós-colheita) ocorre em espécies que apresentam embrião rudimentar ou imaturo, ou seja, que não completou o seu crescimento ou desenvolvimento final (VIVIAN et al., 2008). Contudo, a dormência só perdura por um período de tempo após a semente ter sido dispersada (BASKIN; BASKIN, 2004), sendo assim, a semente possui a habilidade de continuar o desenvolvimento do embrião, mesmo após ter sido dispersada da planta-mãe, e, quando ela completa este desenvolvimento, a dormência é superada.

Com base neste conhecimento, utiliza-se o armazenamento das sementes por um tempo necessário para a superação da dormência morfológica. Por exemplo, alguns genótipos de arroz (*Oriza sativa* L.) necessitam de 30 a 60 dias para a superação da dormência pós-colheita (MENEZES et al., 2013).



Saiba mais

As sementes de arroz apresentam **dormência pós-colheita**, e o tempo de duração dela pode variar entre genótipos. Confira um documento sobre dormência de sementes de arroz vermelho e branco, pesquisando mais em:

FONSECA, Jaime R.; FARIA, Fernanda M.; CUTRIM, Veridiano dos Anjos. **Dormência de sementes de arroz-vermelho e branco**. Embrapa: Comunicado Técnico, p. 01-02, 2007.

(3) Dormência morfofisiológica

É a combinação da dormência fisiológica com a morfológica, e ambas necessitam ser superadas para ocorrer a germinação.

Algumas espécies do gênero Annonaceae podem apresentar sementes com dormência morfofisiológica, a exemplo: o araticum (*Annona coriacea* Mart.), a cherimóia (*Annona cherimola* Mill.) e a graviola (*Annona muricata* L) (DRESCH et al., 2014; LOBO et al., 2007). A superação da dormência deve ser tanto fisiológica, como morfológica, utilizando-se o tempo de armazenamento em determinadas condições de umidade e temperatura, associado com a imersão das sementes em giberelina (DRESCH et al., 2014; LOBO et al., 2007).

(4) Dormência física

A impermeabilidade da água nas sementes impede o processo germinativo, pois não ocorre embebição. Acontece que camadas de células formam uma barreira física, por apresentarem, em sua constituição, por exemplo, cutina, lignina, suberina e cera (BASKIN; BASKIN, 2014a). Diante disso,

para a superação deste tipo de dormência, deve ocorrer a quebra da barreira física, por meio da escarificação mecânica ou escarificação química, entre outros métodos (LOPES; NASCIMENTO, 2012).



Exemplificando

A mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy), leguminosa utilizada para fixação biológica de nitrogênio, apresenta dormência física, também conhecida como dormência tegumentar. A superação deste tipo de dormência pode ser realizada por meio de escarificações mecânica ou química (imersão em ácido sulfúrico) (OLIVEIRA, 2013).

(5) Dormência química

A dormência química é compreendida como uma parte da dormência fisiológica e ocorre pela presença de substâncias inibidoras no pericarpo dos frutos, os quais influem sobre as sementes (BASKIN; BASKIN, 2014a). Para a superação da dormência química é utilizada a remoção do pericarpo, por exemplo, este método de superação já foi utilizado para o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Greg.) (ROSSETTO; ALVES, 2008).

(6) Dormência combinada

As sementes também apresentam dormência física e fisiológica combinadas entre si, e, para a germinação, ambas necessitam ser superadas (BASKIN; BASKIN, 2014a). Contudo, alguns pesquisadores relatam outro tipo de dormência combinada nas sementes: a dormência física e morfológica (dormência pós-colheita), como exemplos o mamão (*Carica papaya* L.) (TOKUHISA et al., 2007) e o capim braquiária (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf) (CARDOSO et al., 2014).

Para a superação da dormência combinada, podem ser utilizados os métodos já abordados na dormência física, fisiológica e morfológica. Contudo, para melhor compreensão dos possíveis métodos que podem ser utilizados para a superação dos tipos de mecanismos de dormência, acompanhe a Tabela 2.1:

Tabela 2.1 | Tipos de mecanismos de dormência e possíveis métodos de superação

Tipo de mecanismos de dormência	Métodos de superação*
Fisiológica	Imersão em ácido giberélico.
Morfológica	Armazenamento.
Morfofisiológica	Armazenamento + imersão em ácido giberélico.
Física	Imersão em água quente/fria, esscarificação mecânica (com lixa, esmeril ou superfície áspera), esscarificação química (solução de ácido sulfúrico).
Química	Remoção do pericarpo dos frutos.
Combinada	A depender dos tipos de dormência, combinar, pelo menos, dois métodos de superação.

* Dependendo da espécie, os métodos podem variar quanto ao tempo de imersão das sementes nas soluções e concentrações destas; tempo e condições de armazenamento (temperatura, umidade).

Fonte: elaborada pela autora.

Até aqui, abordamos sobre dormência, a partir de agora, na segunda parte da aula, trataremos sobre os conceitos de vigor das sementes, os fatores que o afetam e os métodos para avaliá-lo. Para isso, retomemos o conceito de vigor abordado na aula anterior sobre maturação, como sendo:

“Sementes de diferentes lotes, que sob condições ótimas, podem resultar em níveis similares de elevada germinação. Entretanto, estas mesmas sementes, sob condições de estresse ambiental, podem ter um vasto contraste na capacidade de estabelecimento das plântulas, devido às diferenças no seu vigor (FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016, p. 568).

Sendo assim, para construirmos um conhecimento mais sólido sobre o vigor de sementes, vamos unir este conceito com os outros a seguir. Vamos lá?

Uma definição amplamente aceita para o **vigor de sementes** é a **soma** de todos os atributos que determinam a **atividade e performance** de um lote de sementes, com **germinação aceitável** sob ampla diversidade de condições ambientais (ISTA, 2014). Sendo assim, tais atributos, determinam uma emergência **rápida** e **uniforme** e o desenvolvimento de plântulas normais (BAALBAKI et al., 2009).

Com base nestas definições de vigor, podemos afirmar que este reúne três fatores da semente: **atributos de qualidade** (baixa deterioração da semente, por exemplo), associado à **resistência aos estresses ambientais** (elevadas temperaturas ou baixa disponibilidade hídrica após a sementeira, por exemplo), e

a **emergência rápida e uniforme** de plântulas. Sendo assim, não podemos entender o vigor como uma única característica, mas um conjunto de características associadas entre si, que determinam o desempenho das sementes.



Assimile

A deterioração é a perda da capacidade da semente em produzir uma plântula normal, resultante de alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas na semente. É importante destacar que a deterioração é o inverso do vigor das sementes (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2001).

Para entender melhor, imagine que, do ponto de vista do produtor, o vigor expressa os atributos de qualidade fisiológica das sementes, relacionando-se com as taxas e uniformidade de germinação, de emergência e crescimento de plântulas no campo (ROSSI et al., 2017). Deste modo, sabendo isso, o produtor pode adquirir lotes de sementes com base no seu vigor.

A importância do vigor em nível de campo pode ser exemplificada na Figura 2.13, em que dois lotes de sementes foram expostos ao estresse ambiental térmico, sendo o lote considerado de elevado vigor aquele que apresentou rápida emergência e uniforme estabelecimento de plântulas no campo.

Figura 2.13 | Emergência de plântulas de meloeiro de dois lotes de sementes com diferentes vigores, quando expostas a estresse térmico. À esquerda, lote com baixo vigor, e à direita com elevado vigor



Fonte: Marcos Filho (2015, p. 366).



Refleta

O vigor das sementes é uma das características mais buscadas pelos agricultores, pois ele influencia diretamente no estabelecimento das plântulas em campo. Já imaginou as consequências que um lote de sementes com baixo vigor pode produzir em campo? O baixo vigor de um lote de sementes pode onerar a semeadura por falhas de emergência de plântulas na lavoura?

Então, agora, visto que compreendemos o conceito de vigor e a sua importância a nível de campo, veremos, resumidamente, alguns fatores que podem afetar o vigor de lotes de sementes, na Tabela 2.2:

Tabela 2.2 | Fatores que afetam o vigor de lotes de sementes

Fator	Característica
Genótipo	O genótipo da planta determina o vigor das sementes, sendo assim, é comprovado que existem variações no vigor em diferentes genótipos, sendo uma característica avaliada em programas de melhoramento genético de plantas.
Maturidade da semente	Quando a semente alcança o ponto de maturidade fisiológica, a mesma expressa seu vigor máximo porque se constitui o ponto de qualidade máxima da semente.
Condições ambientais durante o desenvolvimento da semente	Fatores ambientais como baixa disponibilidade de água, temperatura desfavorável e déficit de nutrientes podem afetar o vigor da semente durante o desenvolvimento dela, pois interferem diretamente na maturação das sementes, podendo ocasionar perda de vigor.
Condições do solo	Algumas condições do solo podem afetar negativamente o vigor das sementes. Por exemplo, é comprovado que a saturação por alumínio no solo pode afetar o vigor.
Danos mecânicos na colheita e beneficiamento das sementes	Danos mecânicos ocasionados na colheita e beneficiamento de sementes interferem no vigor delas; quanto menor os índices de injúrias durante estas fases, melhores serão os índices de vigor das sementes
Danos por insetos e microrganismos	O ataque das sementes por insetos e microrganismos ocasiona perda de vigor das sementes.
Deterioração de sementes no campo e no armazenamento	A deterioração pode ocorrer tanto no campo, quanto no armazenamento das sementes, onde há alteração ou perda de integridade das membranas celulares e resulta no decréscimo do vigor das sementes.

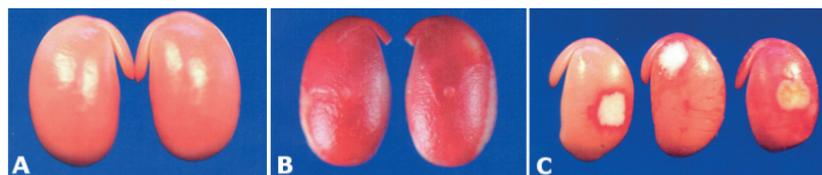
Fonte: Finch-Savage; Bassel (2016); Lopes et al. (2011); Mattioni et al. (2013); Pádua; Vieira (2001); Pereira et al. (2008); Pinto (2006).

Deste modo, de maneira prática, como poderemos diferenciar o vigor entre lotes de sementes? Para isso, existem os testes de vigor de sementes, amplamente utilizados pelas empresas de sementes antes de lançar novas cultivares no mercado, constituindo-se em um parâmetro de qualidade a ser avaliado nos lotes de sementes. Vamos ver, agora, os principais testes recomendados para a avaliação do vigor de sementes?

Teste de tetrazólio - é o mais utilizado por ser um teste rápido que estima a viabilidade e o vigor de sementes com base nas alterações da cor dos tecidos vivos em contato com solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio (MARCOS FILHO, 2015). Quando o tecido é vigoroso, haverá a formação da coloração vermelho carmim claro; e se o tecido estiver deteriorado, um

vermelho mais intenso será formado ou não será colorido (FRANÇA NETO et al., 1998) (Figura 2.14). Este teste além de ser utilizado para determinação de vigor, também determina danos mecânicos e lesões ocasionadas por insetos, que são relacionados à perda de vigor de sementes.

Figura 2.14 | Coloração de sementes de soja pelo teste de tetrazólio



A. Semente de soja com alto índice de vigor e viabilidade.; B. Semente apresentando incidência de dano mecânico; C. Semente apresentando problemas de lesões ocasionadas por insetos.

Fonte: adaptada de Costa et al. (2008, p. 5).

Teste de envelhecimento acelerado - as amostras de sementes são induzidas ao envelhecimento, quando expostas a elevadas temperaturas (40° a 45 °C) e umidade (100%). Amostras que toleram essa condição são consideradas de maior vigor, por produzirem uma porcentagem maior de plântulas normais (MARCOS FILHO, 2015).

Teste frio - estima a emergência de plântulas avaliando a resposta de amostras de sementes submetidas a uma combinação de baixa temperatura, alto teor de água no substrato, e, se possível, presença de patógenos (MARCOS FILHO, 2015). Então, possuirão maior vigor, as amostras de sementes que apresentarem elevadas emergência de plântulas, quando expostas às condições de estresse.

Teste baseado no crescimento de plântulas - constitui um grupo de testes que inclui a primeira contagem do teste de germinação, velocidade de germinação ou emergência de plântulas, crescimento de plântulas (comprimento ou peso seco) e classificação do vigor de plântulas (MARCOS FILHO, 2015).

Sendo assim, esperamos que você tenha percebido que dos testes apresentados, alguns induzem condições de estresse ambientais às sementes e verificam o comportamento delas diante dessas condições; enquanto outros testes, como o teste de tetrazólio, identifica a condição de vigor da semente, de maneira rápida e eficiente. Muitas vezes, são utilizados mais de um teste para determinar, com maior precisão, o vigor das sementes.



Saiba mais

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa. Documento 166, p. 12-22, 1998.

Deste modo, finalizamos, aqui, a Unidade 2 e, ao mesmo tempo, convidamos você a prosseguir para a Unidade 3, na qual abordaremos as características de produção das sementes. Por isso, prossiga no estudo!

Sem medo de errar

Agora chegou a hora de você, agrônomo e pesquisador da empresa Solanum, responder a alguns questionamentos com respeito aos resultados do experimento sobre avaliação do vigor em sementes de pimentão.

Sendo assim, você deve responder: qual lote de sementes apresentou maior vigor? Quais os possíveis fatores que influenciaram no vigor das sementes? E qual lote você recomenda à empresa, com base nos resultados de vigor?

Para a melhor visualização e explicação dos resultados do experimento, você pode elaborar a Tabela 2.3 para apresentar à sua equipe.

Tabela 2.3 | Germinação em laboratório e emergência de plântulas de pimentão de distintos lotes em campo, sob três condições ambientais

Lote	Germinação		Emergência de plântulas em campo (%)		
	-Laboratório- (%)	P1 (Condição normal)	P2 (Baixa disponibilidade hídrica)	P3 (Baixa disponibilidade hídrica + solo ácido)	
A	95	95	90	70	
B	95	90	80	60	
C	95	95	94	93	

Fonte: elaborada pela autora.

Com base nos conceitos de vigor, você deve explicar à sua equipe que, dos três lotes de semente, o lote C foi o que apresentou maior vigor (valores em **negrito**, Tabela 2.3), quando comparado com os lotes A e B. Isto foi possível porque, na terceira parcela, o nível de condições adversas foi o mais elevado, com dois fatores, baixa disponibilidade hídrica e solo ácido; e justamente nesta parcela, o lote C de sementes conseguiu manter um percentual de emergência de plântulas consideravelmente maior, quando comparado aos

lotes A e B. Neste momento, lembre sua equipe que sementes vigorosas são aquelas que melhor se adaptam às condições adversas.

Já para os fatores que podem ter influenciado no vigor dos lotes de sementes, você deve levantar a hipótese à sua equipe que, possivelmente, a característica solo ácido, da terceira parcela, influenciou negativamente no vigor dos lotes A e B, aliado à condição ambiental de baixa disponibilidade hídrica, tanto na segunda parcela, como na terceira parcela. Além disso, é importante salientar que a maturidade fisiológica dos lotes de sementes pode ter influenciado o vigor deles.

Por fim, recomende à empresa Solanum, com base nos dados apresentados e estudados, o lote C, para a comercialização. Contudo, ainda alerte que testes de vigor devem ser aplicados nos lotes de sementes, para melhor confiabilidade dos resultados. Diante disso, sugira pelo menos dois testes, os quais podem ser: o de Tetrazólio, envelhecimento acelerado, teste de frio ou o teste baseado no crescimento de plântulas.

Quanto à avaliação da dormência das sementes de pimenta, você deve responder: quais tipos de métodos de superação de dormência podem ser utilizados para a espécie estudada? Diante disso, responda à sua equipe que há a possibilidade de utilização de vários métodos de superação de dormência a serem testados, tais como imersão em ácido giberélico (com tempo de imersão e concentrações variáveis), armazenamento (com tempo e condições específicas: oxigênio e temperatura, por exemplo), escarificação mecânica ou métodos combinados. Desta maneira, com base em observações de pré-testes, você poderá determinar o método mais adequado, assim como uma resposta precisa do tipo de mecanismo de dormência das sementes de pimenta.

Portanto, você como agrônomo desta empresa, precisa apontar soluções e respostas para a sua equipe nos três ensaios avaliados. Lembre-se de que no primeiro ensaio você e sua equipe avaliaram a maturidade fisiológica de lotes de sementes de cultivares de tomateiro. No segundo ensaio, avaliaram os fatores que afetam a germinação de sementes de tomateiro, e, por último, mediram o vigor de lotes de sementes de pimentão e testaram alguns métodos de superação de dormência em sementes de pimenta. A partir de agora, elabore um relatório para sua empresa, abordando como você e sua equipe avaliaram os ensaios e apontaram as possíveis resoluções dos experimentos. Desta maneira, finalizamos esta unidade e esperamos que você tenha aprendido sobre a maturação, germinação, dormência e vigor de sementes.

Perda de vigor de sementes ocasionado por percevejos

Descrição da situação-problema

Considere que você trabalha como agrônomo em um laboratório de análise de sementes, e é responsável em efetuar testes de vigor em lotes de sementes. Sendo assim, você recebeu a visita da sra. Ana, produtora de sementes de soja, que resolveu procurar o laboratório de sementes, em busca de orientações sobre a qualidade das sementes que acabou de colher para comercializá-las adequadamente. A sra. Ana lhe relata que, na fase de enchimento das sementes, próximo à época de colheita, sua lavoura foi gravemente infestada pelo percevejo-marrom (*Euschistus heros*) e que esta espécie de percevejo é uma das pragas-chaves da cultura, conhecida por provocar danos às sementes. Diante disso, preocupada com a qualidade das sementes, ela lhe faz os seguintes questionamentos: o ataque do percevejo às sementes pode ter ocasionado perda de vigor delas? E como se pode mensurar o vigor destas sementes, de maneira prática?

Resolução da situação-problema

Ao dar atenção aos questionamentos da sra. Ana, explique que o ataque do percevejo ocasiona, sim, perda de vigor das sementes, isso porque o percevejo promove lesões nas sementes ao perfurá-las. Logo, explique que as lesões nas sementes estão relacionadas à deterioração delas, e esta deterioração é inversa ao vigor. Desta maneira, lesões ocasionadas por percevejos desencadeiam a deterioração das sementes, conseqüentemente, estas perdem o seu vigor. Complementando sua explicação, afirme que a mensuração do vigor, de maneira prática, pode ser realizada por meio do teste de tetrazólio, sendo o teste mais recomendado para esta situação, pois, além de confirmar o vigor das sementes, também demonstra a deterioração delas e as regiões nas sementes lesionadas pelo percevejo.

1. As sementes dormentes são definidas como viáveis, porém não germinam por um período de tempo, mesmo em condições ambientais adequadas, como disponibilidade de água, oxigênio e temperatura. O fato de serem dormentes é devido aos mecanismos de dormência impostos pelo embrião, endosperma ou tegumentos.

Selecione a alternativa que relaciona corretamente o tipo de mecanismo de dormência das sementes com o método adequado de superá-lo:

- a) Dormência fisiológica – escarificação mecânica.
- b) Dormência morfofisiológica – imersão em ácido giberélico.
- c) Dormência física – armazenamento por período de tempo.
- d) Dormência fisiológica – imersão em ácido giberélico.
- e) Dormência morfológica – escarificação química.

2. Os testes de vigor de sementes são responsáveis em atestar a qualidade delas para a comercialização. Devido a isto, muitos testes de vigor têm sido desenvolvidos, mas, entre todos eles, o teste de tetrazólio é o mais utilizado, devido à sua rapidez na obtenção dos resultados e por apontar diferentes características nas sementes, que influem sobre o vigor destas. No teste de tetrazólio é utilizada a solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio, substância esta, que, ao entrar em contato com o tecido vivo, expressa uma coloração específica, de acordo com a condição de semente.

Diante desse quadro apresentado, ao realizar este teste em sementes de soja, selecione a alternativa correta:

- a) Sementes com elevado vigor apresentam coloração vermelho carmim escuro.
- b) Sementes com dano mecânico apresentam coloração vermelho carmim claro.
- c) Sementes com lesões por insetos apresentam coloração vermelho carmim claro.
- d) Sementes com elevado vigor apresentam coloração vermelho carmim claro.
- e) Sementes com elevado vigor apresentam tecido não colorido (branco).

3. As sementes vigorosas são requeridas tanto por empresas de sementes como pelos agricultores, visto que o vigor se constitui, para eles, sinônimo de sucesso no estabelecimento de plântulas em campo. Deste modo, o vigor não é um atributo único, mas a soma de atributos que, juntos, determinam a atividade e performance de lotes de sementes submetidos sob diferentes condições ambientais.

Selecione a alternativa que apresenta os atributos de uma semente com elevado vigor:

- a) Foi colhida no ponto de maturidade fisiológica e apresenta rápida emergência e plântulas desuniformes, sob condições ambientais adversas.
- b) Foi colhida no ponto de maturidade fisiológica e apresenta rápida emergência e plântulas uniformes, sob condições ambientais adversas.

- c) Foi colhida após o ponto de maturidade fisiológica e apresenta rápida emergência e plântulas uniformes, sob condições ambientais normais.
- d) Foi colhida antes do ponto de maturidade fisiológica e apresenta lenta emergência e plântulas uniformes, sob condições ambientais normais.
- e) Foi colhida após o ponto de maturidade fisiológica e apresenta lenta emergência e plântulas desuniformes, sob condições ambientais adversas.

- ALVES, E. U. et al. Maturação fisiológica de sementes de sabiá. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, 2005, p. 01-08. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222005000100001. Acesso em: 19 out.2018.
- ANGELOVICI, Ruthie et al. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 4, 2010, p.211- 218. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/pdf/S1360-1385\(10\)00006-3.pdf?code=cell-site](https://www.cell.com/trends/plant-science/pdf/S1360-1385(10)00006-3.pdf?code=cell-site). Acesso em: 1 out. 2018.
- BAALBAKI, R. et al. **Seed vigor testing handbook**, New York: AOSA. Contribution to the Handbook on Seed Testing, v. 32, 2009.
- BASKIN; J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v. 14, p. 1-16, 2004. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/classification-system-for-seed-dormancy/024181C2EEEE1FC55B9D7578660A5CB66>. Acesso em: 23 out. 2018.
- BASKIN; J. M.; BASKIN, C. C. **Types of seeds and kinds of seed sormancy**. In: BASKIN; Jerry M.; BASKIN, Carol C. *Seeds: Ecology, Biogeography, and, Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego: Academic Press, 2. ed., 2014a, p. 77.
- BASKIN; J. M.; BASKIN, C. C. **Germination ecology of seeds with physical dormancy**. In: BASKIN; Jerry M.; BASKIN, Carol C. *Seeds: Ecology, Biogeography, and, Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego: Academic Press, 2. ed., 2014b, p. 145-185.
- BENECH-ARNOLD, R. L.; et al. Enviromental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**, v. 67, 2000, p. 105-122. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429000000873>. Acesso em: 23 out. 2018.
- BORGES, S. R. S. **Alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas durante a maturação de sementes híbridas de tomate**. 2018. 143 f. Tese - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- BRANDÃO JÚNIOR, D. da S. et al. Tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, 2002, p. 17-23. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v24n2/v24n2a04.pdf>. Acesso em: 18 out. 2018.
- CARDOSO, E. D. et al. Desempenho fisiológico e superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial. **Semina: Ciências Agrária**, v. 35, n. 1, p. 21-38, 2014. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/10032/14048>. Acesso em: 23 out. 2018.
- CARDOSO, V. J. M. Conceito e classificação da dormência em sementes. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 619-631, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/71375/2-s2.0-74949106738.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 out. 2018.
- COSTA, N. P.; et al. **Teste de tetrazólio em sementes de soja com acondicionamento abreviado – Série sementes**. Londrina: Embrapa. Circular técnica, n. 56, p. 01-07, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/471078>. Acesso em: 23 out. 2018.
- DEVIC, M.; ROSCOE, T. Seed maturation: Simplification of control networks in plants. **Plant Science**, v. 252, 2016, p. 335-346. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945216303612>. Acesso em: 3 out. 2018.
- DRESCH, D. M.; SCALON, S. P.Q.; MASETTO, T. E. Effect of storage in overcoming seed

dormancy of *Annona coriacea* Mart. Seeds. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 4, p. 2077-2085, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652014000402077. Acesso em: 23 out. 2018.

EVERT, R. F. et al. **Raven: Biologia Vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. p. 532.

FIGUEIREDO, J. C. et al. Maturação de sementes de pimenta em função de épocas de colheita dos frutos. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, 2017, p. 1-7. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/51324>. Acesso em: 1 out. 2018.

FIGUEIREDO NETO, A. et al. Maturação fisiológica de sementes de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch) produzidas no semiárido. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 302-310, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/997862/maturacao-fisiologica-de-sementes-de-abobora-cucurbita-moschata-duch-produzidas-no-semiarido>. Acesso em: 19 out. 2018.

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, 2016, p. 567-591. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/67/3/567/2893341>. Acesso em: 1 out. 2018.

FEITOSA, F. M. et al. Efeito dos reguladores giberelina e citocinina na quebra de dormência de sementes de capim-andropogon. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 34-40, 2015. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2015000100006. Acesso em: 23 out. 2018.

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, 2016, p. 567-591. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/67/3/567/2893341>. Acesso em: 1 out. 2018.

FONSECA, J. R.; FARIA, F. M.; CUTRIM, V. dos A. **Dormência de sementes de arroz-vermelho e branco**. Embrapa: Comunicado Técnico, p. 01-02, 2007. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAF/26503/1/comt_138.pdf. Acesso em: 24 out. 2018.

FRANÇA NETO, J. de B. et al. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa. Documento n. 32, p. 12-22, 1998. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/447330/metodologia-do-teste-de-tetrazolio-em-semente-de-soja>. Acesso em: 23 out. 2018.

GUTIERREZ, L. et al. Combined networks regulating seed maturation. **Trends in Plant Science**, v. 12, n. 7, 2007, p. 294-300. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385\(07\)00134-3?code=cell-site](https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385(07)00134-3?code=cell-site). Acesso em: 3 out. 2018.

HILHORST, H. W. M. Seed dormancy: Development of dormancy. In: THOMAS, B.; MURPHY, D.J.; MURRAY, B.G. **Encyclopedia of applied plant sciences**, Academic Press, p. 1317-1323, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0122270509000600>. Acesso em: 23 out. 2018.

ISTA - INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Seed Vigour Testing**. International Rules for Seed Testing, Zurich, 2014. Disponível em: https://www.seedtest.org/en/publications_content---1--1013.html. Acesso em: 23 out. 2018.

JOSÉ, A. C.; SILVA, E. A. da; DAVIDE, A. C. Classificação fisiológica de sementes de cinco espécies arbóreas de mata ciliar quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, 2017, p. 171-178. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222007000200023&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 3 out. 2018.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017, p. 385.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de semente**. Informativo ABRATES, v. 11, n. 3, p. 81-84, 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105000/1/Vigor-de-sementes.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

LEPRINCE, O. et al. Late seed maturation: drying without dying. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 4, 2017, p. 827-841. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308918655_Late_seed_maturation_Drying_without_dying. Acesso em: 3 out. 2018.

LOBO, M. et al. Categorization of germination and dormancy of cherimoya (*Annona cherimola* L.) and soursop (*Annona muricata* L.) seeds as a support for germplasm conservation programs. **Agronomía Colombiana**, v. 25, n. 2, p. 231-244, 2007. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652007000200005. Acesso em: 23 out. 2018.

LOPES, A. C. A.; NASCIMENTO, W. M. **Dormência em sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa hortaliças. Documento n. 136, p. 28, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/943055/1/doc1361.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

LOPES, M. M. et al. Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e beneficiamento de sementes de soja. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 230-238, 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7123>. Acesso em: 23 out. 2018.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162015000400363. Acesso em: 23 out. 2018.

MARROCOS, S. de T. P. et al. Maturação de sementes de abobrinha Menina Brasileira. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n.2, p. 272 - 278, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v33n2/09.pdf>. Acesso em: 19 out. 2018.

MATTIONI, N. M. et al. Fertilidade do solo na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrária**, v. 8, n. 4, p. 656-661, 2013. Disponível em: http://agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v8i4a3495. Acesso em: 23 out. 2018.

MENDES, A. M. S.; FIGUEIREDO, A. F.; SILVA, J. F. Crescimento e maturação dos frutos e sementes de urucum. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 133-141, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222006000100019&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 05 nov. 2018.

MENEZES, B. R. S.; et al. Avaliação da germinação e dormência de arroz vermelho e branco. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 12, n. 2, p. 129-140, 2013. Disponível em: <http://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5206>. Acesso em: 23 out. 2018.

NASSIF, S. M. Longo; VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. **Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação das sementes**. Abril, 1998. Disponível em: <https://docplayer.com.br/8297166-Fatores-externos-ambientais-que-influenciam-na-germinacao-de-sementes.html>. Acesso em: 13 out. 2018.

NÉE, G.; XIANG, Y.; SOPPE, W. J. J. The release of dormancy, a wake-up call for seeds to germinate. **Current opinion in plant biology**, v. 35, p. 8-14, 2017. Disponível em: <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S1369526616301339?via%3Dihub>. Acesso em: 23 out. 2018.

OLIVEIRA, J. D. **Superação de dormência em sementes de mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*)**. 2013. 61 f. Dissertação – Mestrado em Agronomia, Universidade Federal do

Acre, Rio Branco, 2013. Disponível em: <http://www.ufac.br/ppga/menu/dissertacoes/dissertacoes-2/2011/jakson-domingos.pdf/@download/file/Jakson%20Domingos.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

PÁDUA, G. P.; VIEIRA, R. D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 255-262, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287943465_Deterioracao_de_sementes_de_algodao_durante_o_armazenamento. Acesso em: 23 out. 2018.

PEREIRA, A. F.; et al. Qualidade fisiológica de sementes e desempenho agrônomico de genótipos de milho doce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 249-261, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/5077>. Acesso em: 23 out. 2018.

PINTO, T. L. F. **Avaliação de danos causados por percevejos, de danos mecânicos e de deterioração por umidade, em sementes de soja, utilizando a técnica de análise de imagens**. 2006. 57 f. Dissertação – Escola Superior de Agricultura Esalq de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 1, 2006, p. 1-11. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v29n1/a02v29n1.pdf>. Acesso em: 18 out. 2018.

REGO, C. H. et al. Ácido giberélico auxilia na superação da dormência fisiológica e expressão de vigor das sementes de graviola. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 83-86, 2018. Disponível em: <http://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/2354/2340>. Acesso em: 23 out. 2018.

ROSSETTO, C. A. V.; ALVES, E. P. Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Arachis pintoi*. **Ciência & Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.174-179, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1413-70542008000100025&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 18 nov. 2018.

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônomico de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2239>. Acesso em: 23 out. 2018.

SOUSA, Saulo Almeida; DANTAS, Ana C. Vello L.; PELACANI, Claudinéia R.; VIEIRA, Elvis Lima; LEDO, Carlos A. da Silva. Superação de dormência em sementes de pinha. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 118-121, 2008. Disponível em <http://www.redalyc.org/pdf/2371/237117689018.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 518.

TOKUHISA, D. et al. Tratamentos de superação de dormência em sementes de mamão. **Revista brasileira de sementes**, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222007000100018&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 23 out. 2018.

VIVIAN, R. et al. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – breve revisão. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582008000300026. Acesso em: 23 out. 2018.

Unidade 3

Produção de sementes

Convite ao estudo

Olá, aluno! A produção de sementes é um processo composto por fases e apresenta muitos fatores determinantes para a qualidade das sementes. Devido a isso, é dada uma atenção especial à produção de sementes, uma vez que elas se constituem como insumo e “veículo” tecnológico à agricultura. Neste contexto, iniciamos a Unidade 3 desta disciplina, na qual abordaremos conteúdos relacionados à produção das sementes.

Nesta unidade, você terá a oportunidade de atuar como responsável técnico na área de produção de sementes, sendo encarregado em inspecionar campos de produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), além de ter que acompanhar toda a produção, o desenvolvimento e a secagem das sementes. Diante disso, você trabalha para uma produtora de sementes, a sra. Marlene, que produz sementes (sob todo o amparo legal) e multiplica a categoria de semente certificada de 1ª geração, da cultivar de feijão carioca denominada de BRS FC402. O campo de produção de sementes é uma área contínua, de 60 hectares, onde somente é produzida uma única cultivar, que é dividida em 2 glebas de 30 hectares cada, para serem realizadas as inspeções da produção.

Neste contexto, em um primeiro momento, você acompanhará as inspeções em campo juntamente com o auditor da entidade responsável pela certificação das sementes. Posteriormente, avaliará os fatores que influenciam na produção e no desenvolvimento de sementes de feijão. O processo de secagem de sementes será avaliado em outro momento, após a colheita. Diante disso, ao longo da Unidade 3, estaremos acompanhando algumas situações nas quais você precisará apontar soluções sobre a produção de sementes da Sra. Marlene. Pronto para o desafio?

Dessa forma, estudando este material, você estará apto a responder diversas questões relacionadas à produção de sementes, tais quais: durante a produção de sementes, como a origem genética destas, determina a categoria da semente como certificada ou não certificada? A respeito dos fatores da própria semente ou do manejo da cultura, como estes podem influenciar na produção e no desenvolvimento de sementes? E como ocorre a secagem de uma semente?

Para chegar às respostas destas indagações, percorra as próximas aulas, pois elas lhe permitirão conhecer e aplicar o conhecimento em situações práticas. Esta unidade está dividida em três seções, em que iniciaremos, na primeira aula, falando sobre a produção de sementes, definindo os aspectos gerais e diferenciando sementes certificadas das sementes não certificadas. Prosseguindo, na segunda aula, conheceremos os fatores que influenciam na produção e no desenvolvimento das sementes. Por fim, na terceira aula desta unidade, compreenderemos o processo de secagem das sementes. Desta maneira, o convidamos a adentrar nestes conteúdos ao longo das seções. Vamos iniciar?

Produção de sementes

Diálogo aberto

A produção de sementes possui os objetivos de garantir a origem e a preservação da identidade genética destas, de maneira a proporcionar a qualidade das que são produzidas. Diante disso, a produção das sementes é um processo complexo que envolve vários fatores e possui fases distintas, que necessitam seguir, nos campos de produção, padrões estabelecidos.

Diante disso, no campo de produção de sementes de feijão da Sra. Marlene, você, como responsável técnico da área de produção, possui a função de acompanhar as inspeções em campo, juntamente com o auditor da entidade responsável pela certificação das sementes. Isso porque, em cada inspeção para certificação, é delimitado, pela legislação brasileira de produção de sementes, o acompanhamento do responsável técnico do produtor. Neste âmbito, você e o auditor, ao inspecionarem uma das glebas do campo de produção, constataram, durante a fase de florescimento, a contaminação varietal do campo, pela presença de plantas atípicas (ou seja, diferentes da cultivar produzida no campo). Tal constatação foi apresentada no laudo de vistoria de campo emitido pela entidade certificadora. Diante disso, quais medidas imediatas você recomendará à Sra. Marlene, para serem adotadas no campo de produção, **a fim de diminuir a contaminação varietal da produção? Caso a contaminação varietal não seja controlada, a produtora poderá obter a certificação para as sementes? Após a adoção de medidas para a diminuição da contaminação varietal, em quais fases da cultura poderão ocorrer as inspeções, a fim de verificar se as medidas foram efetivas?**

Para apresentar à Sra. Marlene possíveis soluções ao problema constatado, você precisará conhecer: os aspectos gerais do processo de certificação e fiscalização de sementes; o exercício das inspeções nos campos de produção e unidades de beneficiamento de sementes; e os parâmetros para o estabelecimento de campos de produção de sementes certificadas e não certificadas. Portanto, prossiga estudando, pois isso lhe permitirá conhecer sobre os aspectos de produção de sementes agrícolas.

Bons estudos!

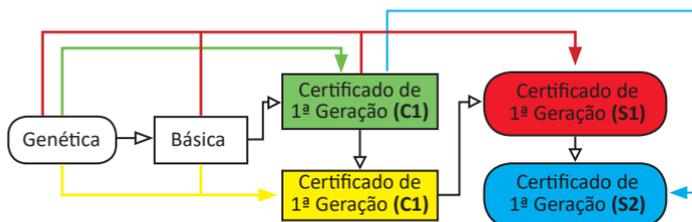
As sementes apresentam-se como importante insumo à agricultura e, para atender a demanda de disponibilidade destas em âmbito nacional, o sistema de produção de sementes visa, além de produzir, garantir a origem genética e as características de qualidade das sementes. Diante disso, nesta aula, abordaremos os aspectos gerais do sistema de produção de sementes certificadas e não certificadas.

Neste contexto, ao adentrarmos na produção de sementes, destacamos que o Brasil, na safra 2017/2018, existem 23.494 campos habilitados para a produção de sementes pelo Ministério da Agricultura (MAPA, s. d.), quantidade que expressa a importância da compreensão sobre este tema. Em termos de produção, para atender à demanda nacional de sementes, alguns estados se destacam como os maiores produtores de sementes, dentre eles, podemos citar em ordem de relevância, do quantitativo de campos homologados, na safra 2017/2018: Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Goiás (MAPA, s.d.).

Neste âmbito, a **produção de sementes** é definida como “o processo de propagação, podendo ser a semente de qualquer gênero, espécie ou cultivar, proveniente de reprodução sexuada ou assexuada, que tenha a finalidade específica de sementeira” (BRASIL, 2003, Art. 2º). Assim, neste sistema de produção, as sementes são agrupadas em categorias específicas, de acordo com a sua **origem genética, qualidade e número de gerações**.

Dessa forma, as sementes são classificadas nas seguintes categorias: genética, básica, certificada de 1ª geração (C1), certificada de 2ª geração (C2), não certificada de 1ª geração (S1) e não certificada de 2ª geração (S2) (BRASIL, 2005), conforme mostra a Figura 3.1.

Figura 3.1 | Categorias de sementes de acordo ao material de reprodução



Fonte: adaptada de Brasil (2005).

Vamos compreender, agora, cada uma destas categorias, e, para isto, continue acompanhando a Figura 3.1. A semente classificada como **genética**

é aquela obtida diretamente do processo de melhoramento de plantas, pelo melhorista, em que são identificados os progenitores, ou seja, as características de identidade e pureza genética são bem definidas. A partir das sementes genéticas, as empresas (públicas ou privadas) fazem a reprodução deste material, originando a semente **básica**. Nesta categoria de sementes, são mantidas a identidade genética e a pureza varietal.



Assimile

A **identidade genética** é o conjunto de caracteres genotípicos e fenotípicos de determinada cultivar (BRASIL, 2005). Conforme Ramos (2004), a **pureza genética** refere-se ao indivíduo com identidade correspondente a cultivar de origem, e, a **pureza varietal** é uma característica de um lote de sementes, que contenha apenas uma única cultivar.

As sementes denominadas de **certificadas de 1ª geração (C1)** podem ser resultantes tanto da reprodução da semente básica, quanto da reprodução da semente genética. Já as sementes denominadas de **certificadas de 2ª geração (C2)** podem ser resultantes da reprodução de sementes genética, básica ou de certificada de 1ª geração. Com relação às sementes **não certificadas**, duas categorias as compõem: as de **1ª geração (S1)** e as de **2ª geração (S2)**, anteriormente denominadas de **sementes fiscalizadas**, sendo estas amplamente produzidas pelos produtores de sementes. As sementes da classe S1 podem ser resultantes da reprodução das sementes certificadas C1, C2, básica e genética. Enquanto as sementes da classe S2 podem ser resultantes da reprodução de S1, C1, C2, básica e genética (Figura 3.1).

Sendo assim, é importante destacar as categorias de sementes produzidas nos campos de produção na safra 2017/2018 do Brasil. Em ordem de relevância, são elas: S2 com aproximadamente 41,2%, S1 com 34,3%, C2 com 11,8%, C1 com 10,1%, básica com 2,4% e genética com 0,2% (MAPA, s. d.).

Ainda existe a **semente para uso próprio**, também conhecida como semente “salva” ou “reservada”, na qual o agricultor separa uma quantidade, a cada safra, para semeadura na safra seguinte, exclusivamente, em sua propriedade, desde que a semente tenha sido produzida das categorias C1, C2, S1 e S2 (BRASIL, 2005).

Agora que compreendemos sobre as categorias de sementes, vamos abordar qual a diferença entre sementes certificadas e não certificadas. Pois, apenas as categorias de sementes genética, básica, C1 e C2 podem ser certificadas. Contudo, veremos ao longo da aula, que as categorias S1 e S2, embora não certificadas, necessitam ser legalizadas, pois são produzidas sob fiscalização.

Desta maneira, a **certificação de sementes** é compreendida como o processo de produção, executado mediante controle de qualidade em toda as etapas do

seu ciclo, incluindo o conhecimento da origem genética e o controle de gerações (BRASIL, 2003). Deste modo, podemos afirmar que a certificação atesta a conformidade da semente com normas específicas, que abrange desde a produção até a comercialização das sementes, e concomitantemente assegura a origem genética, a qualidade e o controle de gerações da semente.

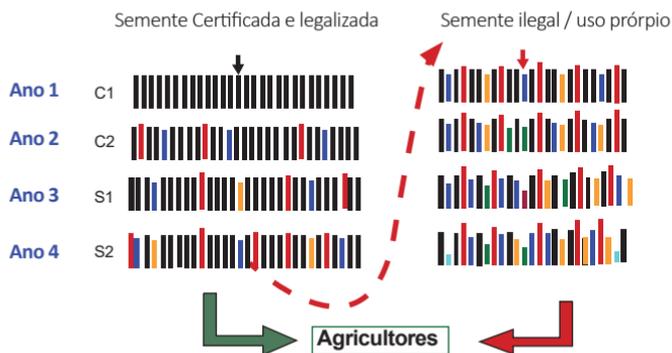


Assimile

A avaliação da conformidade é um processo sistematizado, com regras preestabelecidas, devidamente acompanhado e avaliado, de forma a propiciar adequado grau de confiança às sementes, mediante o atendimento aos requisitos do sistema de produção (INMETRO, [s. d.]).

Desta maneira, qual a importância da certificação das sementes? Por meio da certificação ocorre o controle da origem, atestando quantas gerações a semente foi multiplicada, portanto, garante a identidade genética das cultivares (BRASIL, 2011). Para melhor compreensão, observe a Figura 3.2, que ilustra a perda de homogeneidade e capacidade genética das sementes nas gerações multiplicadas, juntamente ao comparativo entre sementes certificadas e legalizadas (não certificadas/fiscalizadas), com as sementes ilegais ou de uso próprio. É possível observar que, na produção, a semente C1 é aquela que mantém a identidade genética selecionada anteriormente pelos melhoristas, podendo ser genes que agregam produtividade, resistência a doenças, resistência às condições adversas ambientais, etc. Contudo, à medida que as sementes são multiplicadas, há perda progressiva de genes anteriormente selecionados e, devido a isso, as categorias S1 e S2 não são certificadas, mesmo se houver a procedência genética comprovada. Desta maneira, a perda de homogeneidade genética é uma das diferenças entre sementes certificadas e não certificadas.

Figura 3.2 | Perda da homogeneidade e a capacidade genética com gerações de uso de sementes



Fonte: adaptada de Krzyzanowski, *et al.* (2012 *apud* VIDAL, 2012, p. 3).

Se considerarmos as sementes de uso próprio utilizadas pelos agricultores, ou até mesmo ilegais (são consideradas sementes ilegais, aquelas que não possuem nenhum registro junto ao Ministério da Agricultura – MAPA, não sabendo, portanto, sua origem ou qualidade), não há homogeneidade dos genes, portanto, o resultado dessas sementes expresso em campo, é desconhecido (Figura 3.2).

Embora as sementes de uso próprio, ou “sementes salvas”, sejam permitidas aos agricultores pela legislação, normalmente, elas demonstram baixa qualidade, comparadas às sementes comerciais (básica, C1, C2, S1 e S2) (RAMPIM *et al.*, 2016)



Exemplificando

Alguns estudos com sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), comerciais (certificadas) e salvas, confirmam que as sementes comerciais possuem qualidade superior, nos quesitos potencial fisiológico (vigor e germinação) e sanitário (incidência de patógenos), comparadas às salvas (BELLÉ *et al.*, 2016; RAMPIM *et al.*, 2016).



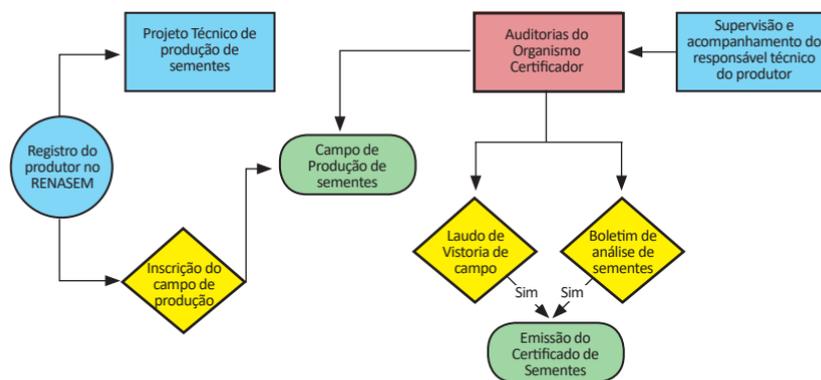
Refleta

Os agricultores utilizam as sementes salvas para economizar nos custos de implantação da cultura. Comparando a economia com a baixa qualidade dessas sementes, essa prática é viável e compensa a economia para o agricultor? Quais as possíveis consequências, oriundas da baixa qualidade das sementes, podem surgir ao longo do processo produtivo? Considerando o uso de sementes ilegais, prática ainda comum no Brasil, quais são as possíveis consequências para as culturas?

Ainda, para delimitarmos a diferença e a importância agrônômica de sementes certificadas e não certificadas, precisamos abordar sobre a qualidade das sementes. De acordo com França Neto *et al.* (2010), a semente possui atributos de qualidades: genética (produtividade e adaptabilidade), física (pureza), fisiológica (germinação e vigor) e fitossanitária (patógenos e insetos), o que lhe confere a garantia de elevado desempenho agrônômico. Neste contexto, a certificação permite que as sementes mantenham elevada qualidade, em comparação às não certificadas, não apenas pela origem genética, mas pelo controle do processo de produção ser rigoroso, sendo que, a alta qualidade das sementes garante elevada produtividade, resistência a doenças e pragas, adaptabilidade às condições ambientais adversas, entre outras características desejáveis.

Tendo em vista a importância das sementes certificadas, em termos práticos, como ocorre o processo de certificação de sementes? Veremos, a seguir, as fases do processo de certificação como algo complexo e que envolve vários fatores, com objetivo de garantir a qualidade da semente. Diante disso, acompanhe a Figura 3.3.

Figura 3.3 | Fases do processo de certificação e fiscalização de sementes



Fonte: elaborada pela autora.

Inicialmente, o produtor de sementes necessita ser inscrito no Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RENASEM), por meio de um órgão fiscalizador (MAPA, por exemplo). A partir desta inscrição, o produtor se responsabiliza pela produção e pelo controle da qualidade e identidade das sementes, em todas as etapas de produção (Figura 3.3). Neste momento, o produtor necessita do projeto técnico de produção, contendo as informações: caracterização da área, cronograma de atividades, croquis de localização dos campos de produção, estimativa de produção, e o responsável técnico pela produção (BRASIL, 2005).

Neste âmbito, de acordo com a legislação de sementes (BRASIL, 2005), os campos de produção de sementes necessitam ser inscritos no órgão de fiscalização do estado a qual pertence. Para a realização disso, o produtor utilizará o registro do RENASEM, a autorização do detentor (“dono”) dos direitos de proteção da cultivar a ser utilizada (a cultivar deve constar no Registro Nacional de Cultivares – RNC), e a comprovação da origem do material de reprodução (atestado de origem genética, para semente genética; certificado de semente, para sementes básicas, C1 e C2; termo de conformidade, para semente S1), sendo que todas estas características permitem maior segurança ao processo de produção de sementes.



Saiba mais

O **Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RENASEM)** habilita todos os envolvidos no sistema de produção de sementes a exercerem suas atividades, quer sejam de produção, beneficiamento, armazenamento ou comercialização. Para saber mais sobre esse assunto, pesquise em: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Defesa agropecuária: sementes e mudas**. p.19-25, 2013.

Já o **Registro Nacional de Cultivares (RNC)** habilita cultivares para a produção, o beneficiamento e a comercialização de sementes, onde as cultivares necessitam passar por ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), em que são determinados os descritores e as características agrônômicas das sementes. Para se aprofundar no assunto, saiba mais em: BRASIL. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso do feijão (*Phaseolus vulgaris* L) para inscrição no Registro Nacional de Cultivares, Instrução normativa nº 25, de 23 de maio de 2006**.

O produtor de semente, de qualquer categoria, necessita seguir todas estas etapas. Se a produção é de sementes não certificadas, S1 e S2, o produtor será fiscalizado durante toda a produção até a comercialização das sementes. Contudo, para sementes certificadas, o processo de produção requer a atuação de um organismo certificador, responsável por atestar a conformidade das sementes com os requisitos de qualidade para a certificação (Figura 3.3).



Assimile

O organismo certificador ou a certificadora pode ser o próprio Ministério da Agricultura ou entidade credenciada por este, responsável em executar a certificação de sementes (BRASIL, 2005).

Desta maneira, a inspeção (ou vistoria) é definida como o acompanhamento da produção de sementes pelo responsável técnico e/ou organismo certificador, em todas as suas etapas, a fim de verificar a conformidade da produção, com as normas estabelecidas (BRASIL, 2005), quer sejam as sementes certificadas (básica, C1 e C2) ou não certificadas (S1 e S2). Sendo assim, o organismo certificador ou fiscalizador efetua vistorias nos campos de produção e atesta as conformidades e não conformidades dos requisitos de qualidade, em duas etapas: por meio de vistoria em campo e por amostragem de sementes para análise (física, fisiológica e fitossanitária) de fiscalização (Figura 3.3).

Durante as inspeções, o organismo certificador ou fiscalizador também determina as medidas corretivas a serem adotadas, por meio de recomendações técnicas e procedimentos. Contudo, além de aprovar os campos de produção de sementes, também pode condená-los (parcialmente ou totalmente) se eles não atenderam aos padrões estabelecidos.

As inspeções são delimitadas pela legislação e possuem a finalidade de obter sementes da mais alta qualidade em termos de pureza genética, física, sanitária e fisiológica. Resumidamente, as inspeções são realizadas para verificar os seguintes aspectos dos campos de produção de sementes (BRASIL, 2011):

- Pureza e origem da semente conhecidas e desejáveis.
- O terreno de cultivo deve satisfazer às exigências da cultura e evitar a contaminação por plantas involuntárias, que induzam a contaminações físicas e sanitárias.
- Isolamento de outros campos, conforme determinação para cada cultura.
- Ausência de plantas indesejáveis (outras cultivares, plantas atípicas, doentes, silvestres).
- Cultivado de acordo com os requisitos do sistema de produção para a cultura desejada.
- Colheita adequada, de maneira a evitar a mistura mecânica com outras sementes.

Sendo assim, as inspeções são realizadas em fases específicas da cultura, nas quais as características agrônômicas e morfológicas de determinada cultivar são mais evidentes. Por isso, o Ministério da Agricultura (BRASIL, 2011) determina as inspeções, nos casos das culturas de propagação sexuada com padrões estabelecidos, para os períodos de: pós-emergência (durante o desenvolvimento vegetativo até a floração), floração (50% ou mais de plantas florescidas), pré-colheita (próxima da maturidade fisiológica) e colheita. No mínimo, são obrigatórias duas inspeções em campo, a primeira no florescimento e a segunda na pré-colheita, sendo que elas são efetuadas pelo responsável técnico do produtor, organismo fiscalizador ou certificador.



Saiba mais

Durante as fases de desenvolvimento das culturas, as inspeções são realizadas cuidadosamente e necessitam atender a várias exigências. Aprofunde o conhecimento sobre inspeções em campos de produção de

sementes, pesquisando mais em:

BRASIL. **Guia de inspeção de campos para produção de sementes**. 3. ed. Brasília: MAPA, ACS, 2011, p. 21-26.

Também faz parte do processo de produção de sementes, as inspeções em unidades de beneficiamento, sendo inspecionadas as operações de recepção, pré-limpeza, secagem, armazenamento, limpeza, classificação, tratamento, embalagem, pesagem e identificação. Neste momento, o organismo fiscalizador ou certificador, também determina medidas corretivas, recomendações técnicas e procedimentos, para que as unidades de beneficiamento atendam aos padrões estabelecidos.

Após as vistorias e amostragens de sementes, é emitido um laudo de vistoria e um boletim de análise de sementes contendo as conformidades e não conformidades do sistema de produção de sementes, assim como as análises de pureza genética, pureza física, pureza fitossanitária e fisiológica. Quando o produtor está apto a produzir sementes certificadas, o organismo certificador emite o Certificado de sementes ou Termo de Conformidade (Figura 3.3).

A partir de agora, vamos abordar alguns critérios para o estabelecimento de campos de sementes, quer sejam certificadas ou não certificadas (fiscalizadas), visto que também necessitam atender aos parâmetros estabelecidos no processo de produção. Vamos compreender alguns aspectos relativo a estes campos?

A origem genética da semente deve ser criteriosamente selecionada, delimitando, portanto, se a semente poderá ser certificada ou não certificada. De acordo com Utino et al. (2018), um lote de sementes a ser multiplicado deve atender os seguintes aspectos: origem genética conhecida, alta pureza genética, alta qualidade sanitária, qualidade fisiológica e pureza física.

Entretanto, considerando a origem genética, a produção de sementes não certificadas, S1 e S2, que não tenham origem genética comprovada, poderá ser realizada, enquanto não houver tecnologia disponível para produção de sua semente genética (BRASIL, 2005).

Um outro critério importante na produção de sementes é a escolha da área onde deve ser observado o cultivo anterior do local, para, desta maneira, evitar a contaminação varietal no campo de produção, pois pode ocorrer de sementes de cultivares anteriores estarem presentes no solo.

Já na semeadura, deverão ocorrer todos os cuidados possíveis para evitar a presença de outras espécies ou cultivares (contaminação varietal), por isso, todos os equipamentos utilizados nesta fase necessitam ser previamente limpos. Ainda sobre esse assunto, vale destacar que outros aspectos referentes à semeadura serão abordados na próxima aula.

Como estamos enfatizando a qualidade genética da semente, para a produção das mesmas, é necessário o isolamento do campo de produção, fazendo com que estejam distanciados de outros campos, de modo a evitar fontes de contaminação e polinização indesejada. A Tabela 3.1 demonstra que são estabelecidas, pelas normas de produção de sementes, distâncias de isolamento físico para as espécies, de acordo a categoria de semente a qual se deseja produzir.

Tabela 3.1 | Distância de isolamento físico para algumas espécies, de acordo com a categoria de semente, estabelecida pelas normas de produção

Cultura/Categoria	Distância mínima (metros)			
	Básica	C1	C2	S1 e S2
Algodão (entre cultivares diferentes)	250	250	250	250
Canola	200	200	200	200
Girassol	2000	1000	1000	1000
Soja	3	3	3	3
Trigo	3	3	3	3

Fonte: adaptada de BRASIL (2011).

Desta maneira, é obrigatório que os campos de sementes estejam a uma distância mínima de outros campos, como requisito para a produção destas. Além disso, durante o estabelecimento e a condução do sistema de produção de sementes, é realizada a prática denominada de roguing, em que qualquer planta diferente da população, quer seja invasora, de outras cultivares ou atípica, necessita ser eliminada.

Portanto, estes são os aspectos gerais sobre o sistema de produção de sementes certificadas e não certificadas. Prossiga para a Seção 3.2, na qual abordaremos os fatores que influenciam na produção e no desenvolvimento de sementes.

Sem medo de errar

Você está lembrado que acompanhou a inspeção realizada pelo auditor do organismo certificador, no campo de produção de sementes de feijão da Sra. Marlene? Após a constatação de contaminação varietal no campo de produção, pelo laudo de vistoria de campo, você necessita apontar para a Sra. Marlene, possíveis soluções para a diminuição da contaminação varietal. Diante disso, quais medidas imediatas você recomendará à Sra. Marlene, para serem adotadas no campo de produção, a fim de diminuir a contaminação varietal da produção? Caso a contaminação varietal não seja controlada, a produtora poderá obter a certificação para as sementes? Após a adoção de medidas para a diminuição da contaminação varietal, em quais fases da

cultura poderão ocorrer as inspeções, a fim de verificar se as medidas foram efetivas?

Neste âmbito, você deve explicar à Sra. Marlene que pode ser adotada, como medida imediata, o *roguing* no campo de produção, eliminando as plantas atípicas encontradas. Ainda, o isolamento do campo de produção deverá ser revisto, por meio da verificação da distância de isolamento físico da área, com outros campos de produção de feijão, de modo a evitar fontes de contaminação e polinizações indesejadas.

Além disso, você deve alertar a produtora que se a contaminação varietal não for controlada, visto que a pureza varietal é um padrão estabelecido, o organismo certificador poderá condenar o campo de produção, parcial ou totalmente, pois as sementes podem ter sua identidade genética prejudicada, portanto, não podendo ser certificadas. Por fim, você ainda deve explicar para a produtora que, após a adoção das medidas para diminuição da contaminação varietal, uma segunda inspeção poderá ocorrer na fase de pré-colheita das sementes.

Avançando na prática

Título da nova situação-problema

Descrição da situação-problema

Considere que você é o agrônomo de uma entidade certificadora de sementes, e atua na auditoria (avaliação das conformidades e não conformidades) de lotes de sementes, após o beneficiamento destas. A certificadora lhe solicitou realizar amostragens em lotes de sementes na unidade de beneficiamento do Sr. Cláudio, produtor e beneficiador de sementes. Acontece que o produtor produziu duas categorias de sementes, certificada de 1ª geração (C1) e certificada de 2ª geração (C2), e a amostragem é um procedimento padrão para a emissão do boletim de análise de sementes, que demonstrará se elas poderão ser certificadas. Diante disso, durante a amostragem, o Sr. Cláudio levanta as seguintes indagações: poderão ocorrer diferenças na qualidade (pureza física, pureza genética, fisiológica e fitossanitária) entre sementes das categorias C1 e C2? Qual a explicação caso isso aconteça?

Resolução da situação-problema

Ao responder as indagações do Sr. Cláudio, explique a ele que as sementes certificadas de 1ª geração (C1) e certificadas de 2ª geração (C2) são

de gerações diferentes, portanto, ocorre, pelo menos, diferenças na pureza genética. Isto é devido à perda de homogeneidade e identidade genética, ao longo das gerações, portanto, as sementes da categoria C1 correspondem melhor a cultivar de origem (semente genética) do que a categoria C2. Os outros atributos de qualidade (pureza física, fisiológica e fitossanitária) podem variar entre as duas categorias, a depender do manejo adotado durante a produção.

Faça valer a pena

1. As sementes são classificadas, de acordo com a sua origem genética, qualidade e número de gerações, nas seguintes categorias: genética, básica, certificada de 1ª geração (C1), certificada de 2ª geração (C2), não certificada de 1ª geração (S1), não certificada de 2ª geração (S2) e salvas.

Selecione a alternativa que apresenta a categoria de sementes com maior homogeneidade e identidade genética:

- a) Sementes certificadas de 2ª geração.
- b) Sementes básicas.
- c) Sementes salvas.
- d) Sementes genéticas.
- e) Sementes não certificadas de 1ª geração.

2. Na produção de sementes é almejado que um lote de sementes apresente apenas uma única cultivar, característica esta, denominada de pureza varietal. Contudo, durante a produção nos campos de sementes, colheita, transporte e beneficiamento, existem várias fontes de contaminação varietal, e devido a isto, medidas são adotadas, de maneira a eliminar o problema.

Selecione a única alternativa que se apresenta como fonte de contaminação varietal no estabelecimento dos campos de sementes:

- a) Colheita, sem qualquer mistura mecânica com outras sementes.
- b) Utilização na semeadura de equipamentos previamente limpos.
- c) Distância mínima de isolamento abaixo do especificado para a cultura.
- d) Eliminação de plantas invasoras ou atípicas no campo de produção.
- e) Beneficiamento, sem qualquer mistura mecânica com outras sementes.

3. A legislação brasileira de produção de sementes delimita com riqueza de deta-

lhes, como devem ser os processos de produção, beneficiamento e comercialização das sementes. Com base nisso, os produtores de sementes podem produzir sementes certificadas e não certificadas, de acordo com a origem e a comprovação genética do material de propagação.

Sobre esse assunto, leia as seguintes assertivas]:

I – Os produtores de sementes necessitam do Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RENASEM), autorização do detentor da cultivar e do Registro Nacional de Cultivares (RNC).

II – Os produtores de sementes podem requerer a um organismo certificador, a certificação de sua produção, por meio de inspeções periódicas em campo.

III – Os produtores de sementes devem inscrever os campos de produção em órgão de fiscalização, apresentando o projeto técnico de produção de sementes.

IV – Os produtores de sementes podem utilizar sementes salvas, de qualquer propriedade, para semeadura exclusivamente na safra seguinte em sua propriedade.

Analise as assertivas apresentadas e selecione a alternativa que indica quais delas estão corretas na apresentação de maior segurança no processo de produção de sementes, quanto à origem e identidade genética:

- a) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
- b) Apenas as assertivas I e III estão corretas.
- c) Apenas as assertivas II e III estão corretas.
- d) Apenas as assertivas I, II e III estão corretas.
- e) Apenas as assertivas I, II e IV estão corretas.

Fatores que influenciam na produção e no desenvolvimento de sementes

Diálogo aberto

Os diferentes fatores a que os campos de produção de sementes estão sujeitos podem influenciar na produção e no desenvolvimento de sementes. Estes fatores percorrem desde a origem da semente, antes da semeadura, até a sua colheita, e interferem diretamente em sua qualidade fisiológica.

Sendo assim, lembre-se que você atua como responsável técnico em uma área de produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), pertencente à Sra. Marlene. Esta produtora multiplica a categoria de sementes certificadas de 1ª geração em uma área de 60 hectares, contudo, almeja aumentar o campo de produção junto ao já existente, em mais 30 hectares. A Sra. Marlene sabe que produzir a mesma cultivar de feijão carioca BRS FC402, utilizando como material de multiplicação as sementes de mesma categoria, será melhor do que escolher outra cultivar, pois não precisará isolar o novo campo daquele já existente. Diante disso, a produtora lhe questiona: como a época e densidade de semeadura podem influenciar na produção e no desenvolvimento das sementes? Quais seriam a época e a densidade de semeadura recomendadas para o novo campo de sementes?

Neste momento, você precisará responder tais questionamentos e indicar a época e a densidade de semeadura corretamente, e, para isso, precisará conhecer como é determinada a época ideal de semeadura das sementes de feijão e quais fatores climáticos estão relacionados a isso. Além disso, necessitará compreender a influência da densidade, podendo ser alta ou baixa, na produção de sementes e indicar uma possível densidade para esta situação.

Portanto, prossiga com a leitura, pois ela lhe permitirá conhecer sobre os fatores que influenciam na produção e no desenvolvimento das sementes.

Bons estudos!

Não pode faltar

O período de produção de sementes é repleto de fatores que podem influenciar diretamente no seu sistema de produção, assim como no desenvolvimento e na qualidade das sementes. Diante disso, veremos, ao longo desta aula, alguns dos principais fatores que influem na produção de sementes.

Iniciaremos pela origem das sementes, pois, ao considerar este fator, podemos afirmar que ele determina a qualidade das sementes, e será refletido no estabelecimento das plantas em campo, como também no potencial produtivo das cultivares e/ou variedades.

Na Seção 2.3, apresentada anteriormente, abordamos sobre o conceito de vigor e, a partir de agora, utilizaremos este conceito para compreender como a origem das sementes pode determinar o vigor delas. Relembrando, resumidamente, existem as seguintes categorias de sementes: genética, básica, certificadas de 1ª e 2ª geração (C1 e C2), não certificadas de 1ª e 2ª gerações (S1 e S2) e as de uso próprio (“salvas”), que podem ser utilizadas para a produção de sementes. Contudo, as diferentes categorias de sementes, possuem variações no vigor?

É comprovado que existem diferenças na qualidade fisiológica entre sementes certificadas e salvas, em que sementes certificadas apresentam vigor e poder de germinação superiores quando comparadas às sementes salvas (RAMPIM et al., 2016). Então, a origem da semente que o produtor utiliza, ou seja, a sua categoria, influencia na qualidade fisiológica das sementes, e, possivelmente, influenciará na produção e no desenvolvimento delas.



Assimile

A qualidade fisiológica se refere à capacidade potencial da semente em gerar uma nova planta, perfeita e vigorosa, sob condições favoráveis. A qualidade fisiológica pode ser verificada pela avaliação do poder germinativo e do vigor (LOBO JÚNIOR *et al.*, 2013).

Além disso, o produtor de sementes ao utilizar sementes salvas, corre o risco delas não atenderem aos requisitos mínimos estabelecidos para cada cultura. Acontece que as sementes certificadas e não certificadas possuem requisitos mínimos de qualidade para serem comercializadas, como o percentual germinativo mínimo, por exemplo. Mas, no uso das sementes salvas, elas podem não alcançar tais requisitos, sendo o desempenho produtivo da produção prejudicado.



Saiba mais

Conheça os padrões para produção e comercialização de sementes de soja, das categorias básica, C1, C2, S1 e S2, nos quesitos: pureza, germinação mínima, entre outros, pesquisando mais em:

BRASIL. Diário Oficial da União nº2 43 de 20 de dezembro de 2015.

Quanto ao tamanho das sementes e sua possível influência na produção das culturas, é um assunto muito discutido, mas, até então, não há um consenso preciso sobre ele. Será que a escolha do tamanho das sementes pelos produtores influencia na produção das culturas? Para esclarecer, apresentaremos, aqui, algumas características relacionadas ao tamanho das sementes de determinadas plantas cultivadas.

Considerando as sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill), sabe-se que tamanhos maiores de sementes proporcionam plantas mais altas, com elevada qualidade fisiológica e maior produtividade, quando comparadas às sementes menores (PÁDUA *et al.*, 2010). Já para sementes de milho (*Zea mays* L.), o tamanho das sementes não tem influenciado na produtividade da cultura, mas, apenas no desenvolvimento inicial das plantas (VAZQUEZ *et al.*, 2012; TROGELLO *et al.*, 2013). Com relação ao desenvolvimento inicial, Carvalho e Nakagawa (2012) ressaltam que o tamanho influencia neste parâmetro porque as sementes maiores são conhecidas por possuírem embriões bem formados e maior quantidade de reserva, produzindo plântulas com mais massa.

Deste modo, o tamanho das sementes e sua influência na produção e no desenvolvimento de sementes, é variável em função do parâmetro (germinação, vigor, desenvolvimento inicial de plantas) e da cultura.

Um outro fator que influencia diretamente na produção de semente é o uso da técnica de tratamentos químicos. Vamos entender o porquê disso? As sementes, como estrutura propagativa, podem ser hospedeiras de patógenos (fungos, bactérias, vírus, etc.) e, portanto, veículos de transmissão de doenças para as culturas agrícolas. Além disso, podem ser hospedeiras de pragas, as quais lhe causam danos. Por este motivo, o tratamento de sementes é uma forma preventiva de evitar a propagação de doenças e/ou pragas para áreas não infectadas.

De acordo com a ABRASEM ([s. d.]), o tratamento de sementes é definido como a aplicação de ingredientes químicos (ou organismos biológicos) às sementes, de maneira a suprimir, controlar ou afastar patógenos, insetos ou outras pragas que atacam as sementes. Além disso, a aplicação de inoculantes, agentes de proteção a herbicidas, micronutrientes, reguladores de crescimento, revestimento de sementes e corantes também podem ser considerados tratamentos de sementes objetivando o seu plantio (ABRASEM, [s. d.]). Contudo, nesta aula, nosso enfoque será no tratamento químico de sementes visando o controle preventivo ou imediato de doenças e/ou pragas no estabelecimento inicial das culturas.

A adoção da técnica de tratamento de sementes precede a etapa de semeadura, e, quando realizada de maneira correta, garante boa germinação

e emergência de plântulas, evitando que o produtor realize a ressemeadura, onerando a produção (HENNING et al., 2010).

Vimos que o tratamento de sementes previne a infecção destas por patógenos ou ataques de pragas, sendo então uma técnica muito importante, já que sementes infectadas influem diretamente na população de plantas no campo, o que pode causar falhas nas linhas de plantio, pela não emergência de plântulas. Além disso, vejamos resumidamente, no Quadro 3.1, alguns danos causados pela associação das sementes a patógenos e pragas.

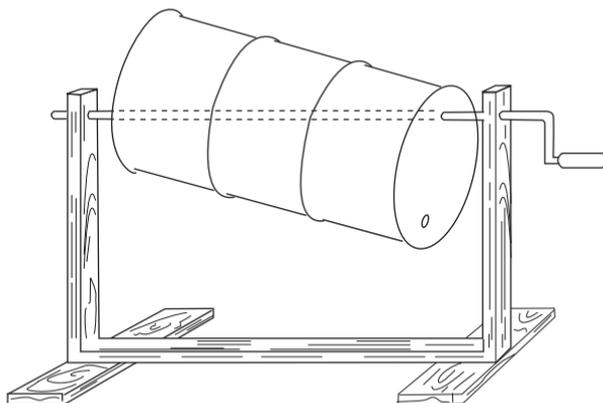
Quadro 3.1 | Danos no campo de cultivo ocasionados pela associação às sementes, de patógenos e pragas

- Redução do poder germinativo e nível de vigor das sementes (perdas de estande e vigor).
- Introdução de focos de infecção nas áreas de plantio.
- Necessidade de controle extra para o combate de doenças.
- Formação de sementes anormais (estrutura física e composição química).
- Redução da produtividade.

Fonte: Machado et al. (2006, p.77).

O tratamento de sementes pode ser *on farm*, conhecido como tratamento na fazenda; ou o tratamento industrial, que é aquele que utiliza equipamentos especiais na unidade de tratamento de sementes (DEL BEM JUNIOR, 2017). O tratamento de sementes *on farm* pode ser realizado manualmente, por meio do uso do tambor giratório com eixo excêntrico (Figura 3.4), entretanto, possui desvantagens como: baixo rendimento, desuniformidade de aplicação e exposição do operador ao produto químico (HENNING, 2005). O tambor de eixo excêntrico é utilizado, por exemplo, para aplicação de fungicida na formulação em pó em sementes.

Figura 3.4 | Ilustração de tambor giratório com eixo excêntrico para tratamento de sementes.

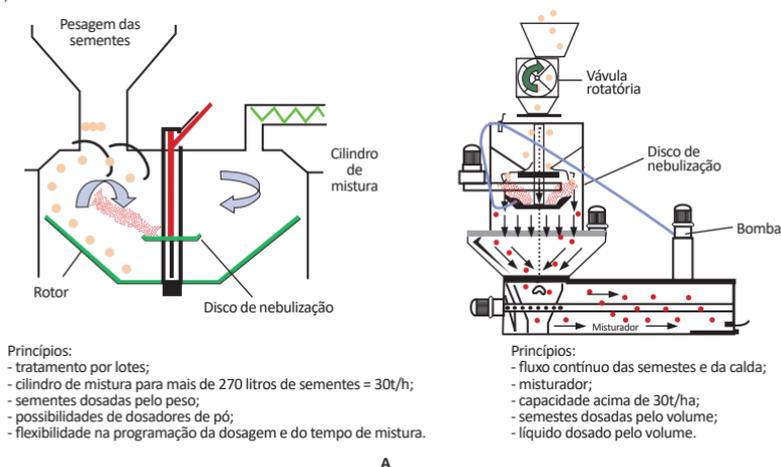


Fonte: Krzyzanowski et al. (1996, p. 5).

Outra forma de tratamento de sementes, que também pode ser realizado *on farm*, é feito por meio de máquinas específicas que podem ser acionadas por energia elétrica ou na tomada de potência de tratores, com um sistema que mistura as sementes com os produtos (HENNING *et al.*, 2010).

Entretanto, os produtores de sementes, muitas vezes, escolhem as sementes tratadas industrialmente, isso porque são utilizados equipamentos de aplicação de precisão, assegurando o tratamento eficiente das sementes. No tratamento industrial, utilizam-se máquinas intermitentes (sistema batelada), em que há mistura de sementes e produtos químicos, em proporções predeterminadas, de maneira descontinuada (Figura 3.5 A); como também se utilizam máquinas de fluxo contínuo, na qual, em determinado momento, as sementes e os produtos entram em contato formando um único fluxo de sementes tratadas (Figura 3.5 B).

Figura 3.5 | Ilustração de máquinas para tratamento de sementes industriais. A) Sistema intermitente; B) Sistema em fluxo contínuo



Fonte: Machado *et al.* (2006, p. 85).

Portanto, considera-se que as sementes tratadas por meio industrial possuem algumas vantagens, quando comparadas ao tratamento *on farm*, sendo elas: melhor cobertura e aderência dos produtos, maior rendimento de sementes tratadas por hora, maior facilidade operacional e menor risco de intoxicação dos operadores (HENNING, 2005).



Saiba mais

O tratamento de sementes industrial possui vantagens em relação ao tratamento *on farm* e existem boas práticas para tal procedimento. Para

informações adicionais sobre o assunto, saiba mais em:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. Guia ABRASEM de boas práticas de tratamento de sementes. p. 5-20.

Quanto aos tipos de produtos químicos que podem ser utilizados para o tratamento de sementes, o produtor os escolhe com base na análise agrônômica das possíveis doenças e/ou pragas, que podem acometer o desenvolvimento inicial de determinada cultura.

Considerando que o tratamento químico precede à semeadura, vamos, agora, abordar sobre a época e densidade de semeadura, e como estes fatores podem influenciar na produção e no desenvolvimento das sementes.

A época de semeadura refere-se ao período do ano mais indicado para iniciar a produção de um campo de sementes. Sendo assim, a época ideal de semeadura é determinada por elementos climáticos como **pluviosidade, temperatura e fotoperíodo**. Nas culturas cultivadas em condições de sequeiro (sem irrigação), a época de semeadura fica condicionada às precipitações pluviométricas, aliada aos fatores temperatura e fotoperíodo, citados anteriormente. É importante observar o índice pluviométrico requerido pela cultura durante todo o seu ciclo, e a distribuição dele no decorrer da produção de sementes.

As temperaturas também influenciam na produção e na qualidade fisiológica das sementes. Por esse motivo, é necessário delimitar as épocas que apresentam temperaturas críticas (limites máximo e mínimo) e ótima, escolhendo, deste modo, as épocas com as temperaturas indicadas para o bom desenvolvimento da cultura.

Já a exigência fotoperiódica (horas de sol diárias exigidas pelas plantas), varia de acordo com a época do ano, a região do país e a cultivar e/ou variedade, sendo que o fotoperíodo possui relação direta com a floração, ou seja, algumas culturas só florescem se forem atendidas em uma condição específica. Desta maneira, a produtividade possui ligação com o fotoperíodo, em que algumas culturas são sensíveis e outras pouco sensíveis à determinada condição luminosa; o que influencia na produção de sementes.



Exemplificando

Para compreendermos a importância do fotoperíodo e a época de semeadura, tomemos como exemplo a cultura da soja, considerada extremamente sensível ao fotoperíodo. Cada cultivar e/ou variedade de soja, possui um fotoperíodo crítico (FC), e a floração

só é induzida quando o fotoperíodo do ambiente de cultivo (FA) é inferior ao fotoperíodo crítico, ou seja, a condição $FA < FC$ é considerada como estímulo floral. Por isso, a indicação de cultivares e/ou variedades variam por região de cultivo e pela época de semeadura (MONDINI *et al.*, 2001).

Com base nas informações apresentadas, pode-se afirmar que a época de semeadura interfere em todos os processos fisiológicos da planta, no crescimento vegetativo e desempenho reprodutivo, tendo em vista que estes fatores variam de acordo com a pluviosidade, a temperatura e o fotoperíodo, por exemplo. Desta maneira, a determinação do momento de semeadura deve ser realizada de acordo o estudo das exigências edafo-climáticas da cultura, indicando períodos que apresentam menor risco climático, tanto para a germinação, como para o posterior desenvolvimento desta.



Exemplificando

É notório que a época de semeadura influencia na qualidade fisiológica das sementes e na produtividade da cultura. Por exemplo, na cultura da mamona (*Ricinus communis* L.), a época de semeadura influencia na produtividade, no peso, na germinação e no vigor das sementes. Complementando, existem épocas nas quais algumas doenças são mais proeminentes e interferem diretamente nas características das sementes (ZUCHI *et al.*, 2010).

Visando delimitar a melhor época de semeadura, existem os calendários de zoneamento agrícola ou calendários de plantio, que indicam, por regiões, as épocas ideais de semeadura e colheita para as culturas (Figura 3.6), que evitam problemas, já que a semeadura fora da época recomendada causa, como vimos, grandes prejuízos na produção e na qualidade das sementes (VIEIRA *et al.*, 2006). Por exemplo, na cultura da soja, a época de semeadura pode afetar a produtividade, a composição química e a qualidade fisiológica das sementes, por isso, devido à variabilidade das condições climáticas, a época necessita ser delimitada por região (BORNHOFEN *et al.*, 2015).

Figura 3.6 | Calendário de plantio (P; semeadura) e colheita (C) das safras de feijão no estado de São Paulo

Safrá	Mês												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1ª safra	C	C					P	P				C	C
2ª safra	P	P	P	C	C	C							C
3ª safra				P	P	P	C	C	C				

Plantio
 Colheita

Fonte: CONAB (2018, p. 132).



Saiba mais

Os calendários de plantio indicam a melhor época de semeadura das culturas para cada região do país. Consulte as épocas de semeadura para as culturas do algodão, arroz, milho, entre outras, por regiões brasileiras, pesquisando mais em:

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Calendário de plantio e colheita de grãos no Brasil**, 2017. Páginas 11-20 e 43-57.

Após a delimitação da época ideal de semeadura, o requisito a seguir, a ser levado em consideração, é a densidade de semeadura. Vamos conhecê-lo? A densidade de semeadura é definida pelo número de plantas por unidade de área, e, quando abordamos este assunto, podemos focar em duas variáveis: como a densidade de semeadura, podendo ser ela baixa ou alta, influência na produção de sementes e como a regulação das semeadoras influencia na produção de sementes.

Sabe-se que a densidade de semeadura interfere na competição inter e intraespecíficas por recursos do solo, como água e nutrientes, e provoca mudanças morfofisiológicas nas plantas (ARGENTA *et al.*, 2001), sendo que tais características determinam o potencial produtivo delas.

Ao se utilizar o plantio em altas densidades, há maior competição por luz, água e nutrientes. Então, cabe ao produtor, escolher a densidade de semeadura ideal (por exemplo, para a produção certificada da cultura do arroz, a semeadura em baixa densidade proporciona maior produção de sementes (UTINO *et al.*, [s. d.]). Para o trigo, o aumento da densidade de semeadura reduz a qualidade das sementes, devido à competição entre plantas (MARINHO *et al.*, 2016). Já na cultura do feijoeiro, são utilizadas densidades de 100 a 500 mil plantas por ha⁻¹, entretanto a baixa densidade proporciona melhor qualidade fisiológica das sementes (AMARO *et al.*, 2014).

Outro fator que influi na produção e no desenvolvimento das sementes é a regulagem das semeadoras, permitindo a eficiência no trabalho de semeadura. Neste momento, entra em vigor a plantabilidade, que diz respeito à quantidade de sementes distribuídas uniformemente ao longo do sulco de plantio, possibilitando a densidade de plantas desejadas. Então, o produtor de sementes deve levar em consideração este fator, visto que este determina a emergência uniforme de plântulas.



Refleta

A semeadura é realizada com o número de sementes por metro linear. Diante disso, quais as consequências para a produção de sementes, caso a semeadora esteja desregulada? A desuniformidade de plantio interferirá na qualidade das sementes?

Assim como os outros fatores apresentados até então, a adubação também influencia na produção e no desenvolvimento de sementes. Vamos compreender de que maneira isso ocorre? De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), a disponibilidade de nutrientes para as plantas influi na produção e na qualidade fisiológica da semente, pois se relaciona com a formação de toda a sua estrutura, incluindo sua composição química.

Embora a adubação de culturas destinadas à produção de sementes geralmente seja semelhante àquelas destinadas para a produção de grãos (IMOLESI *et al.*, 2001), dando atenção à produção, necessita-se considerar também a qualidade fisiológica das sementes porque algumas pesquisas demonstram que níveis elevados de adubação influenciam diretamente na qualidade fisiológica das sementes como, em variedades de café (*Coffea arabica* L.), em que isso foi constatado, sendo o vigor relacionado ao estado nutricional da planta matriz (MAURI *et al.*, 2005). Já na produção de sementes de soja com doses de fósforo, as maiores doses proporcionaram sementes de elevado vigor (MARIN *et al.*, 2015). Considerando a adubação nitrogenada, altas doses proporcionaram elevada qualidade fisiológica em sementes de milho (IMOLESI *et al.*, 2001) e levando em consideração a adubação potássica, é comprovado que ela eleva o rendimento de óleo de cultivares de soja (LIMA; PELUZIO, 2015).

Contudo, estas informações não devem ser generalizadas, mas cada cultura deve ser estudada quanto aos níveis de adubação e sua influência na produção, qualidade fisiológica e composição química das sementes.

Em adição aos fatores que influenciam na produção e no desenvolvimento das sementes, os danos (injúrias) mecânicos nas sementes normalmente são ocasionados na colheita, afetando as suas diferentes estruturas,

dentre elas, principalmente, os tegumentos. Sendo assim, é durante a colheita que as sementes sofrem choques e abrasões entre sementes ou superfícies duras, resultando em sementes trincadas, quebradas ou inteiramente danificadas (MARTIN *et al.*, 2007).

Contudo, as injúrias mecânicas variam de acordo com alguns fatores, dentre eles, podemos destacar: o conteúdo de umidade das sementes, as características das plantas e das sementes, a regulagem de máquinas, a suscetibilidade da cultivar e/ou a variedade às injúrias mecânicas e temperaturas de secagem (MARTIN *et al.*, 2007).

De maneira geral, as injúrias mecânicas afetam a qualidade das sementes, ocorrendo queda da germinação, perda de vigor e menor potencial de armazenamento, além de favorecer a infecção e proliferação de patógenos nas sementes (PINHO; SALGADO, 2006). Diante disso, os produtores podem manejar os fatores que causam injúrias nas sementes, de maneira a minimizar os efeitos da colheita sobre elas.

Sem medo de errar

Lembre-se que você atua como responsável técnico em uma área de produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), pertencente à Sra. Marlene. Neste momento, a produtora que deseja aumentar sua área de produção, lhe faz os seguintes questionamentos: como a época e a densidade de semeadura podem influenciar na produção e no desenvolvimento das sementes? Quais seriam a época e a densidade de semeadura recomendadas para o novo campo de sementes?

Você deverá responder para a Sra. Marlene que a época de semeadura pode influenciar na produção e no desenvolvimento das sementes de maneira positiva ou negativa, visto a influência dos fatores climáticos, tais como pluviosidade, temperatura e fotoperíodo. Cada um deles possui relação direta com a produtividade e com o desenvolvimento e a qualidade fisiológica das sementes. Diante disso, você deve indicar para a Sra. Marlene, que a época recomendada para o novo campo de sementes deve ser aquela em que os fatores climáticos influem positivamente na produção e no desenvolvimento das sementes. Esta informação pode ser adquirida com precisão, mediante a recomendação do período de semeadura, por meio do calendário de plantio de feijão para a região específica onde está localizada a propriedade da produtora. Vale destacar a ela que é importante recorrer a um calendário de plantio elaborado por uma instituição de pesquisa ou assistência técnica confiável.

Ainda, ao responder aos questionamentos da Sra. Marlene, você pode afirmar que a densidade de semeadura influencia diretamente na produção e no desenvolvimento das sementes, pois a densidade se relaciona com a competição das plantas, entre si, por água, nutrientes e luz. Tal competição pode ser maior ao aumentar a densidade de plantio, causando prejuízos à produção de sementes. Desta maneira, você pode indicar à produtora, uma densidade de plantio que proporcione uma produtividade adequada ao campo de sementes, sem afetar a qualidade, que pode ser alcançada com uma densidade de semeadura de baixa a média, ou seja, entre 100 a 300 plantas por hectare, desde que a densidade de plantio seja equilibrada para a cultura.

Avançando na prática

Tratamento de sementes

Descrição da situação-problema

O Sr. Cláudio é produtor de sementes de arroz da categoria certificada de 2ª geração, e, na última safra, separou alguns lotes de sementes salvas para a semeadura na safra seguinte. Ele sabe da importância do tratamento químico das sementes para a prevenção e para o controle de doenças e pragas no início do desenvolvimento da cultura. Diante disso, o Sr. Cláudio lhe perguntou, visto que você é consultor agrônomo da propriedade dele: qual seria a melhor forma de tratar quimicamente as sementes salvas, que foram separadas? Isso porque, a época de semeadura da cultura do arroz está próxima de sua região.

Resolução da situação-problema

Diante da condição das sementes serem salvas e do questionamento do Sr. Cláudio, você pode indicar para ele o tratamento químico de semente do tipo on farm, sendo o mais indicado para esta situação. O tratamento na fazenda pode ser feito por meio de máquinas específicas para o tratamento químico, as quais podem ser acionadas pela tomada de potência do trator ou por energia elétrica. Embora possui menor precisão de aplicação do que o tratamento industrial, o tratamento por meio de máquinas tratadoras de sementes é o mais indicado para as sementes do Sr. Cláudio, quando comparado ao método do tambor, isso porque as sementes são salvas e ele pode fazer o tratamento na sua própria propriedade.

1. A qualidade fisiológica é definida como a capacidade potencial da semente gerar uma nova planta, que pode ser avaliada, em um lote de sementes, por meio do poder germinativo e do vigor. Sendo assim, a qualidade fisiológica é variável de acordo com a categoria de semente produzida.

Assinale a alternativa que apresenta a categoria de sementes com maior qualidade fisiológica:

- a) Sementes não certificadas de 1ª geração.
- b) Sementes não certificadas de 2ª geração.
- c) Sementes certificadas de 1ª geração.
- d) Sementes salvas.
- e) Sementes ilegais.

2. O Brasil possui ampla variabilidade de condições climáticas, visto que possui grande extensão territorial. Este fator faz com que a agricultura, no geral, se adapte às condições de cada local, principalmente no quesito época de semeadura.

Com base nos calendários de plantio, avalie as seguintes assertivas:

- I. Os calendários de plantio são elaborados de acordo com fatores como os índices pluviométricos mensais, principalmente, em culturas de sequeiro.
- II. Os calendários de plantio são elaborados de acordo com fatores como os índices pluviométricos anuais, para todas as culturas.
- III. Os calendários de plantio também são elaborados de acordo as variações na temperatura, considerando as temperaturas ótimas e os limites extremos.
- IV. Os calendários de plantio também são elaborados de acordo com o fotoperíodo, ao decorrer do ano em cada região do país.

De acordo as assertivas apresentadas, assinale a alternativa correta.

- a) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
- b) Apenas as assertivas II e IV estão corretas
- c) Apenas as assertivas II, III e IV estão corretas.
- d) Apenas as assertivas I, III e IV estão corretas.
- e) Apenas as assertivas I e III estão corretas.

3. Os tratamentos químicos de sementes visam suprimir, controlar ou afastar patógenos e insetos, prejudiciais às sementes e ao desenvolvimento inicial das culturas. Sendo assim, podem ser efetuados de duas maneiras: tratamento *on farm*, ou seja, na fazenda, ou por meio do tratamento industrial.

Selecione a alternativa que apresenta as vantagens do tratamento industrial, quando comparado ao tratamento *on farm*:

- a) Precisão e eficiência da aplicação, maior rendimento de tempo e segurança do operador do tratamento.
- b) Precisão e eficiência da aplicação, maior tempo de aplicação e segurança do operador do tratamento.
- c) Maior facilidade operacional, desuniformidade de aplicação, contato do operador do tratamento com os produtos.
- d) Fácil disponibilidade na propriedade, maior rendimento de tempo, segurança do operador do tratamento.
- e) Melhor cobertura e aderência dos produtos, maior rapidez na operação, desuniformidade de aplicação.

Secagem de sementes

Diálogo aberto

A secagem é um processo importante na produção de sementes, pois é responsável por preservar a qualidade de um lote durante o período de armazenamento destas. Sendo assim, é crucial compreender os princípios que regem a secagem de sementes, os principais métodos e a perda de peso da semente com a secagem.

Diante disso, você se lembra que atua como responsável técnico na área de produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), nas etapas de produção, desenvolvimento e secagem das sementes na propriedade da Sra. Marlene?

Considere que, ao colher as sementes de feijão, destinadas à certificação, a produtora, possui em sua propriedade uma unidade de beneficiamento – UBS própria, para a qual destina toda a sua produção. Nesta unidade de beneficiamento, as sementes passam por várias etapas, dentre elas, a secagem é responsável em diminuir o conteúdo de água da semente, para que ela seja armazenada de maneira segura, ou seja, não se deteriore com a umidade e não apresente patógenos. Você verifica as operações da unidade de beneficiamento, e é responsável por todas as etapas, desde a recepção das sementes do campo, até sua pesagem e identificação. Diante disso, chegou à unidade de beneficiamento um lote de 1.000 kg de sementes de feijão, e, ao medir a umidade destas sementes, elas apresentaram-se com 18% de umidade. Logo em seguida, foram submetidas à secagem artificial intermitente, empregando-se a temperatura do ar à 50 °C, até as sementes atingirem 13% de umidade. A Sra. Marlene, com a finalidade de programar a comercialização destas sementes (transporte, armazenamento e preço do lote) lhe questiona: qual seria o peso final do lote de sementes, após o processo de secagem?

Para atender a este questionamento efetuado pela Sra. Marlene, antes, você precisará conhecer os princípios de secagem de sementes, e precisará aprender, de maneira prática, sobre a perda de peso da semente com a secagem, a fim de obter o peso final do lote de sementes de feijão.

Assim, fique atento ao que vamos estudar! Nesta aula, você aprenderá sobre o processo de secagem de sementes e a sua influência na qualidade das sementes. Siga em frente!

Nas aulas anteriores, abordamos sobre os aspectos de produção de sementes. A partir de agora, dando continuidade, veremos sobre os princípios e métodos de secagem, compreendendo a importância desta etapa na produção de sementes de qualidade.

Precisamos entender a importância da secagem na produção de sementes de alta qualidade. Então, diante disso, por qual razão devemos realizar a secagem de sementes? Pode-se afirmar que as sementes, ao serem colhidas, normalmente apresentam teor de água inadequado para serem armazenadas com segurança (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). As sementes, ao apresentarem este teor de água, fazem com que tal condição influencie no processo de deterioração, proporcionando o ataque de microrganismos e a elevação da taxa respiratória, por exemplo, o que contribui para a perda da viabilidade das sementes (SMANIOTTO *et al.*, 2014). Desta maneira, ao se falar de armazenamento seguro, a secagem é necessária para preservar as sementes de alterações fisiológicas e proporcionar que elas mantenham características de qualidade, como boa capacidade germinativa e vigor.

Diante disso, a **secagem de sementes** pode ser compreendida como um processo simultâneo de transferência de calor, do ar para as sementes, e de água, das sementes para o ar (GARCIA *et al.*, 2004). Neste contexto, ocorrem vários detalhes no processo de secagem de sementes. Vamos aprender sobre eles?

Iniciaremos pela dinâmica da água na semente, pois ela sempre estará presente, desde sua formação, maturação e maturidade fisiológica. Sendo assim, após a semente atingir a maturidade fisiológica e passar pelo processo de dessecação, quando submetida a níveis elevados de água, esta estará relacionada com o processo germinativo, com a respiração, a deterioração e/ou o desenvolvimento de microrganismos.

As sementes, ao serem colhidas, são constituídas pela massa de água e a massa de matéria seca, e é justamente a massa de água que determina os níveis metabólicos. Deste modo, as sementes são consideradas higroscópicas, ou seja, estão constantemente num processo dinâmico de absorção de água do ar para a semente e, inversamente, de perda de água da semente para o ar (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Neste contexto, existe uma relação das sementes com a umidade relativa do ar e a temperatura. Vamos entender melhor? Imagine que a umidade relativa do ar é de 80%, isso quer dizer que o ar contém 80% da quantidade máxima de vapor d'água que poderia reter naquela dada temperatura. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), existe a relação da umidade

relativa do ar com a temperatura, pois, ao aumentar a temperatura ocorre um decréscimo no valor da umidade relativa. Neste momento, entra em ação o conceito de **ponto de equilíbrio higroscópico** das sementes.



Assimile

O **ponto de equilíbrio higroscópico** ocorre quando o teor de água de uma semente, a uma dada temperatura, está em equilíbrio com a umidade relativa do ar, ou, em outras palavras, ocorre o equilíbrio (cessam as trocas) da água entre a semente e o ar circundante: a semente não ganha e não perde água para o ambiente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

O equilíbrio higroscópico da semente com o meio é alcançado com o gradiente de potencial hídrico nulo, entre as sementes e o ar atmosférico; deste modo, cessa o processo de transferência de água (GARCIA *et al.*, 2004). Contudo, quando a semente não está em equilíbrio higroscópico, o fluxo hídrico ocorre do ambiente com maior potencial para o menor potencial, desta maneira, a semente pode absorver ou perder água do meio circundante.

A higroscopicidade da semente também está relacionada com a substância de reserva acumulada predominante (lipídios, carboidratos ou proteínas) (MARCOS FILHO, 2015), o que, conseqüentemente, muda o ponto de equilíbrio higroscópico em função da espécie.

Além disso, a forma como as moléculas de água está presente nas sementes determina o tipo destas. Acompanhe o Quadro 3.2, que descreve os cinco tipos de água presentes nas sementes, considerando as forças de ligação entre a água e as macromoléculas, e a sua mobilidade.

Quadro 3.2 | Tipos de água nas sementes

Tipo	Descrição
1	Faz parte da estrutura das sementes e está fortemente associada às substâncias que as compõem. É aquela que está presente em tecidos muito secos (menor a 7,5% no teor de água) e, praticamente, não possui mobilidade e a atividade metabólica é restrita.
2	Água que está ligada às macromoléculas por pontes de hidrogênio e o grau de umidade está entre 7,5% e 20%; ocorrem atividades enzimáticas mais simples e observa-se, neste teor, reações de deterioração.
3	Presente em sementes com 20% a 33% de teor de água e metabolismo bastante ativo.
4	Água presente em sementes com 33% a 41% de teor de água, em que a água ocupa os espaços entre as macromoléculas. Em sementes com esta característica, ocorre a síntese de proteínas, ácidos nucleicos, bem como reparo de DNA
5	Presente em sementes com teor de água superior a 41%, em que a água preenche todos os espaços celulares e participa da composição da solução celular.

Fonte: adaptado de Vertucci e Farrant (1995) *apud* Reis (2013).



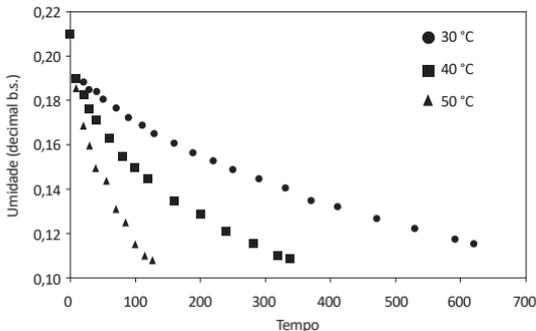
Refleta

Considerando os tipos de água das sementes, em quais tipos a secagem atua? E quais tipos de água atuam nos processos de deterioração das sementes, diminuindo a qualidade fisiológica destas?

Assimilando os princípios de secagem apresentados até este momento, como ocorre o processo de secagem de sementes? Para entender, associe os princípios de secagem e imagine que acontece a transferência da água das sementes para o meio circundante, por meio de duas fases simultâneas: (Fase I) a transferência da água da camada superficial das sementes para o ar, e (Fase II) o movimento de água do interior para a superfície das sementes, decorrente do gradiente hídrico entre essas duas regiões (GARCIA *et al.*, 2004).

A fase I é um fenômeno de evaporação, sendo assim, quanto mais seco o ar, mais rápido o movimento da água da superfície da semente. Já, a fase II, se dá mais lentamente, devido à ação capilar, difusão da água, gradiente de pressão de vapor, entre outros mecanismos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). É possível distinguir estas duas fases na Figura 3.7, em que, logo no início do processo de secagem, as sementes tendem a perder água rapidamente, contudo, com o passar do tempo de secagem, a mesma se torna mais lenta, visto que a água, contida no interior da semente, necessita vencer alguns obstáculos até chegar à camada superficial.

Figura 3.7 | Curva de secagem de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função da umidade (bs – base úmida) e tempo de secagem em minutos, para as condições de temperatura de 30, 40 e 50 °C



Fonte: Camicia *et al.* (2015, p. 209).

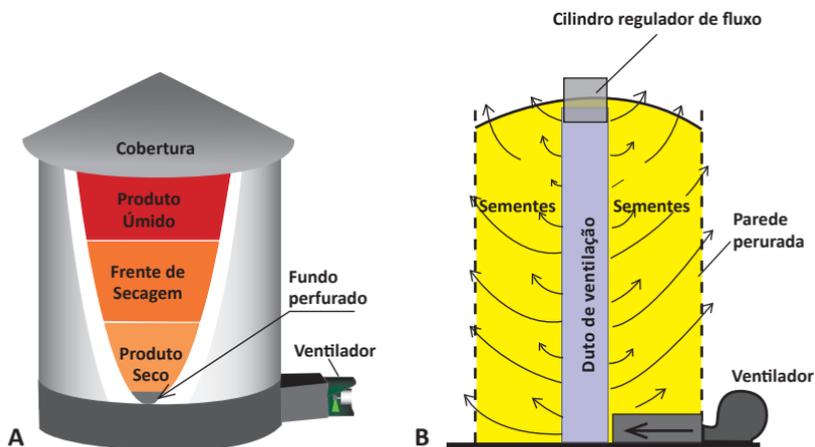
A partir de agora, veremos os principais métodos utilizados para a secagem de sementes. Vamos lá? Os métodos de secagem são classificados quanto ao uso de equipamentos (secagem natural ou artificial), à periodicidade no fornecimento do calor (contínuo ou intermitente) e à movimentação da massa de sementes (estacionário ou contínuo) (GARCIA *et al.*, 2004).

Quanto à secagem natural, a luz solar é a fonte de calor utilizada, e, concomitantemente, há a ação do vento na secagem. É um método que depende das variações climáticas, às quais podem ser prejudiciais ao processo de secagem, tornando-o mais demorado e, conseqüentemente, interferindo na qualidade fisiológica das sementes. Além disso, é um método lento e necessita de vários revolvimentos na massa de sementes. Diante disso, na área de tecnologia de produção de sementes, é um método pouco utilizado, sendo usado apenas para a secagem de pequenas quantidades de sementes.

A secagem artificial é amplamente utilizada, visto que, por meio dela, se obtém o controle das condições ideais de secagem para a produção de sementes de alta qualidade. O que caracteriza este tipo de método é a utilização de equipamentos mecânicos, elétricos ou eletrônicos que forçam a movimentação do ar a atravessar as sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A secagem artificial pode ser realizada por meio de ar forçado sem aquecimento (ventilação forçada), na qual os silos são adaptados para a secagem, com o uso de ventiladores que forçam a passagem de ar pelas sementes, na qual o ar leva consigo o vapor de água. O silo secador necessita ter piso, com, no mínimo, 15% de área perfurada, para promover a distribuição uniforme de ar (SILVA *et al.*, 2008) (Figura 3.8 A). Além deste, existe também o silo secador com o cilindro central perfurado, no qual o ar é forçado a passar pelas sementes transversalmente (Figura 3.8 B).

Figura 3.8 | Silos secadores para sementes A) Silo secador com fundo perfurado; B) Silo com cilindro central perfurado

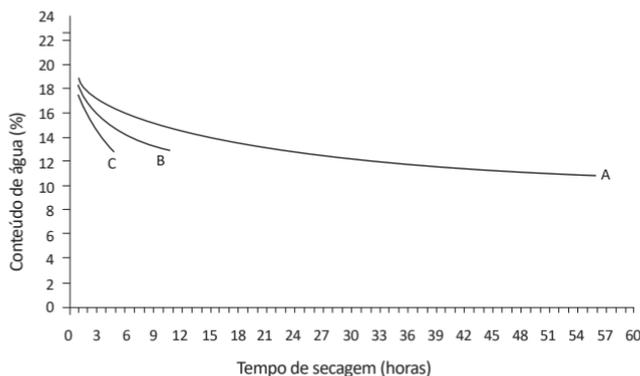


Fonte: Silva *et al.* (2008, p. 117-123).

No silo com o fundo perfurado, a secagem das sementes se dá em três faixas de umidade: na primeira faixa, as sementes logo atingem o teor adequado de umidade; na segunda faixa, denominada de frente de secagem, ainda ocorre transferência de umidade das sementes para o ar; enquanto na terceira faixa, as sementes ainda não passaram pelo processo de secagem. (Figura 3.8 A).

Por meio do ar quente forçado, a temperatura aumenta e a umidade relativa do ar diminui, ocasionando a secagem das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Esta passagem de ar quente pode ser contínua ou intermitente. Na secagem contínua, as sementes ficam constantemente sob a ação do calor, até que seu teor de umidade atinja o valor desejado (SILVA *et al.*, 2008). Já a secagem intermitente é realizada intercalada, com períodos de exposição e não exposição das sementes ao fluxo de ar aquecido (GARCIA *et al.*, 2004). Considera-se que este método aumenta a quantidade de água removida por unidade de tempo, além de garantir potencial germinativo e vigor superiores das sementes, em relação à secagem contínua e natural (FRANKE *et al.*, 2008) (Figura 3.9).

Figura 3.9 | Curva de secagem de sementes de sorgo em diferentes métodos de secagem A) Secagem natural; B) Secagem contínua; C) Secagem intermitente



Fonte: Franke *et al.* (2008, p. 179).

Diante da Figura 3.9, você deve estar se perguntando: por que a secagem intermitente é mais rápida, quando comparada aos demais métodos de secagem? Para entender isso, imagine o que acontece dentro da semente durante a secagem intermitente: a semente recebe ar aquecido por um período de tempo, o que ocasiona a evaporação da água contida na camada superficial da semente. Logo em seguida, o fluxo de ar é interrompido, e, enquanto isso, por diferença de potencial hídrico, a água contida no interior da semente é transportada à superfície desta, sendo que, neste momento, novamente é acionado o fluxo de ar aquecido. Essa dinâmica do transporte

de água na semente (para a camada superficial dela, pela diferença de potencial hídrico) permite a secagem das sementes, ou seja, a secagem intermitente impulsiona a diferença de potencial hídrico e encurta o tempo do processo.

Além disso, o fluxo da massa de sementes no interior do equipamento de secagem pode ser estacionário ou contínuo. Na secagem estacionária, a massa de sementes fica estática no interior do secador, onde o fluxo de ar é forçado através da camada de semente, sendo que, neste caso, normalmente utilizam-se os silos com fundo perfurado ou com cilindro central perfurado, conforme abordado anteriormente na Figura 3.8. Já na secagem em fluxo contínuo, as sementes são mantidas em constante movimento no interior do secador.



Saiba mais

As sementes podem ser secas por vários métodos de secagem, dentre eles, a secagem por meio de elevadas temperaturas pode ser realizada por diferentes tipos de secadores.

Saiba mais sobre os secadores a elevadas temperaturas em:

SILVA, J. de S e. *et al.* Secagem e Secadores. In: SILVA, Juarez de Souza e. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008, p. 124-140.

Desta maneira, considerando que a massa da semente é composta pelo conteúdo de água e a massa de matéria seca; após a secagem, ao perder água, também perde peso.



Exemplificando

Portanto, acompanhe no Quadro 3.3, a perda de peso das sementes com a secagem, considerando que um lote de sementes de 100 kg (sem impurezas), com 25 de umidade, foi submetido à secagem com o objetivo de chegarem à 13 de umidade. Sendo assim, acompanhe os cálculos para se obter o peso final de sementes após o processo de secagem.

Quadro 3.3 | Cálculo do peso final de sementes, após o processo de secagem, em um lote de 100 kg de sementes com 25% de umidade ($U = 0,25$), com o objetivo de chegarem a 13% de umidade

1º Passo - Calcule a quantidade de água inicial em kg:

Quantidade de água inicial = Umidade inicial x Peso inicial do lote (Kg)

Quantidade de água inicial = $0,25 \times 100 = 25$ kg.

2º Passo - Calcule a quantidade de matéria seca do lote de sementes, antes da secagem:

Considerando que, dos 100 kg de sementes sem impurezas, 25 kg é composto por água, então o lote de sementes possui 75 kg de Matéria Seca (MS), antes do processo de secagem. Por matéria seca entende-se os compostos de reserva (carboidratos, lipídios ou proteínas), minerais e as vitaminas das sementes.

3º Passo - Calcule a quantidade de água do lote de semente a ser obtida após o processo de secagem, em kg:

Lembrando que no exemplo, o objetivo é atingir um percentual de umidade de 13%. Portanto:

$$\text{Quantidade de água final} = \text{Umidade final} \times \text{Peso inicial do lote (kg)}$$

$$\text{Quantidade de água final} = 0,13 \times 100 = 13\text{kg.}$$

4º Passo - Calcule a quantidade de água a ser removida da massa de sementes no processo de secagem:

Para isso, utilize a equação de umidade expressa em base úmida, adaptada de Silva (2018). É importante ressaltar que o resultado da fórmula é expresso em percentual, ou seja, é o percentual de água a ser removida das sementes.

Em que:

QA = Quantidade de água do lote de sementes após a secagem (%);

U_i = Umidade inicial em base úmida (%);

U_f = Umidade final em base úmida (%).

Portanto:

$$QA = \frac{(25 - 13) \times 100}{(100 - 13)} = 13,8\%$$

Agora, considerando que dos 100 Kg, 75 Kg são compostos por matéria seca e 25 Kg são compostos por água; e sabendo que 13,8 do conteúdo de água será removido, então calcule a quantidade de água em Kg que será removida:

$$25\% \quad \Rightarrow \quad 25 \text{ Kg de água}$$

$$13,8\% \quad \Rightarrow \quad x$$

$$x = 13,8 \text{ Kg de água}$$

5º Passo - Calcule o peso final do lote de sementes, após a secagem:

Considerando que 13,8 kg de água serão removidos, para o lote alcançar os 13 de umidade, o peso final do lote de sementes será:

$$\text{Peso final do lote} = 100 \text{ kg} - 13,8 \text{ kg} = 86,2 \text{ kg.}$$

Diante do exemplo apresentado, verifica-se que o peso final do lote diminui após a secagem, pela perda de água, sendo que a dimensão desta diminuição dependerá da umidade inicial e da umidade final, após a secagem.

Sendo assim, nesta aula aprendemos que as sementes possuem diferentes tipos de água, e que estas podem alcançar o equilíbrio higroscópico; além disso, vimos os princípios e os principais métodos de secagem de sementes, assim como, a sua perda de peso com este processo.

Agora chegou a hora de você, agrônomo e responsável técnico da produção de sementes de feijão da propriedade da Sra. Marlene, responder aos seus questionamentos, acerca do processo de secagem das sementes. Lembre-se que chegou à unidade de beneficiamento um lote de 1.000 kg de sementes de feijão (sem impurezas), e, você, ao medir a umidade destas sementes, viu que elas se apresentaram com 18% de umidade. Diante disso, com a finalidade de programar a comercialização (transporte, armazenamento e preço do lote) das sementes após alcançarem 13% de umidade, a produtora lhe questiona: qual o peso final do lote de sementes, após o processo de secagem?

Você deve explicar à produtora que o peso final do lote de sementes de feijão, após a secagem, é obtido por meio de cálculo, sendo assim, explique, pontualmente, as contas efetuadas, conforme apresentado no Quadro 3.4

Quadro 3.4 | Cálculo do peso final de sementes, após o processo de secagem.

1º - Cálculo da quantidade de água inicial em kg:

Quantidade de água inicial = $0,18 \times 1000 = 180$ kg.

2º - Cálculo da quantidade de matéria seca do lote de sementes, antes da secagem:

Considerando que, dos 1000 kg de sementes, 180 kg é composto por água, então, o lote de sementes possui 820 kg de Matéria Seca (MS), antes do processo de secagem.

3º - Cálculo da quantidade de água do lote de semente, a ser obtido após o processo de secagem, em kg:

Quantidade de água final = $0,13 \times 1000 = 130$ kg.

4º Passo - Cálculo da quantidade de água a ser removida da massa de sementes:

$$QA = \frac{(18 - 13) \times 100}{(100 - 13)} = 5,7\%$$

Agora, considerando que, dos 1000 kg, 820 kg é composto por matéria seca e 180 kg é composto por água; e sabendo que 5,7% do conteúdo de água será removido, então calcule a quantidade de água em kg que será removida:

$$\begin{array}{rcl} 18\% & \rightarrow & 180 \text{ kg de água} \\ 5,7\% & \rightarrow & x \\ & & x = 57 \text{ Kg de água.} \end{array}$$

5º Cálculo do peso final do lote de sementes, após a secagem:

Considerando que 57 kg de água serão removidos após o processo de secagem para o lote alcançar os 13 % de umidade, o peso final do lote de sementes será:

Peso final do lote de sementes de feijão = $1000 \text{ kg} - 57 \text{ kg} = 943$.

Fonte: adaptado de Silva *et al.* (2008) e Silva (2018).

Diante dos cálculos efetuados, explique à Sra. Marlene, que o peso final do lote de sementes será de 943 kg para serem comercializadas a 13% de umidade, ou seja, serão removidos, pela secagem, o equivalente a 57 kg de água de 1000 kg de sementes.

Secagem contínua ou intermitente?

Descrição da situação-problema

Sr. Antônio é produtor de sementes de arroz e pretende realizar a secagem delas em unidade de beneficiamento de sementes, na própria propriedade. Preocupado com o método mais indicado para a secagem das sementes, ele lhe procura, pois você é agrônomo especialista em produção de sementes. Logo após a colheita, Sr. Antônio, quer secar as sementes em menor tempo possível. Sendo assim, ele lhe questiona: para as sementes de arroz, considerando a secagem contínua ou intermitente com ar aquecido, qual o método que permite a secagem em menor tempo?

Resolução da situação-problema

Diante do questionamento do Sr. Antônio, você deverá explicar que, comparando os métodos de secagem contínua e intermitente com ar aquecido, em relação ao menor tempo de secagem, a intermitente é o mais indicado. Sendo assim, exponha ao Sr. Antônio a maneira em que ocorre a secagem intermitente: as sementes recebem ar aquecido por determinado período de tempo, ocasionando a evaporação (retirada) da água da camada superficial da semente. Enquanto o fluxo de ar é interrompido, a água contida no interior da semente é deslocada, pela diferença de potencial hídrico, até a sua camada superficial. Isso ocorre diversas vezes durante o processo de secagem, o que possibilita uma secagem mais rápida das sementes, pois há um impulso maior para a retirada da água. Desse modo, para a situação do Sr. Antônio, recomende a secagem intermitente com ar aquecido para as sementes de arroz.

Faça valer a pena

1. Os métodos de secagem de sementes podem ser classificados quanto ao uso de equipamentos, em natural ou artificial, sendo que eles determinam o tempo de secagem, o que também está relacionado com a preservação da qualidade fisiológica das sementes.

Considerando os diferentes métodos de secagem de sementes, assinale a alternativa que apresenta o método de secagem mais rápida:

a) Natural a pleno sol.

- b) Natural à sombra.
- c) Natural em estufa.
- d) Artificial contínuo.
- e) Artificial intermitente.

2. As sementes, ao serem colhidas, normalmente apresentam teor de água inadequado para poderem ser armazenadas corretamente. A secagem de sementes é um processo simultâneo de transferência de calor do ar para as sementes, e de água das sementes para o ar, permitindo que elas cheguem ao teor de água adequado para o armazenamento.

Selecione a alternativa que descreve os motivos para o processo de secagem de sementes:

- a) Armazenamento seguro, prevenção ao desenvolvimento de microrganismos e elevação da taxa respiratória das sementes.
- b) Armazenamento seguro, diminuição do vigor e diminuição da taxa respiratória das sementes.
- c) Armazenamento seguro, preservação da qualidade fisiológica e diminuição da atividade de água das sementes.
- d) Diminuição do processo de deterioração, prevenção ao desenvolvimento de microrganismos e elevação da taxa respiratória das sementes.
- e) Diminuição da capacidade germinativa, diminuição do vigor e elevação da taxa respiratória das sementes.

3. Na produção e na tecnologia de sementes, o seu ponto de equilíbrio higroscópico é utilizado de maneira prática, para determinar o teor de água da semente, em que ela estará estabilizada com o ar circundante, podendo ser armazenada a uma dada temperatura e umidade relativa do ar, de maneira segura.

Assinale a alternativa que explica o que ocorre com a semente no ponto de equilíbrio higroscópico:

- a) O interior da semente perde água para o ar circundante.
- b) A semente não perde e não absorve água do ar circundante.
- c) A semente perde água da camada superficial para o ar circundante.
- d) A semente absorve água, na sua camada superficial, do ar circundante.
- e) O interior da semente absorve água do ar circundante.

ABRASEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Guia ABRASEM de boas práticas de tratamento de sementes**, p. 1-28. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2014/12/Guia-TSI-completo.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2018.

AMARO, H. T. R. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão em função de densidades populacionais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1241-1248, 2014. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/17677/artigo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 5 dez. 2018.

ARAÚJO, E. F.; CORRÊA, P. C.; SILVA, R. F. Comparação de modelos matemáticos para descrição das curvas de dessecção de sementes de milho-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 7, p. 991-995, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n7/a09v36n7.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas de milho: Análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782001000600027&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 13 nov. 2018.

BELLÉ, C. *et al.* Qualidade fisiológica e sanitária de sementes salvas de soja da região norte do Rio Grande do Sul. **Revista Agrária**, v. 9, n. 31, p. 1-10, 2016. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3520>. Acesso em: 2 nov. 2018.

BERBERT, P. A. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de mamão em função da secagem e do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 40-48, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n1/a06v30n1.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

BORNHOFEN, E. *et al.* Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 46-55, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/29143>. Acesso em: 12 nov. 2018.

BRASIL. **Diário Oficial da União nº2 43 de 20 de dezembro de 2015**. Disponível em http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/padroes_soja. Acesso em: 5 dez. 2018.

BRASIL. **Sistema nacional de sementes e mudas, Lei nº10.711, de 5 de agosto de 2003**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm. Acesso em: 2 nov. 2018.

BRASIL. **Normas para produção, comercialização e utilização de sementes, Instrução normativa nº 9, de 2 de junho de 2005**. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-9-de-2-de-junho-de-2005-Normas-para-a-Produ%C3%A7%C3%A3o-Comercializa%C3%A7%C3%A3o-e-Utiliza%C3%A7%C3%A3o-de-Sementes1.pdf>. Acesso em: 2 de nov. 2018.

BRASIL. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para inscrição no Registro Nacional de Cultivares, Instrução**

normativa nº 25, de 23 de maio de 2006. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%B0-25-de-23-de-maio-de-2006-Crit%C3%A9rios-para-VCU-de-Feij%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2018.

BRASIL. **Regras para análise de sementes.** Brasília: Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento, p. 307-316, 2009. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 27 nov. 2018.

BRASIL. **Guia de inspeção de campos para produção de sementes.** 3. ed. Brasília: Mapa/ACS, 2011. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/3494_guiadeinspecao_sementes.pdf. Acesso em: 2 nov. 2018.

CAMICIA, R. G. M. *et al.* Modelagem do processo de secagem de sementes de feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 206-214, 2015. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/2371/237141066023.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Secagem de sementes. In: **Sementes – Ciência, tecnologia e produção.** 5. ed. Campinas: FUNEP, 2012, p. 382-411.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do feijão.** Brasília: Conab, 2018, p. 132. Disponível em: https://www.conab.gov.br/outras-publicacoes/item/download/20853_f0a7557abe8ad36450ed33db2615bca4. Acesso em: 12 nov. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Calendário de plantio e colheita de grãos no Brasil,** 2017. Páginas 11-20 e 43-57. Disponível em: https://www.conab.gov.br/outras-publicacoes/item/download/21099_79625cc8ceb43fb85f49cea4961b0ea6. Acesso em: 12 nov. 2018.

DEL BEM JUNIOR, L. **Avaliação qualitativa de métodos de tratamento de sementes de soja.** Dissertação. 68 f., 2017. Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152644/Del+Bem+Junior_1_me_bot.pdf;jsessionid=B705414910BE9970A8B4B4011A0612FE?sequence=3. Acesso em: 11 nov. 2018.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. **A importância do uso de semente de soja de alta qualidade.** EMBRAPA: Londrina, n. 1, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/661047/1/ID30537.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2018.

FRANKE, L. B.; TORRES, M. Â. P.; LOPES, R. R. Performance of different drying methods and their effects on the physiological quality of grain sorghum seeds (*S. bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 177-184, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222008000300024&script=sci_abstract. Acesso em: 27 nov. 2018.

GARCIA, D. C. *et al.* A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n2/a45v34n2.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. Londrina: Embrapa, Documento 264, 2.ed., 52 p., 2005. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2009-09/26692/1/documento264.pdf>. Acesso em: 11 nov.2018.

HENNING, A. A. *et al.* **Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas na safra 2010/2011, ano de “La Niña”**. Londrina: Embrapa, Circular técnica, n. 82, p. 01-08, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23533/1/CT-82.indd.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2018.

IMOLESI, A. S. *et al.* Influência da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 5, p. 1119-1126, 2001. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/index.php/revistas/ciencia-e-agrotecnologia/artigos-publicados/10-volumes- revista/57-vol25numero5>. Acesso em: 13 nov. 2018.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Avaliação da conformidade**. 6. ed. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/acpq.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2018.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* **Cuidados na aquisição e na utilização de sementes de soja**. Londrina: Embrapa. Comunicado Técnico, n. 55, p. 1-9, 1996. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18651/1/comtec55.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LIMA, M. D.; PELUZIO, J. M. O rendimento de óleo derivado de sementes de soja é incrementado pela adubação potássica e época de semeadura?. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2211-2221, 2015. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/biologicas/Efeito%20da%20adubacao%20potassica.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2018.

LOBO JÚNIOR, M.; BRANDÃO, L. T. D.; MARTINS, B. E. M. **Testes para avaliação da qualidade de sementes de feijão comum**. Embrapa: Circular técnica, n. 90, p. 1-4, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/970251/1/circulartecnica90.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2018.

MACHADO, J. da C. *et al.* **Tratamentos de sementes no controle de fitopatógenos e pragas**. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. Sementes: inovações tecnológicas no cenário nacional. Informe Agropecuário, v.27, n.232, p. 76-86, 2006.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Defesa agropecuária: sementes e mudas**. 2013, p. 19-25. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cartas-de-servico/documentos/carta-de-servicos-ao-cidadao-defesa-agropecuaria-sementes-e-mudas.pdf>. Acesso em: 2 nov.2018.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Sistema de gestão da fiscalização: Painel Brasileiro de Sementes**. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/sigefsementes/index.htm>. Acesso em: 1 nov.2018.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. p. 37.

MARIN, R. da S. F. *et al.* Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, v.62, n.3, p.265-274, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2015000300265&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 13 nov.2018.

MARINHO, J. de L. *et al.* **Vigor de sementes associado à densidade de semeadura na qualidade fisiológica de sementes de trigo**. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de trigo e Triticale, n. 10, 2016. Anais... Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1057862>. Acesso em: 13 nov. 2018.

MARTIN, T. N. *et al.* Questões relevantes na produção de sementes de milho – segunda parte. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 2, p. 80-101, 2007. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2501>. Acesso em: 13 nov. 2018.

MAURI, A. L. *et al.* Influência da adubação na qualidade fisiológica de sementes de quatro variedades de café (Coffeearabica L.). **Revista Ceres**, v. 52, n. 301, p. 335-341, 2005. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3049>. Acesso em: 13 nov. 2018.

MONDINI, Márcio L.; VIEIRA, Camilo P.; CAMBRAIA, Luiz A. **Época de semeadura: um importante fator que afeta a produtividade da soja**. Dourados: Embrapa. Documento n. 34, 16 p., 2001. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/229672/1/DOC34.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2018.

PÁDUA, G. P. *et al.* Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222010000300001&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 10 nov. 2018.

PINHO, Ê. V. R. V.; SALGADO, K. C. P. C. **Inovações tecnológicas na produção de sementes**. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. Sementes: inovações tecnológicas no cenário nacional. Informe Agropecuário, v. 27, n. 232, p. 22-31, 2006.

RAMOS, N. P. **Determinação da pureza varietal em lotes de sementes de milho através de marcadores morfológicos e microssatélites**. 2004. 104 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-19042005-171334/pt-br.php>. Acesso em: 2 nov. 2018.

RAMPIM, L. *et al.* Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja comercial e salva. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 476-486, 2016. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/13776>. Acesso em: 2 nov. 2018.

REIS, R. de G. E. **Métodos de secagem e armazenamento de sementes de berinjela submetidas ao condicionamento fisiológico**. 2013. 82 f. Tese. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1052/1/TESE_M%C3%A9todos%20de%20secagem%20e%20armazenamento%20de%20sementes.pdf. Acesso em: 27 nov. 2018.

SILVA, J. de S. *et al.* Secagem e Secadores. In: SILVA, Juarez de Souza e. **Secagem e armazenamento**

de produtos agrícolas. 12Viçosa: Aprenda Fácil, 2008, p. 109-146. Disponível em: <ftp://ftp.ufv.br/dea/poscolheita/Livro%20secagem%20e%20armazenagem%20de%20produtos%20agr%ED-colas%202009/Cap%EDtulo%205.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

SILVA, L. C. **Quebras de impureza e umidade.** Boletim técnico: Armazenagem de grãos. p.1-11, 2018. Disponível em: http://www.agais.com/manuscript/ag0109_quebras_impureza_umidade.pdf. Acesso em: 18 dez. 2018.

SMANIOTTO, T. A. S. et al. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v18n04/v18n04a13.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

TROGELLO, E. *et al.* Tamanhos e formatos de sementes não influenciam a germinação, desenvolvimento e produtividade da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.19, n.1, p.41-48, 2013. Disponível em: http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1418841318_5.pdf. Acesso em: 10 nov. 2018.

UTINO, S. *et al.* **Produção de sementes: arroz.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000foh66zuv02wyiv8065610dhn0auj1.html>. Acesso em: 2 nov. 2018.

VAZQUEZ, G. H. *et al.* Influência do tamanho e da forma da semente de milho sobre o desenvolvimento da planta e a produtividade de grãos. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 16-24, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/11671/8228>. Acesso em: 10 nov. 2018.

VIEIRA, A. R.; SILVA, E. M.; RODRIGUES, J. R. M. **Produção de sementes.** In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. Sementes: inovações tecnológicas no cenário nacional. Informe Agropecuário, v. 27, n. 232, p. 32-38, 2006.

VIDAL, A. P. Cenci. **Legislação Brasileira de Sementes: Aplicação e eficiência na garantia de qualidade de sementes de soja.** 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/12514>. Acesso em: 2 nov. 2018.

ZONTA, J. B. *et al.* Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 721-731, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v33n4/14.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

ZUCHI, J. *et al.* Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de mamona em sistema de transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 72-80, 2010. Disponível em: http://orgprints.org/24490/1/Zuchi_Produtividade.pdf. Acesso em: 13 nov. 2018.

Unidade 4

Beneficiamento e armazenamento de sementes

Convite ao estudo

A produção de sementes de elevada qualidade é um processo constituído por diferentes desafios, desde a escolha das sementes até sua colheita. Entretanto, os cuidados e desafios para elevar e manter a qualidade das sementes ainda percorrem duas fases importantes: o beneficiamento e o armazenamento. Nesse contexto, damos início à unidade 4, em que abordaremos conteúdos relacionados ao beneficiamento e armazenamento de sementes, visando melhorar sua qualidade, armazená-las e conservá-las de forma adequada.

Sendo assim, a partir de agora, considere que você é o agrônomo responsável pelas atividades de uma Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) em sua cidade. A UBS recebe dos municípios circunvizinhos, diretamente dos produtores, lotes de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) e milho (*Zea mays* L.), para efetuar o beneficiamento e o armazenamento. Diante disso, você atua no beneficiamento de sementes, nas operações de pré-limpeza, limpeza e classificação das sementes, proporcionando que o processo seja efetuado corretamente e possibilite a melhoria da qualidade física e fisiológica dos lotes. Além disso, você atua no armazém de sementes da UBS, sendo responsável pelo armazenamento correto das sementes, em que avalia as condições dos lotes recém-chegados do beneficiamento destinados ao armazenamento e das condições ideais do ambiente de armazenamento.

Sendo assim, em um primeiro momento, você avaliará as operações de beneficiamento e sua influência na plantabilidade das sementes. Logo depois, avaliará os fatores que influem na conservação de sementes; e, por último, avaliará as condições do ambiente de armazenamento de sementes, visando a conservação das mesmas. Diante disso, ao longo da unidade 4, estaremos acompanhando situações práticas nas quais você precisará apontar soluções técnicas relacionadas a essas etapas. Pronto para o desafio?

Nesse contexto, como o beneficiamento pode melhorar a qualidade de um lote de sementes e influenciar em sua plantabilidade? Como as sementes podem ser armazenadas e quais fatores influem na sua conservação? Quais características são ideais para o armazenamento e conservação das sementes?

Para conseguir responder a essas indagações, percorra esta unidade, que lhe permitirá aprender e aplicar o conhecimento em situações práticas. Prossiga no estudo!

Portanto, esta unidade está dividida em três seções; iniciaremos, na primeira aula, o estudo do beneficiamento de sementes, descrevendo todas as operações envolvidas. Na segunda aula, trabalharemos com o armazenamento e a conservação de sementes. Por fim, na terceira aula desta unidade, abordaremos as características ideais do ambiente de armazenamento para a conservação de sementes. Dessa maneira, convido-o a adentrar nesses conteúdos ao longo da unidade. Vamos iniciar?

Beneficiamento de sementes

Diálogo aberto

A área de tecnologia de sementes abrange vários aspectos da produção de sementes, e dentre eles, o beneficiamento é uma etapa crucial que agrega qualidade às sementes e facilita sua semeadura. Sendo este, portanto, o tópico que estudaremos nesta aula.

Sendo assim, você se lembra da unidade de beneficiamento de sementes (UBS) na qual trabalha como agrônomo? Pois bem, lá você recebeu um produtor de sementes de soja, o sr. João, que pretende beneficiar as suas sementes. Acontece que esse produtor tem utilizado na sua lavoura sementes “salvas”, oriundas de sementes certificadas de 1º geração. Entretanto, na safra anterior, ele colheu as sementes e logo as utilizou para a semeadura, sem que elas tivessem sido beneficiadas. Esse produtor regulou as plantadeiras com discos específicos, de acordo com o tamanho e a forma das sementes. Entretanto, no momento do plantio, mesmo tendo testado diferentes discos da plantadeira, o sr. João verificou na semeadura muitas falhas e sementes duplas por metro linear do sulco de plantio, ou seja, houve baixa plantabilidade das sementes.

Diante disso, o produtor procurou você para ajudá-lo nessa situação, levantando os seguintes questionamentos: como o beneficiamento pode influenciar na plantabilidade das sementes? Em quais máquinas beneficiadoras as sementes podem ser submetidas? O problema de semeaduras falhas e duplas pode ser solucionado por meio do beneficiamento de sementes?

Portanto, para responder aos questionamentos e solucionar o problema do produtor, você precisará conhecer a importância do beneficiamento como etapa subsequente da produção de sementes de alta qualidade, suas bases de separação e as principais máquinas de beneficiamento de sementes agrícolas. prossiga adiante com o estudo, pois ele lhe permitirá conhecer sobre os aspectos de beneficiamento de sementes.

Bom estudo!

Não pode faltar

Vimos nas aulas anteriores sobre o processo de produção de sementes de qualidade, assim como os fatores que influenciam na produção e no desenvolvimento delas. A partir de agora, considere que após todos os cuidados possíveis

para se obterem sementes de qualidade (desde a escolha da semente, plantio, desenvolvimento e colheita), a sua qualidade pode ser melhorada e preservada na etapa subsequente da produção, denominada de beneficiamento.

Sendo assim, o beneficiamento de sementes compreende vários procedimentos, desde a colheita até o momento em que um lote de sementes esteja pronto para ser comercializado. Diante disso, o beneficiamento de sementes é definido como

“[...] um conjunto de operações visando melhorar, ou aprimorar, as características de um lote de sementes, com a eliminação das impurezas e características indesejáveis, assim como a eliminação das sementes de outras espécies e cultivares, e posterior separação em frações uniformes. (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012a, p. 418)

Assim, é importante salientar que o beneficiamento realça e aprimora as características desejáveis de um lote de sementes, além disso, também está estritamente relacionado à preservação da sua qualidade. Portanto, destacamos, aqui dois pontos cruciais: a importância do beneficiamento na qualidade e que ele seja realizado corretamente.

Mas como o beneficiamento se relaciona com a qualidade das sementes? Para compreendermos isso, vamos lembrar o quesito qualidade das sementes, que é composto pela soma de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, e está estritamente relacionado à produção de sementes (FRANÇA-NETO et al., 2016). Sendo assim, é possível afirmar que o beneficiamento atua, principalmente, na qualidade física e fisiológica das sementes.



Exemplificando

Por exemplo, para sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), ao longo do beneficiamento, é constatado aumento do potencial fisiológico e da qualidade física do lote (PEREIRA et al., 2012).

Quanto ao beneficiamento ser realizado corretamente, devem ser empregados princípios e cuidados básicos durante as operações (Quadro 4.1), para que todos os esforços do melhorista, tecnologista e produtor de sementes não sejam comprometidos nesta etapa final (OLIVEIRA et al., 2006).

Máxima porcentagem de sementes puras	<ul style="list-style-type: none">• Um lote de sementes deve ser constituído de sementes secas, limpas, uniformes e livres de materiais indesejáveis.
Manutenção da qualidade	<ul style="list-style-type: none">• Toda etapa do beneficiamento deve assegurar a qualidade inicial intrínseca de cada semente, de maneira que melhore a qualidade final do lote, eliminando sementes fora do padrão, de baixa qualidade e outras sementes indesejáveis, materiais inertes, assim como evitar os danos mecânicos e misturas varietais.
Eficiência das operações	<ul style="list-style-type: none">• As diferentes máquinas devem realizar as separações e classificações da melhor forma possível, com máxima eficiência e eficácia, evitando danos às sementes, repasses e perdas de sementes puras.

Fonte: Oliveira *et al.* (2006, p. 60).



Refleta

Imagine que um campo de sementes foi produzido com todo o cuidado possível para produzir sementes de elevada qualidade. Se a etapa de beneficiamento não for realizada corretamente, como a qualidade dos lotes de sementes pode ser prejudicada?

Dessa maneira, como é realizado o beneficiamento de sementes? Antes de respondermos a isso, precisamos compreender que as bases do beneficiamento são as diferenças de características físicas existentes entre as sementes e as impurezas, que possam ser detectadas pelos equipamentos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012a).

Então, todas as etapas do beneficiamento são realizadas na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS), por máquinas projetadas com base em uma ou mais diferenças nas características físicas do produto e dos contaminantes a serem retirados (SILVA *et al.*, 2008). Desse modo, nas operações de remoção de materiais indesejáveis são removidas: impurezas, sementes invasoras, sementes imaturas, malformadas e deterioradas, e as atacadas por fungos e insetos (NEVES, 2010). Sendo assim, em uma UBS, o beneficiamento de sementes contempla as seguintes operações: recepção, pré-limpeza, secagem, limpeza, classificação, tratamento e ensacamento (OLIVEIRA *et al.*, 2006), para posterior armazenamento e comercialização. Contudo, destacamos que algumas das operações mencionadas podem não ser necessárias durante o beneficiamento, a depender da espécie e da condição em que as sementes chegaram à UBS. Em contrapartida, a depender da espécie, operações adicionais podem ser necessárias no beneficiamento, como, por exemplo, as sementes de milho.



Exemplificando

No beneficiamento de sementes de milho, as mesmas são despalhadas e secadas na espiga, para serem debulhadas, limpas e classificadas. Dessa maneira, a classificação é crucial devido à grande variação em tamanho, forma e qualidade dessas sementes em função da posição na espiga. Por isso, o beneficiamento de sementes de milho é considerado uma operação altamente especializada do ponto de vista operacional, quando comparado com o de outras espécies de grandes culturas (FERREIRA E SÁ, 2010). Operações específicas no beneficiamento são necessárias para outras espécies, como o desaristamento das sementes de cenoura, pois nas bordas do tegumento das sementes estão presentes pequenos pelos, denominados aristas (“espinhos”), que necessitam ser retirados, com o objetivo de melhorar a qualidade dos lotes de sementes, diminuir o volume de armazenamento e aumentar a eficiência no momento da semeadura. Sendo assim, o desaristamento das sementes de cenoura precede a etapa de pré-limpeza, e é realizado por meio de um descascador de pimentado-reino, em que as umbelas (tipo de inflorescência) secas, contendo as sementes, são debulhadas e desaristadas (NASCIMENTO et al., [s.d.]). Logo, para cada espécie de semente a ser beneficiada, existem adaptações nas etapas de beneficiamento, de acordo com a necessidade. Em sementes de *Pinus sp.*, por exemplo, que apresentam uma estrutura protetora alada (“asas”), esta necessita ser retirada durante o beneficiamento, processo denominado de **desalamento** (FERRARI, 2003). Portanto, para desalar as sementes de pinus, as mesmas são submetidas a um brunidor de escovas (escovas compostas de 50% de náilon e 50% de crina de cavalo) (FERRARI, 2003).

Na Tabela 4.1, temos, em linhas gerais, as principais operações do beneficiamento de sementes.

Tabela 4.1 | Operações de beneficiamento na Unidade de Beneficiamento de Sementes – UBS

Operação	Descrição
1. Recepção e armazenamento	Ao chegar à UBS, os lotes de sementes são devidamente identificados (em sacos ou a granel), podendo ser, logo em seguida, encaminhados para a pré-limpeza ou armazenados por determinado período de tempo para aguardar as operações de beneficiamento.
2. Pré-limpeza	Operação inicial na qual ocorre a remoção dos materiais maiores, menores e os mais leves do que as sementes a serem beneficiadas, por meio de máquinas de ar e peneiras.
3. Secagem	A depender do grau de umidade das sementes, a secagem pode ser necessária, onde são utilizados diferentes sistemas de secagem, conforme abordado anteriormente na Seção 3.3.

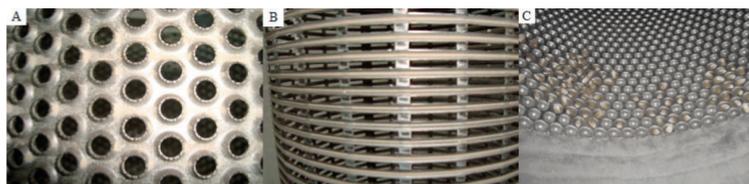
Operação	Descrição
4. Limpeza e classificação	Procedimento mais preciso que a pré-limpeza, na qual realiza-se a remoção de materiais indesejáveis do lote de sementes por meio de diferenças físicas entre os componentes do lote e, ao mesmo tempo, ocorre a classificação por meio da separação das sementes com base na largura, espessura, no comprimento, na forma, entre outros aspectos. São removidos nesta etapa, por exemplo, sementes de plantas indesejadas, sementes imaturas e malformadas, além de impurezas, como fragmentos vegetais e pó.
5. Tratamento	Após a limpeza, as sementes podem ser tratadas de diversas maneiras e para várias finalidades, sendo considerados tratamentos de sementes a aplicação de ingredientes químicos, biológicos, inoculantes, micronutrientes, reguladores de crescimento, revestimento de sementes e corantes, conforme abordado anteriormente na Seção 3.2.
6. Ensacamento e armazenamento	As sementes são acondicionadas em embalagens específicas para a espécie e armazenadas em condições ambientais ideais para a conservação das sementes.

Fonte: adaptado de Oliveira *et al.* (2006, p. 61).

Em termos práticos, as operações de pré-limpeza, limpeza e classificação são efetuadas de acordo com as bases de separação das sementes entre si, ou de outros materiais, em linhas gerais, de acordo com o tamanho, a forma, o peso e a textura do tegumento, sendo que, para cada uma delas, existem máquinas específicas.

No processo de pré-limpeza, ocorre a remoção de materiais maiores, menores e mais leves, ou seja, as impurezas mais grosseiras, por meio da máquina de ar e peneiras, permitindo a uniformidade da massa de sementes para as operações subsequentes (EIFERT; UTINO, *s/d.*). Já considerando as operações de limpeza e classificação das sementes, elas são mais específicas e com maior precisão. Sendo assim, quanto à separação das sementes com base no tamanho, o mesmo é definido pelas dimensões de seu comprimento, largura e espessura (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012a). Para a separação da largura e espessura, são utilizadas peneiras planas ou cilíndricas, as quais podem ser de chapas metálicas com crivo circular ou oblongo (Figura 4.1 A-B), ou de malhas de arame quadradas ou retangulares; e para a separação do comprimento, utiliza-se o separador de discos alveolados (Figura 4.1 C).

Figura 4.1 | Peneiras de crivo redondo, oblongo e separador de discos alveolados dispostos numa torre de beneficiamento. (A) Peneira de orifício circular, que confere a separação por tamanho (24, 22, 20 e 18/64"). (B) Peneira de furo oblongo, que confere separação por espessura da semente (normal, espessa e redonda). (C) Discos alveolados que conferem separação de comprimento (curta, normal e longa)



Fonte: Trogello *et al.* (2013, p. 196).



Assimile

Uma torre de beneficiamento é composta, normalmente, por quatro andares, sendo que, em cada andar, há uma variação de máquinas com diferentes funções dentro do beneficiamento. Dessa maneira, a semente é levada por meio de elevadores até o último andar, onde desce dentro das máquinas por gravidade, sendo que, no final da torre, ocorre a separação dos lotes (TROGELLO et al., 2013).

É importante salientar que cada peneira é identificada por um número, ou um conjunto de números, que indicam a forma e o tamanho das perfurações, sendo expresso pelo Sistema Internacional de medidas em milímetros (mm) ou em polegadas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012a). Além disso, cada cultura a ser beneficiada possui peneiras específicas, com determinadas numerações. Sendo assim, as peneiras atuam na separação das sementes pela largura e espessura, contudo, sementes que apresentam largura e espessura semelhantes, mas que diferem no comprimento, são separadas pelos discos alveolados (Figura 4.1 C), ou seja, só se encaixam nos alvéolos sementes de até determinado comprimento.

A forma das sementes também é separada durante o beneficiamento, em sementes arredondadas, achatadas ou de formato irregular. Para tal finalidade, existe a máquina separadora em espiral, onde as sementes esféricas rolam com mais facilidade, pela velocidade de descida, por meio do plano em formato de espiral (Figura 4.2).

Figura 4.2 | Separador de espirais em unidade de beneficiamento de sementes



Fonte: Zago (2012, p. 21).

Outra característica do beneficiamento é separar as sementes por diferentes pesos ou densidades, sendo que para tal finalidade é utilizada a mesa de gravidade (Figura 4.3). Isso porque, mesmo ocorrendo a separação por tamanho, a separação por densidade permite identificar sementes atacadas por insetos e microrganismos, malformadas, imaturas ou chochas, além de outros materiais com diferentes densidades.

Dessa forma, a mesa de gravidade possui os sistemas de vibração, inclinação e de entrada de ar, que variam de acordo com as características do material genético e dos parâmetros de classificação inicial (TROGELLO *et al.*, 2013). Sendo assim, pelo movimento vibratório e pelo grau de inclinação, ocorre a separação das sementes leves das mais pesadas; enquanto o fluxo de ar estratifica as camadas, auxiliando no processo.

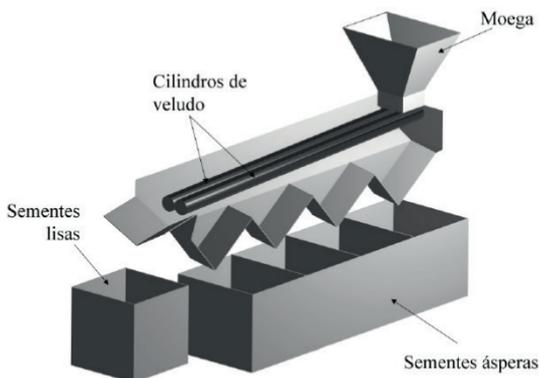
Figura 4.3 | Mesa de gravidade aplicada à separação de diferentes densidades do produto



Fonte: Trogello *et al.* (2013, p. 195).

As sementes também podem ser separadas por diferenças na textura do tegumento, ou seja, quanto ao grau de rugosidade do mesmo. Para tal finalidade, existem as máquinas separadoras pela textura do tegumento (lisa ou rugosa), que, de acordo com Silva *et al.* (2008), possuem dois cilindros inclinados, recobertos por um tecido aveludado ou uma flanela, em que as sementes rugosas ficam aderidas, enquanto as lisas deslizam entre os cilindros (Figura 4.4).

Figura 4.4 | Esquema de máquina separadora de sementes pelo tipo de tegumento

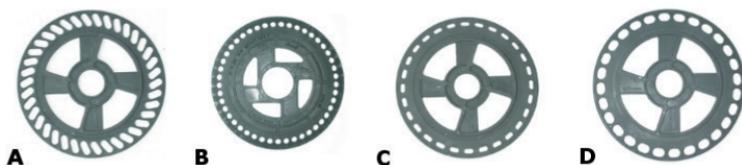


Fonte: Silva *et al.* (2008, p. 330).

Vimos anteriormente que o beneficiamento está diretamente ligado à qualidade da semente, mas podemos afirmar que ele também se relaciona com a uniformidade de semeadura nos sulcos de plantio. Vamos entender isso?

Quando as sementes passam pelo beneficiamento, elas são submetidas a classificações quanto ao tamanho e forma, sendo assim, um lote de sementes, após o beneficiamento, estará dentro de um padrão de tamanho e forma para a semeadura, ou seja, o produtor adequa o tipo e tamanho do disco da plantadeira (Figura 4.5) de acordo com a classificação da semente. Diante disso, fica evidente a importância da classificação das sementes no beneficiamento, para que as mesmas sejam padronizadas e facilitem o processo de semeadura pela plantadeira.

Figura 4.5 | Discos de plantio com diferentes formatos e tamanhos. A, B – Discos para soja. C – Disco para girassol. D – Disco para milho



Fonte: Unitec (2019a; 2019b; 2019c).

Contudo, caso o beneficiamento não seja rigoroso ou seja realizado incorretamente, ocorrerão problemas para as sementes se encaixarem nos discos da plantadeira, e isso afetará, diretamente, a plantabilidade da semeadura, ocasionando falhas no sulco de plantio ou duplas (duas sementes semeadas em um único lugar), conforme apresentado na Figura 4.6, com o teste de plantabilidade de sementes não classificadas.



Assimile

A plantabilidade é definida como a quantidade de sementes distribuídas com espaçamentos corretos por unidade de área, possibilitando alcançar população de plantas adequadas e distribuídas uniformemente (SCHUCH; PESKE, 2012).

Figura 4.6 | Teste de plantabilidade em sementes classificadas e não classificadas



Fonte: Schuch; Peske (2012, [s.p.]).

Sendo assim, embora outros aspectos influenciem sobre a plantabilidade, com a regulagem das plantadeiras, por exemplo, deve ser dada importância ao beneficiamento adequado das sementes, por meio da classificação e padronização das mesmas.



Saiba mais

O beneficiamento das sementes está estritamente relacionado à uniformidade de semeadura durante o plantio. Dessa maneira, confira o artigo que apresenta o efeito das falhas e duplos na produtividade, e quais parâmetros são utilizados no teste de plantabilidade, pesquisando mais em:

SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Falhas e duplos na produtividade. **Revista Seed Newsn**, n. 6, 2012.

Por fim, abordaremos ainda alguns aspectos da extração de sementes de frutos carnosos, sendo este também um processo de beneficiamento.

Os frutos carnosos, como o tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), pepino (*Cucumis sativus* L.) e melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.), por exemplo, têm suas sementes extraídas por meio de via úmida, sendo um processo que visa garantir a preservação da qualidade das sementes.

Diante disso, um produtor de sementes de frutos carnosos necessita seguir algumas etapas para a extração das sementes dos frutos, sendo que o processo consiste em: extração das sementes dos frutos, remoção da mucilagem, separação e lavagem em água, até a secagem das sementes (NASCIMENTO, 2009).

A extração das sementes por via úmida pode ser realizada manualmente, por meio do corte dos frutos e extração das sementes. Embora a extração manual seja de baixo rendimento, ela permite melhor qualidade das sementes, pela ausência de danos mecânicos (NASCIMENTO, 2005). Todavia, a extração das sementes dos frutos carnosos também pode ser efetuada de maneira mecânica, por meio de máquinas extratoras, sendo que esse método é recomendado para quantidades elevadas de frutos.

Uma vez que as sementes foram extraídas dos frutos carnosos, elas podem apresentar uma mucilagem, ou seja, um envoltório gelatinoso rico em pectina (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012b), sendo que tal mucilagem deve ser retirada, para evitar a incidência de patógenos e substâncias inibidoras à germinação (PINHEIRO et al., 2017). Por isso, veremos aqui características específicas de sementes recobertas por mucilagem, que podem influenciar diretamente na qualidade de um lote de sementes.

Sendo assim, a extração das sementes dos frutos e a remoção da mucilagem das sementes pode ser exemplificada, de maneira prática, para o café arábica (*Coffea arabica* L.), processos denominados, respectivamente, como despoldamento e degomagem, os quais são realizados, normalmente, por via úmida.



Assimile

O **despoldamento** dos frutos do cafeeiro pode ser realizado mecanicamente, visando a eliminação do exocarpo, enquanto na **degomagem** das sementes ocorre a retirada do excesso de mucilagem (mesocarpo) aderida à semente (FONSECA et al., 2017).

Dessa forma, pela importância da remoção da mucilagem, existem diferentes métodos para sua retirada, tais como: secagem natural ao sol, remoção mecânica, fermentação, uso de ácidos e enzimas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012b). Nesse momento, o método de remoção da mucilagem deve ser criteriosamente estudado para não promover danos físicos e fisiológicos nas sementes.



Exemplificando

A remoção da mucilagem de sementes de cafeeiro (degomagem) pode ser realizada por fermentação natural, processos mecânicos, químicos ou pela combinação de métodos (FONSECA et al., 2017). Por exemplo, a degomagem por fermentação natural é realizada por meio do acondicionamento das sementes em tanques com água, por período de 12 a 24 horas (FONSECA et al., 2017).

Logo em seguida à retirada da mucilagem, as sementes são lavadas para a remoção dos resíduos da mucilagem e encaminhadas para a secagem, de maneira a preservar as características de qualidade fisiológica delas.

Portanto, nesta aula, vimos de maneira prática sobre o processo de beneficiamento das sementes. prossiga para a Seção 4.2, em que estudaremos a etapa subsequente de armazenamento e conservação das sementes. Bom estudo!

Sem medo de errar

Lembre-se de que você é o agrônomo responsável pelas atividades de uma Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) em sua cidade, que recebeu de um dos produtores dos municípios circunvizinhos lotes de sementes de soja para efetuar o beneficiamento.

Ao receber o sr. João, que pretende beneficiar as suas sementes, ele relatou que na última semeadura observou muitas falhas e sementes duplas por metro linear do sulco de plantio, ou seja, baixa plantabilidade das sementes. Diante disso, em busca de solução para o seu problema, ele o procurou e levantou os seguintes questionamentos: como o beneficiamento pode influenciar na plantabilidade das sementes? Em quais máquinas beneficiadoras as sementes podem ser submetidas? O problema de semeaduras falhas e duplas pode ser solucionado por meio do beneficiamento de sementes?

Você deve responder ao sr. João que o beneficiamento padroniza os lotes de sementes por tamanho, forma, peso e textura do tegumento. Dessa maneira, as sementes, ao serem padronizadas, se encaixarão perfeitamente em um disco específico da plantadeira, permitindo uma boa plantabilidade, pois sementes beneficiadas podem gerar a uniformidade da semeadura, sem falhas ou sementes duplas no sulco de plantio.

Além disso, quanto às máquinas beneficiadoras, você deve explicar ao sr. João todo o processo de beneficiamento e citar os tipos e a funcionalidade de cada máquina. Sendo assim, explique que as sementes, ao serem encaminhadas ao beneficiamento, passarão pelas operações de recepção, pré-limpeza, limpeza e classificação.

Portanto, logo ao chegarem à UBS, as sementes são identificadas por lotes, sendo esta operação denominada de recepção. Já na operação de pré-limpeza, por meio da máquina de ar e peneiras, serão removidas as impurezas mais grosseiras, como materiais maiores, menores e mais leves. Posteriormente, a limpeza e classificação permitirão a remoção de matérias indesejáveis, de maneira mais específica e com maior precisão. Nesta etapa, são utilizadas máquinas de peneiras, com peneiras planas ou cilíndricas e

de crivos circulares ou oblongos, que conferirão separação das sementes por largura e espessura. Contudo, sementes que apresentam largura e espessura semelhantes, mais que diferem no comprimento, podem ser separadas pelos discos alveolados.

Posteriormente, as sementes, ao serem submetidas à máquina separadora de espirais, são separadas quanto à sua forma, enquanto que, para a separação do peso ou densidade das sementes, é utilizada a mesa gravitacional. Além disso, o tipo de tegumento (rugoso ou liso) poderá ser separado pela máquina separadora.

Sendo assim, é importante salientar ao sr. João que, a depender do grau de umidade das sementes ao chegarem à UBS, elas ainda poderão ser submetidas à secagem por meio de secadores específicos.

Por fim, quanto ao problema de sementeiras falhas e duplas, você deve orientar o produtor que, se a origem do problema for a falta de padronização das sementes por tamanho, forma, peso e textura do tegumento (devido à não realização do beneficiamento das mesmas), o problema pode ser solucionado com o uso do tipo e tamanho do disco correto na plantadeira.

Avançando na prática

Sementes de café

Descrição da situação-problema

Você trabalha, como agrônomo, em uma propriedade produtora de café e é responsável pela etapa de pós-colheita das sementes, a partir do momento da colheita até o término do beneficiamento das mesmas. O objetivo de produzir as sementes é para utilizá-las na produção de mudas na própria propriedade, devendo apresentar elevada qualidade. Considerando que os frutos de café foram colhidos, o gerente da fazenda, sr. Antônio, os encaminhou para você, a fim de realizar as etapas de extração das sementes dos frutos, a retirada da mucilagem e o beneficiamento das sementes. Sendo assim, o sr. Antônio lhe fez o seguinte questionamento: como são realizadas, de maneira prática, as etapas de pós-colheita do café, visando a produção de sementes de elevada qualidade?

Resolução da situação-problema

Diante do questionamento, você deve explicar ao sr. Antônio que, na pós-colheita do café, visando a produção de sementes de elevada

qualidade, ocorrem as etapas de extração das sementes dos frutos, remoção da mucilagem das sementes e seu beneficiamento. Sendo assim, você deve explicar que a extração de sementes dos frutos de café é realizada por meio do despulpamento, por via úmida, visando a eliminação do exocarpo do fruto. Após essa etapa, é realizada a remoção da mucilagem das sementes, processo denominado de degomagem, que também pode ser realizada por via úmida. Portanto, a retirada da mucilagem pode ser realizada por meio de fermentação natural, acondicionando as sementes em tanques com água, por período de 12 a 24 horas. Além disso, você deve explicar ao sr. Antônio que a retirada da mucilagem das sementes é muito importante, pois evita o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes das sementes. Por fim, normalmente, as sementes podem ser secas em estufas ou a pleno sol e encaminhadas ao beneficiamento.

Na etapa de beneficiamento propriamente dita, as sementes serão limpas e classificadas; para isso, utilizam-se máquinas de ar e peneiras, para a pré-limpeza e limpeza. Enquanto na etapa de classificação das sementes são utilizadas: máquinas de peneiras planas ou cilíndricas, de crivo circular ou oblongo, para a separação das sementes por largura e espessura; separador de discos alveolados para a separação do comprimento; separador de espirais para a separação pelas formas arredondadas, achatadas e de formato irregular; mesa de gravidade para a separação por peso ou densidade; e a máquina separadora de sementes pelo tipo de tegumento.

Faça valer a pena

1. O beneficiamento de sementes compreende várias operações que visam melhorar ou aprimorar as características de um lote de sementes com a eliminação das impurezas e características indesejáveis, assim como a eliminação de sementes de outras espécies e cultivares, para que os lotes se apresentem em frações uniformes.

Assinale a alternativa que traz a base do beneficiamento de sementes:

- a) O beneficiamento é baseado nas diferenças de características sanitárias das sementes.
- b) O beneficiamento é baseado nas diferenças de características físicas das sementes.
- c) O beneficiamento é baseado nas diferenças de características fisiológicas das sementes.
- d) O beneficiamento é baseado nas diferenças de características genéticas das sementes.
- e) O beneficiamento é baseado nas diferenças de características químicas das sementes.

2. As sementes, ao serem extraídas de frutos carnosos, podem apresentar aderidos à sua superfície uma mucilagem rica em pectina. Entretanto, essa mucilagem pode influenciar diretamente na qualidade de um lote de sementes, pela incidência de patógenos e substâncias inibidoras da germinação.

De acordo com a mucilagem presente em sementes oriundas de frutos carnosos, leia as seguintes assertivas:

- I. A remoção da mucilagem das sementes pode ser efetuada mecanicamente.
- II. A remoção da mucilagem pode provocar danos físicos e fisiológico às sementes.
- III. A remoção da mucilagem garante a preservação da qualidade das sementes.
- IV. A remoção da mucilagem é uma etapa opcional no beneficiamento de sementes.

Após análise das assertivas apresentadas, quais delas estão corretas?

- a) Apenas as assertivas I, III e IV estão corretas.
- b) Apenas as assertivas III e IV estão corretas.
- c) Apenas as assertivas II e III estão corretas.
- d) Apenas as assertivas II e IV estão corretas.
- e) Apenas as assertivas I, II e III estão corretas.

3. As sementes são beneficiadas em Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS), que apresentam máquinas projetadas para separar as sementes, de acordo com características como: tamanho, forma, peso e textura do tegumento.

De acordo com as informações apresentadas na tabela a seguir, faça a associação das bases de separação das sementes contidos na Coluna A com as suas respectivas máquinas beneficiadoras na Coluna B.

COLUNA A	COLUNA B
I. Peso ou densidade	1. Separador de discos alveolados
II. Comprimento	2. Separador de espirais
III. Forma	3. Peneira de furo oblongo
IV. Espessura	4. Mesa de gravidade

Assinale a alternativa que apresenta a associação correta entre as colunas:

- a) I – 2; II – 1; III – 3; IV – 4.
- b) I – 4; II – 2; III – 3; IV – 1.
- c) I – 1; II – 4; III – 3; IV – 2.
- d) I – 4; II – 1; III – 2; IV – 3.
- e) I – 3; II – 1; III – 4; IV – 2.

Armazenamento e conservação de sementes

Diálogo aberto

A produção de sementes de elevada qualidade é um trabalho que percorre várias etapas e envolve muitas tecnologias para gerar sementes com elevado potencial de produtividade. Sendo assim, a fase de armazenamento e conservação de sementes é responsável por finalizar a cadeia de produção, preservando as características de qualidade que foram atribuídas às sementes durante toda a sua produção.

Portanto, você, que é o agrônomo responsável pelas atividades de uma Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) em sua cidade, recebe agora lotes de sementes de milho (*Zea mays* L.) diretamente dos produtores para efetuar o armazenamento correto das sementes. Sendo assim, para realizar o armazenamento das sementes, você avalia as condições dos lotes recém-chegados do beneficiamento e como essas condições influenciarão na conservação das sementes. Na unidade de beneficiamento e armazenamento de sementes na qual trabalha, você está atendendo muitos produtores que querem armazenar suas sementes por período de tempo entre seis a oito meses, a fim de utilizá-las na safra seguinte e, recentemente, você recebeu três lotes de sementes de milho do sr. Ferraz para armazená-los a granel em silos, por período de sete meses. Entretanto, na ficha de avaliação de cada lote de sementes, vieram as seguintes observações: o lote 1 foi colhido no ponto de maturidade fisiológica, e durante a sua maturação, as condições ambientais foram favoráveis à qualidade das sementes; o lote 2, embora tenha sido colhido no ponto de maturidade fisiológica, sofreu injúrias mecânicas no momento da colheita; o lote 3, ao final da sua maturação, foi submetido a condições ambientais adversas, como alternância de umidade, devido à elevada pluviosidade.

Diante disso, ao entrar em contato com você, o sr. Ferraz lhe pergunta: qual o potencial de armazenamento de cada lote de sementes? Como a condição de cada lote de sementes (a situação em que a semente foi submetida em campo) pode afetar o tempo de armazenamento e sua influência na qualidade fisiológica das sementes?

Dessa maneira, para esclarecer esses questionamentos a respeito de cada um dos lotes de sementes do produtor, você precisará conhecer sobre o armazenamento de sementes e os fatores que influem na conservação das mesmas, quando ainda presentes em campo. Portanto, prossiga no estudo, pois ele lhe permitirá conhecer sobre o armazenamento e a conservação de sementes.

Bom estudo!

Olá, aluno! Na aula anterior, abordamos sobre o beneficiamento de sementes, englobando todas as suas etapas e, a partir desta aula, dando sequência à cadeia de produção de sementes de elevada qualidade, trabalharemos com o armazenamento e a conservação delas.

Diante disso, você já se perguntou qual a importância do armazenamento de sementes? É crucial destacar que o armazenamento permite às sementes cumprirem sua função de perpetuação e reprodução da espécie, após a sua maturidade fisiológica, por curtos ou longos períodos de tempo. No entanto, para chegar a esse objetivo, a conservação (ausência ou diminuição de alterações químicas, físicas e fisiológicas) das sementes é obtida por meio do armazenamento em condições que conservem sua qualidade e minimizem os processos de sua deterioração.

Por conseguinte, o armazenamento de sementes sempre estará associado com sua qualidade e os processos de sua deterioração; por isso, vamos abrir um parêntese para falar sobre a deterioração das sementes e sua relação com o armazenamento.

A deterioração é um processo gradual e progressivo que ocorre naturalmente nas sementes e envolve um conjunto de transformações degenerativas de origem bioquímica, fisiológica e física, influenciado pela interação entre fatores bióticos e abióticos (COSTA, 2012). Além disso, a deterioração se inicia na maturidade fisiológica, culminando na redução do vigor e perda do poder germinativo (CARVALHO; VILLELA, 2006), assim como redução da velocidade e uniformidade de germinação e emergência de plântulas, e até mesmo perda completa da viabilidade (COSTA, 2012). Em razão disso, você compreendeu que a deterioração de sementes afeta sua qualidade fisiológica?

Por isso, podemos afirmar que, mesmo que uma semente tenha sido produzida com toda a tecnologia possível e apresente elevada qualidade fisiológica, se o armazenamento não for realizado adequadamente, os processos deteriorativos afetarão as sementes.

Então o armazenamento adequado atua na minimização ou no retardamento da deterioração de sementes, sendo muito comentado na área de tecnologia de sementes que o “armazenamento da semente começa no campo”. Para explicarmos isso melhor, retome o conhecimento de maturação de sementes, pois o armazenamento começa quando a semente atinge a maturidade fisiológica, sendo que, a partir de então, inicia-se o processo de deterioração (COSTA, 2012).

Logo o armazenamento de sementes envolve etapas que percorrem desde a maturidade fisiológica da semente, ainda no campo, até o momento em que ela é semeada (FRANÇA NETO *et al.*, 2016). Entre um momento e outro, ou seja, da maturidade fisiológica até a sua semeadura, a semente pode ficar armazenada por curto ou longo períodos de tempo, a depender de alguns fatores que veremos ao longo desta aula.

Dessa forma, o período de tempo e o ambiente no qual as sementes ficam armazenadas variam de acordo com a finalidade que se quer dar a elas. Sendo assim, de acordo com as finalidades, existem quatro tipos de armazenamento de sementes: o armazenamento de sementes comerciais, de estoques reguladores, de sementes básicas e o armazenamento em bancos de germoplasmas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Vamos conhecer cada um deles?

As sementes comerciais são aquelas cujo período de armazenamento vai da colheita à semeadura da safra seguinte (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), compreendendo alguns meses, que variam de acordo com a espécie trabalhada. Por exemplo, as sementes de milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Merr.) normalmente são armazenadas pelo período de sete a oito meses, compreendido como período de entressafra.

Já o armazenamento em estoques reguladores de sementes é por período de tempo entre um a três anos, em que a semente fica armazenada até que haja elevada demanda de semeadura, de determinada cultivar, por exemplo, em que a mesma passa a ser suprida ao mercado de sementes. Por isso, quando comparada aos estoques comerciais, os estoques reguladores de sementes utilizam geralmente ambientes de armazenamento climatizado, em câmaras de armazenagem, com controle de temperatura e umidade, evitando que as sementes sejam submetidas às variações climáticas durante o período de armazenamento.

De outra forma, o armazenamento de sementes básicas normalmente é feito por tempo superior e exige maiores cuidados quando comparado ao armazenamento das sementes comerciais e em estoques reguladores. Devido a isso, as condições de armazenamento devem ser controladas, a fim de evitar a deterioração das sementes, pois elevadas temperaturas e umidade podem levar à formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), formadas por meio do estresse oxidativo, que causam danos deteriorativos às células das sementes (MORAIS, 2015).

Nos tipos de armazenamento já elucidados, o ambiente de armazenamento pode variar, podendo ser a granel, por meio de silos, preferencialmente cilíndricos e metálicos (Figura 4.7 A), com ou sem ventilação forçada e equipamentos de controle de umidade e temperatura, a depender das condições ambientais do local de armazenamento.

O armazenamento convencional é realizado em sacarias ou em *big bags* (Figura 4.7 B, C), em que as sementes são armazenadas em blocos individualizados, segundo a sua origem e suas características. Os armazéns convencionais podem ser construídos sem ou com isolamento térmico na parte superior, sendo o de isolamento térmico ideal para a preservação da qualidade fisiológica das sementes (FRANÇA NETO *et al.*, 2016). Como o armazenamento de sementes comerciais ocorre em grande volume, o isolamento térmico na parte superior dos galpões é uma estratégia que minimiza os efeitos indesejáveis do calor e da umidade (FONTES; MANTOVANI, s.d.), considerando que os armazéns convencionais possuem dimensões em que o controle da umidade e temperatura, por meio de equipamentos, é dificultada.

Figura 4.7 | Ambientes de armazenamento de sementes. (A) Silo cilíndrico metálico. (B) Armazém convencional com isolamento térmico e sementes em sacaria. (C) Armazém convencional sem isolamento térmico no sistema de sacolões ou *big bags*



Fonte: Carvalho; Villela (2006, p. 74); França Neto *et al.* (2016, p. 51-53).

Além disso, as sementes podem ser resfriadas, visando sua conservação, tanto em silos como também antes do pré-envase, nas sacarias e *big bags* (CARVALHO *et al.*, 2016). Nos silos, pode ocorrer por meio de dois métodos: o resfriamento artificial estático (RAE) e o resfriamento artificial dinâmico (RAD) de sementes (FERREIRA, 2015). O RAE consiste na insuflação de ar frio na massa de sementes em repouso até atingir a temperatura desejada. No RAD (Figura 4.8), a massa de semente é resfriada no seu movimento descendente nos silos, em que um ar frio e seco é conduzido em sentido contrário ao produto (FERREIRA, 2015).

Figura 4.8 | Sistema para resfriamento dinâmico de sementes



Fonte: França Neto *et al.* (2016, p. 52).

Embora estejamos apresentando alguns exemplos do ambiente de armazenamento, as condições ideais de temperatura, oxigênio e umidade (e como elas influem sobre a conservação das sementes) serão abordadas na próxima aula.

Outra categoria de armazenamento de sementes são os bancos de germoplasma, que visam formar uma base genética de sementes, bem como preservar sua viabilidade pelo maior período possível, ou seja, por longos anos. Sendo assim, os pesquisadores mantêm os bancos de germoplasma com diferentes “acessos”, ou seja, vários materiais genéticos coletados de diferentes lugares, os quais serão utilizados em programas de melhoramento genético. Dessa forma, o armazenamento em bancos de germoplasma é o tipo de armazenamento que demanda os maiores cuidados, em termos de temperatura e umidade, visto que as sementes precisarão ser armazenadas por longo período de tempo.



Saiba mais

Os bancos de germoplasma guardam uma variabilidade genética de plantas, as quais serão utilizadas para o desenvolvimento de novas cultivares pelos pesquisadores melhoristas. Diante disso, consulte o documento a seguir sobre os bancos de germoplasma e a sua importância na conservação de sementes em longo prazo e no desenvolvimento de novas cultivares.

EMBRAPA. **Conservação a longo prazo do banco de germoplasma-semente.** 2007.

Na conservação de sementes em bancos de germoplasma, normalmente, empregam-se baixas temperaturas e umidade relativa do ar, sendo também utilizada a criopreservação para algumas espécies (CARVALHO; VILLELA, 2006).



Assimile

A **criopreservação** é uma técnica utilizada para a conservação em longo prazo de sementes em bancos de germoplasma, sendo compreendida como a conservação de material biológico a temperaturas ultrabaixas, em nitrogênio líquido à -196°C , ou em sua fase de vapor ao redor de -150°C (WETZEL *et al.*, 2003). Na criopreservação, a deterioração biológica é paralisada, pois são reduzidos o metabolismo celular e os processos bioquímicos (WETZEL *et al.*, 2003).

Além dos tipos de armazenamento de sementes, outro fator muito importante estabelece o tempo de armazenamento: a longevidade inerente à espécie, ou seja, o comportamento fisiológico das sementes durante o armazenamento (CARVALHO; VILLELA, 2006).

Diante disso, podemos retomar, aqui, o conhecimento sobre a tolerância à dessecação das sementes, em que as mesmas são classificadas em ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias; e podemos relacioná-las com o comportamento fisiológico durante o armazenamento (COSTA, 2012). Sendo assim, essas três classes de sementes apresentam comportamentos fisiológicos distintos entre si durante o armazenamento. Para compreendermos isso, acompanhe a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 | Comportamento fisiológico durante o armazenamento de sementes ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias

Classificação da semente	Comportamento fisiológico durante o armazenamento
Ortodoxa	Em geral, as sementes apresentam elevada longevidade, podendo ser secas até baixos teores de água (entre 5% e 7%) e armazenadas em ambientes com baixas temperaturas por longos períodos. A temperatura e o teor de água são fatores determinantes para a manutenção da viabilidade de sementes ortodoxas ao longo do armazenamento.
Recalcitrante	Quando dispersas da planta-mãe, as sementes recalcitrantes apresentam elevados teores de água e não toleram secagem a baixos teores. Diante disso, devido aos elevados teores de água e à consequente intensificação dos processos deteriorativos, durante o armazenamento, apresentam redução da viabilidade em curto período de tempo.
Intermediária	As sementes possuem comportamento intermediário entre a ortodoxa e a recalcitrante, em que apresentam certa tolerância à dessecação e pequena resistência ao armazenamento a baixas temperaturas.

Fonte: Costa (2012, p. 11-15).

Diante do comportamento fisiológico de cada classe de semente (Tabela 4.2), podemos entender que, quanto menor o teor de água nas ortodoxas, menores serão os processos deteriorativos, o que permite longo período de armazenamento sem afetar a qualidade das sementes. Em contrapartida, à medida que se aumenta o teor de água nas recalcitrantes, menor o período de armazenamento, pois a água está relacionada com a atividade deteriorativa.

Então, conforme comentamos anteriormente, que o armazenamento da semente começa no campo, e embora já tenhamos abordado sobre a maturidade fisiológica e o início da deterioração de sementes, a partir de agora, veremos os fatores que influem na conservação de sementes, os quais ainda ocorrem no campo. Vamos a eles?

Dentre os fatores que influem na conservação da qualidade fisiológica das sementes, quando presentes no campo, podemos destacar: o vigor da planta, as condições climáticas durante a maturação das sementes, o momento da colheita, a umidade, as injúrias, as pragas e as doenças. Veremos sobre cada um deles a seguir.

O vigor da planta-mãe influi na conservação das sementes, pois plantas vigorosas originam sementes de elevada qualidade fisiológica e, conseqüentemente, com elevado potencial de armazenamento (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

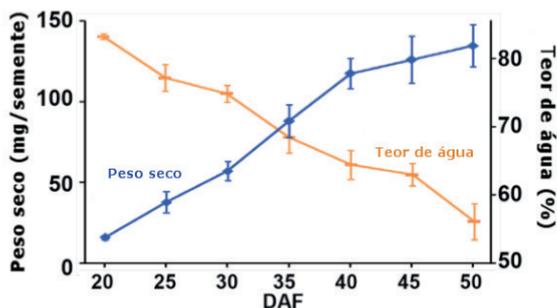


Reflita

Plantas vigorosas originam sementes com elevado potencial de armazenamento. Sendo assim, você consegue identificar quais fatores, bióticos e abióticos, influem sobre o vigor das plantas? E como isso resulta no potencial de armazenamento das sementes?

Agora, considere as condições climáticas durante a maturação das sementes, que podem influenciar no potencial de armazenamento delas. Para entender como isso acontece, acompanhe a Figura 4.9, que retoma o conhecimento sobre o aumento de matéria seca e a dessecação durante o desenvolvimento das sementes.

Figura 4.9 | Peso seco e teor de água de sementes de soja durante o desenvolvimento. DAF – Dias após a floração



Fonte: adaptado de Li *et al.* (2015, p. 3).

Na fase de acúmulo de matéria seca (peso seco), na hipótese de ocorrência de déficit hídrico durante o desenvolvimento das sementes, isso pode afetar o conteúdo de matéria seca das mesmas, porque o déficit hídrico proporciona menor acúmulo de matéria seca, tornando as sementes menos vigorosas e com menor potencial de armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Entretanto, no final da maturação, quando a dessecação é acentuada em sementes ortodoxas (Figura 4.9), caso ocorram chuvas excessivas, o processo de dessecação pode se tornar mais lento. Compreende-se que o teor de água nas sementes por período excessivo impulsiona o processo deteriorativo e, conseqüentemente, seu potencial de armazenamento será reduzido (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Outro fator que influi sobre a conservação das sementes é a sua permanência em campo após a maturidade fisiológica. Nessa condição, ao permanecerem em campo sob a influência das condições climáticas, estas são, normalmente, desfavoráveis à manutenção de sua qualidade. Dentre eles, a umidade pode ocasionar nas sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), por exemplo, a deterioração por umidade, que ocorre após a maturação fisiológica e antes da colheita (FRANÇA NETO *et al.*, 2016).

Além disso, em campo, as sementes também são susceptíveis ao ataque de doenças e pragas, a depender das condições ambientais favoráveis aos mesmos, antes e após a maturidade fisiológica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).



Exemplificando

Sementes de soja após a sua maturação fisiológica, ao permanecerem em campo, são sujeitas à deterioração por umidade, que promove alterações físicas e fisiológicas nas sementes (FRANÇA NETO *et al.*, 2016).

As alterações físicas são decorrentes das exposições das sementes a ciclos alternados de elevada e baixa umidade, que proporcionam o enrugamento e a ruptura do tegumento e dos tecidos embrionários das sementes, enquanto as alterações fisiológicas ocorrem concomitantemente com as alterações físicas e promovem degradação dos principais componentes da soja (lipídios e proteínas) e membranas celulares, resultando em perda de germinação e vigor, e, conseqüentemente, menor potencial de armazenamento das sementes (FRANÇA NETO *et al.*, 2016).

O momento da colheita também influencia no potencial de armazenamento da semente. É importante salientar que, antes da maturidade fisiológica (MF), a semente ainda não atingiu o vigor máximo e, após a MF, os processos deteriorativos já se iniciaram (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), por isso, compreende-se que a semente colhida na MF é aquela com maior potencial de armazenamento. A semente colhida imatura, em geral, perde a sua viabilidade durante o armazenamento porque a semente ainda não havia atingido o vigor máximo (PESKE *et al.*, 2012), e quando a colheita é realizada após a MF, situação que ocorre comumente para muitas culturas (no momento em que o teor de água das sementes ainda é elevado, mesmo após a MF), ocorre deterioração das sementes e, portanto, menor potencial de armazenamento.

Além disso, as injúrias mecânicas causadas nas sementes por processos mecânicos de manuseio em equipamentos de colheita, transportadores e máquinas de beneficiamento podem causar dano imediato ou latente nas sementes. No dano imediato, as sementes perdem a viabilidade imediatamente, enquanto o dano latente manifesta-se após um período de armazenamento da semente, em que o vigor e o potencial de armazenamento são afetados, pois deterioram-se mais rapidamente (PESKE *et al.*, 2012).

Quanto ao ataque de pragas e doenças na fase de campo, tanto no desenvolvimento das sementes como após a sua maturação, ele proporciona diminuição do vigor ou comprometimento da viabilidade, conseqüentemente, menor potencial de armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Portanto, ao longo desta aula, aprendemos sobre os tipos e ambientes de armazenamento de sementes, assim como os fatores que influem na conservação das mesmas. Além disso, abordamos que o armazenamento adequado conserva a qualidade e minimiza a deterioração das sementes. Diante disso, daremos continuidade a esse assunto na próxima aula, em que falaremos sobre as características ideais do ambiente de armazenamento para a conservação de sementes. Por isso, prossiga para a Seção 4.3, em que finalizaremos o estudo sobre produção, tecnologia e armazenamento de sementes. Bom estudo!

Lembre-se de que você é o agrônomo responsável pelas atividades de uma Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) em sua cidade, que recebeu de um dos produtores três lotes de sementes de milho, para armazená-los a granel em silos, por período de sete meses.

Na ficha de avaliação de cada lote de sementes, vieram as seguintes observações: o lote 1 foi colhido no ponto de maturidade fisiológica, e durante a sua maturação, as condições ambientais foram favoráveis à qualidade das sementes; o lote 2, embora tenha sido colhido no ponto de maturidade fisiológica, sofreu injúrias mecânicas no momento da colheita; o lote 3, ao final da sua maturação, foi submetido a condições ambientais adversas, como alternância de umidade, devido à elevada pluviosidade.

Diante disso, ao entrar em contato com você, o sr. Ferraz, produtor que enviou os três lotes para o armazenamento, lhe pergunta: qual o potencial de armazenamento de cada lote de sementes? Como a condição de cada lote de sementes (a situação em que a semente foi submetida em campo) pode afetar o tempo de armazenamento e sua influência na qualidade fisiológica das sementes?

Você deve responder ao sr. Ferraz que cada lote, devido às diferenças durante a maturação e no momento da colheita, apresentará um potencial de armazenamento diferente. Desse modo, o lote 1 apresentará, possivelmente, elevado potencial de armazenamento, pois foi colhido no ponto de maturidade fisiológica e, durante a maturação, houve condições favoráveis à sua qualidade. A colheita das sementes no ponto de maturidade fisiológica permitiu que elas atingissem seu vigor máximo e fossem colhidas antes do desenvolvimento dos processos deteriorativos. Por isso, pressupõe-se que o lote 1 possuirá elevado potencial de armazenamento durante os sete meses, pois sua qualidade fisiológica foi conservada até então.

Considerando o lote 2, você deve explicar ao sr. Ferraz que ele apresentará baixo potencial de armazenamento, pois embora tenha sido colhido no ponto de maturidade fisiológica, houve injúrias mecânicas no momento da colheita. As injúrias mecânicas podem ter ocasionado danos imediatos, em que as sementes perdem sua viabilidade imediatamente, ou danos latentes, que podem manifestar-se durante o período de armazenamento, em que o vigor e a viabilidade das sementes são afetados.

Com respeito ao lote 3, você deve explicar ao produtor que também apresentará baixo potencial de armazenamento devido às alternâncias de umidade ao final da maturação ocasionadas pelas elevadas pluviosidades. Pois ao final da maturação, na qual o processo de dessecação é mais

pronunciado, as elevadas pluviosidades, provavelmente mantiveram o teor de água nas sementes por período excessivo, e isso, conseqüentemente, deve ter impulsionado o processo deteriorativo das sementes; portanto, elas terão seu potencial de armazenamento reduzido, ou seja, sua qualidade fisiológica será reduzida durante os sete meses do armazenamento.

Avançando na prática

Atraso na colheita de sementes de feijão

Descrição da situação-problema

Considere que você é pesquisador de uma instituição de pesquisa e assistência técnica, sendo responsável pela produção de lotes de sementes básicas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), que serão disponibilizadas aos produtores.

Nesse âmbito, você acompanha o período de maturação e o momento de colheita das sementes e se depara com a seguinte situação em campo: as sementes de feijão atingiram sua maturidade fisiológica, entretanto, ainda apresentavam elevado teor de água. Nessa situação, foi tomada a decisão de deixar as sementes em campo, até elas passarem pela dessecação a teores adequados de água.

Diante disso, o coordenador de pesquisa da instituição lhe solicita um relatório que responda aos seguintes questionamentos: qual será o potencial de armazenamento dessas sementes? O período das sementes em campo, após a maturidade fisiológica, poderá afetar sua qualidade fisiológica?

Resolução da situação-problema

Diante dos fatos ocorridos com as sementes de feijão em campo, você deve elaborar um relatório para o seu coordenador, explicando que o potencial de armazenamento das sementes será provavelmente baixo, pois o período em campo, após a maturidade fisiológica, permitiria o desenvolvimento da deterioração das sementes. Além disso, você deve explicar que, após a maturidade fisiológica, com o início da deterioração das sementes, conseqüentemente, poderá ocorrer perda crescente do vigor das sementes e perda do poder germinativo, ou seja, sua qualidade fisiológica decai. Além disso, a exposição das sementes, em campo, a elevadas temperaturas e umidades permitiria a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), que deterioram as sementes por meio de danos às suas células.

1. A deterioração das sementes é um processo gradual e progressivo que envolve um conjunto de transformações degenerativas de origem bioquímica, física e fisiológica, influenciado pela interação entre fatores bióticos e abióticos que resulta na redução do vigor e perda do poder germinativo.

A deterioração das sementes tem início:

- a) Entre a maturidade fisiológica e a colheita da semente.
- b) Antes da maturidade fisiológica, com a semente no campo.
- c) A partir da maturidade fisiológica, com a semente no campo.
- d) Após a colheita, nas fases de beneficiamento e armazenamento.
- e) Após o beneficiamento, no ambiente de armazenamento.

2. No armazenamento de sementes, várias tecnologias têm sido desenvolvidas, visando sua conservação por período adequado, desde que minimizem ou retardem os processos deteriorativos durante o armazenamento.

As sementes podem ser comerciais, de estoques reguladores, sementes básicas ou em bancos de germoplasmas, sendo que, para cada uma delas, de acordo com o período em que se quer armazená-las, foram desenvolvidas determinadas tecnologias.

De acordo com as tecnologias aplicadas no armazenamento das sementes (visando sua conservação), analise as seguintes assertivas:

- I. Isolamento térmico na parte superior de armazéns convencionais.
- II. Resfriamento das sementes no pré-envase na embalagem de armazenamento.
- III. Resfriamento artificial dinâmico das sementes nas sacarias e *big bags*.
- IV. Criopreservação de sementes a temperaturas ultrabaixas.

Após a análise das assertivas apresentadas, é correto o que se afirma em:

- a) Apenas as assertivas I, II e IV estão corretas.
- b) Apenas as assertivas I, III e IV estão corretas.
- c) Apenas as assertivas II, III e IV estão corretas.
- d) Apenas as assertivas II e III estão corretas.
- e) Apenas as assertivas II e IV estão corretas.

3. O armazenamento das sementes começa no campo, pois, ao atingir a sua maturidade fisiológica, a semente ainda está presente no campo até o momento da colheita. Diante disso, ela está sujeita a diferentes fatores que influem na sua conservação e delimitam seu potencial de armazenamento.

Selecione o fator que proporciona elevado potencial de armazenamento de sementes:

- a) Período de armazenamento da semente no campo, dias após a sua maturidade fisiológica.

- b) Planta-mãe vigorosa, que passa suas características às sementes.
- c) Ocorrência de déficit hídrico durante a fase de acúmulo de matéria seca nas sementes.
- d) Dano latente nas sementes, ocasionado por injúrias mecânicas.
- e) Colheita das sementes antes de sua maturidade fisiológica.

Características ideais do ambiente de armazenamento para a conservação de sementes

Diálogo aberto

Olá, aluno! Após passarmos por tantos conteúdos sobre produção, tecnologia e armazenamento de sementes, é uma satisfação termos chegados até aqui, na etapa final deste material, em que aprenderemos sobre as características ideais do ambiente de armazenamento para a conservação das sementes. Por isso, sigamos em frente!

Iniciaremos afirmando que o armazenamento seguro das sementes é proporcionado pelo controle das condições de umidade relativa do ar, temperatura do ar e disponibilidade de oxigênio no ambiente de armazenamento, proporcionando a conservação das sementes por determinado período de tempo.

Sendo assim, você se lembra da Unidade de Beneficiamento de Sementes, na qual trabalha como agrônomo? Lá, você recebeu, em um dos armazéns, lotes de sementes de milho de produtores da região. Nesse armazém, você monitora a condição de chegada das sementes, afere o teor de umidade e em quais operações as mesmas foram submetidas durante o beneficiamento para, a partir de então, tomar a decisão da melhor forma de armazenar as sementes, sob condições ideais. Ao avaliar, por meio de amostragem, as condições do armazenamento de lotes de sementes de milho em *big bags* de polipropileno, você constatou a presença do gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*) e do fungo *Aspergillus*. Diante disso, foi averiguado que, nos últimos dias, a temperatura do armazém apresentou-se em torno de 27 °C e a umidade relativa do ar em torno de 60%. Sendo assim, como responsável pelo armazenamento adequado das sementes, a gerente do armazém lhe solicitou com urgência um relatório constando as respostas para os seguintes questionamentos: quais foram as condições do ambiente do armazém que proporcionaram o desenvolvimento da praga e do fungo? Quais medidas preventivas e corretivas podem ser implementadas no armazém que possam evitar a perda de qualidade das sementes diante dessa situação?

Portanto, para responder aos questionamentos e solucionar o problema no armazém, você precisará conhecer as características ideais do ambiente de armazenamento para a conservação das sementes, tais como umidade relativa do ar e teor de água nas sementes, temperatura do ar e disponibilidade de oxigênio, a ação de fungos e insetos de armazenamento. Diante disso, prossiga no estudo, pois ele lhe permitirá conhecer sobre a conservação das sementes durante o armazenamento.

O armazenamento de sementes tem início no campo, por isso, elas estão sujeitas a vários fatores que podem influenciar sobre a sua conservação ou deterioração, conforme apresentamos na aula anterior. A partir de agora, nesta aula, acompanharemos as sementes no ambiente de armazenamento, sendo assim, veremos as características desse ambiente, vistas como ideais para a conservação das sementes.

Assim, considerando um armazém sementeiro convencional ou um silo para sementes, quais as condições ideais de umidade relativa do ar, temperatura do ar e disponibilidade de oxigênio para a conservação das sementes? Para esclarecer tais condições, estudaremos cada uma delas a seguir.

Em vista disso, a umidade relativa do ar (vapor d'água) do local de armazenamento é um dos principais fatores que afetam a qualidade fisiológica da semente, pois é ela que controla o teor de água da semente, o que determina o seu potencial de armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Sendo assim, vamos entender como ocorre esse processo dinâmico da água, entre a semente e o ar.

Como vimos anteriormente, as sementes são consideradas higroscópicas, ou seja, têm a propriedade de absorver água do ar, ou perdê-la para o ar, até atingir o ponto de equilíbrio (CARVALHO; VILLELA, 2006). Então, sementes secas em um ambiente úmido absorvem umidade do ar; enquanto sementes úmidas em um ambiente seco perdem umidade para o ar (isso devido às diferenças de potencial hídrico). Diante disso, você chegou à conclusão de que a tendência em um ambiente é o equilíbrio da água entre as sementes e o ar?

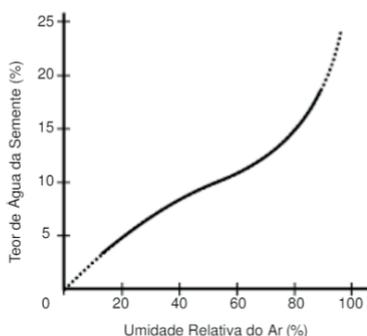
Sendo assim, haverá o ponto de equilíbrio higroscópico, que é compreendido:

“[...] quando o teor de água de uma semente, a uma dada temperatura, está em equilíbrio com a umidade relativa do ar (em forma de vapor), ou, em outras palavras, ocorre o equilíbrio (cessam as trocas) da água entre a semente e o ar circundante. (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012)

Logo, a uma temperatura constante, considerando o ponto de equilíbrio higroscópico, à medida que se aumenta a umidade relativa do ar, maior o teor de água das sementes (Figura 4.10). Por consequência, no ambiente de armazenamento, quanto maior o teor de água de uma semente, mais predisposta ela

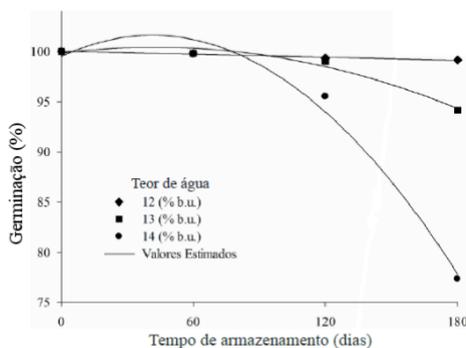
estar à deterioração e ao desenvolvimento de fungos (TOLEDO et al., 2007). Portanto, teores elevados de água na semente constitui-se uma característica importante de ser monitorada para o armazenamento, pois isso atua diretamente na conservação delas. Quanto maior o teor de água das sementes, maior a perda da qualidade fisiológica das mesmas no decorrer do armazenamento, bem como menor percentual germinativo (Figura 4.11).

Figura 4.10 | Relação entre a umidade relativa do ar e o teor de água da semente, do ponto de equilíbrio higroscópico



Fonte: Labbé (2012, p. 384).

Figura 4.11 | Germinação de sementes de soja, em função do teor de água inicial e do tempo de armazenamento à temperatura de 27 °C.



Fonte: Smaniotto *et al.* (2014, p. 449).



Refleta

Imagine uma situação em que as sementes foram colhidas, beneficiadas e secadas até um dado teor de água, considerado seguro para o armazenamento. Caso as condições de umidade relativa do ar de um silo armazenador não sejam controladas adequadamente, o que pode acontecer às sementes?

Desse modo, é importante manter a baixa umidade relativa do ar no ambiente de armazenamento, pois quanto mais seca estiver uma semente, considerando as ortodoxas, melhor ela preservará a sua viabilidade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Portanto, nas sementes, para cada 1% da diminuição do seu teor de água, duplica-se o potencial de armazenamento, considerando um intervalo entre 5% a 14% no teor de água (HARRINGTON, 1972).



Exemplificando

Para melhorar a compreensão, observe na Tabela 4.3, os valores de equilíbrio higroscópico para sementes de algumas espécies. Portanto, os valores de equilíbrio higroscópico podem ser utilizados como recomendações práticas, em termos de umidade, para o armazenamento seguro de sementes (LABBÉ, 2012), em que podem ser relacionados a umidade relativa do ar, o teor de água da semente e a temperatura no ambiente de armazenamento.

Tabela 4.3 | Teor de água de sementes de diferentes espécies em equilíbrio higroscópico com diferentes valores de umidade relativa do ar, à temperatura de 25°C

Espécie	Umidade relativa (%)						
	15	30	45	60	75	90	100
Aveia (<i>Avena sativa</i> L.)	5,7	8,0	9,6	11,8	13,8	18,5	24,1
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	5,6	7,7	9,2	11,1	14,5	19,6	-
Milho (<i>Zea mays</i> L.)	6,4	8,4	10,5	12,9	14,8	19,1	23,8
Soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.)	4,3	6,5	7,4	9,3	13,1	18,8	-
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i> Pers.)	6,4	8,6	10,5	12,0	15,2	18,8	21,9
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	6,6	8,5	10,0	11,5	14,1	19,3	26,6

Fonte: Harrington (1972) *apud* Carvalho; Vilella (2006, p. 72).

Aplicando esse conhecimento de maneira prática, considere para sementes de soja, por exemplo, a recomendação do teor de água da semente entre 11,0% a 13,5% para o armazenamento seguro (FRANÇA NETO et al., 2016). Dessa forma, qual a umidade relativa do ar ideal, à temperatura de 25 °C, para as sementes serem armazenadas de forma segura em um armazém convencional? De acordo com França Neto et al. (2016), a umidade relativa do ar, a esta temperatura, deve ser, em média, de 70% para que a semente esteja em equilíbrio higroscópico. Isso também pode ser observado na Tabela 4.3, acompanhando em qual faixa de umidade relativa do ar o teor de água das sementes proporciona o equilíbrio higroscópico.

Agora, quanto à condição ideal de temperatura do ar no ambiente de armazenamento, considera-se que temperaturas entre 0 °C e 5 °C são ideais,

desde que nele não sejam apresentadas sementes com elevada umidade, evitando, dessa forma, a formação de cristais de gelo no interior da semente (LABBÉ, 2012). Todavia, uma faixa específica de temperatura não pode ser generalizada, pois cada espécie possui uma temperatura ideal de armazenamento. Por exemplo, existem diferenças entre as sementes recalcitrantes e ortodoxas. No geral, as temperaturas baixas são indicadas apenas para as sementes ortodoxas, pois sementes recalcitrantes não toleram redução acentuada da temperatura durante o armazenamento (COSTA, 2012).



Exemplificando

Na Tabela 4.4, observe as temperaturas consideradas seguras para o armazenamento de algumas espécies de sementes ortodoxas.

Tabela 4.4 | Temperaturas recomendadas para o armazenamento seguro de sementes de algumas espécies

Espécie	Temperatura
Feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.) ¹	≤ 20 °C
Soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.) ²	≤ 25 °C
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) ³	≤ 22 °C

Fonte: adaptada de Zilli *et al.* (2009); França Neto *et al.* (2016); Eichelberger (2011).

A temperatura também está relacionada, proporcionalmente, com o aumento respiratório das sementes. Isso implica o aumento do consumo de reservas e, conseqüentemente, perda de peso e vigor das sementes (LABBÉ, 2012), assim como numa maior velocidade deteriorativa das mesmas pelo aumento das reações enzimáticas e metabólicas.

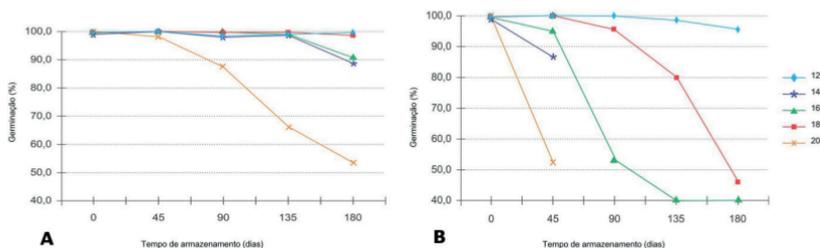
Dessa maneira, se o aumento da temperatura é prejudicial à semente, então a sua redução no ambiente de armazenamento é uma técnica economicamente viável para preservar a qualidade de sementes armazenadas (DEMITO; AFONSO, 2009), desde que em condições adequadas de umidade e teor de água. Sendo assim, atualmente, existem tecnologias que visam resfriar artificialmente as sementes nos silos, pois o resfriamento possibilita a manutenção da qualidade fisiológica delas durante o período de armazenamento (DEMITO, 2006). Conforme abordamos na aula anterior, o resfriamento pode ser realizado tanto em sacos como a granel (silos), podendo o resfriamento ser dinâmico ou estático.

A importância do resfriamento na conservação das sementes foi comprovada por Demito (2006), em que, no período de armazenamento de 140 dias de sementes de soja, resfriadas (14 °C) e não-resfriadas (24 °C), as sementes armazenadas em temperatura ambiente apresentaram redução de 15,9% no

poder germinativo após os 140 dias; enquanto as sementes resfriadas, durante o período de armazenamento, mantiveram o mesmo poder germinativo. Dessa forma, as sementes armazenadas à temperatura ambiente ocasionam perdas consideráveis ao setor sementeiro (DEMITO, 2006).

Portanto, vamos fazer uma associação dos assuntos já abordados na aula, em que elevados teores de água na semente e temperaturas elevadas no ambiente de armazenamento ocasionam a deterioração das sementes e, conseqüentemente, trazem perda da qualidade fisiológica das mesmas, sendo tal situação apresentada na Figura 4.12, ao comparar duas temperaturas distintas.

Figura 4.12 | Variação ao longo do tempo de armazenamento da germinação de sementes de soja com diferentes teores de água, nas temperaturas de 15 °C (A) e 30 °C (B)



Fonte: adaptado de Afonso ([s.d.], p. 3).

Outro fator que interfere na conservação de sementes durante o armazenamento é a disponibilidade de oxigênio. Diante disso, do oxigênio que normalmente está disponível à semente, parte é utilizada para a manutenção metabólica da mesma, e parte tem potencial para causar danos deteriorativos nas sementes (COSTA, 2015). Mas como o oxigênio promove a deterioração das sementes? Para entender isso, podemos afirmar que moléculas intermediárias de oxigênio formadas durante a respiração podem formar espécies reativas de oxigênio, que são responsáveis pela oxidação de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, portanto, participam diretamente na deterioração (BAILLY, 2004). Diante disso, para sementes de arroz, por exemplo, a disponibilidade de oxigênio promove a redução da qualidade fisiológica delas (COSTA, 2015). Sendo assim, o conhecimento sobre disponibilidade de oxigênio no ambiente de armazenamento é utilizado nos tipos de embalagem de sementes, tanto quanto a permeabilidade do oxigênio nas mesmas, como também na capacidade de reprodução de insetos e desenvolvimento de fungos, conforme veremos adiante.

Portanto, em determinada ocasião, você já observou, em sementes armazenadas, a presença de fungos? Os fungos de maior ocorrência em sementes armazenadas são, principalmente, dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* (CARVALHO; VILLELA, 2006). Por isso, podemos utilizar, para

a prevenção da ocorrência ou eliminação dos fungos, o conhecimento sobre umidade relativa do ar e temperatura do ambiente de armazenamento.

Sendo assim, compreende-se que a temperatura ótima para o desenvolvimento da maioria dos fungos de armazenamento encontra-se entre 28 °C e 35 °C (BORÉM *et al.*, 2006), e umidade relativa do ar acima de 65% (CARVALHO; VILLELA, 2006). Então, temperaturas e umidade relativa do ar que permitem o desenvolvimento de fungos, promovem a condição de insegurança no armazenamento, isso porque a presença de fungos está relacionada com a rápida deterioração, redução da qualidade fisiológica e sanitária das sementes (COSTA, 2012).

Dessa maneira, como medida preventiva ao surgimento de fungos no ambiente de armazenamento, recomenda-se a inspeção da infraestrutura desse ambiente, visando impedir o surgimento de vazamentos e goteiras (CAMARGO *et al.*, [s.d.]). Além disso, tal ambiente deve apresentar condições de boa ventilação, isolamento térmica em sua cobertura e manter-se seco (FONTES; MANTOVANI, [s.d.]). Sendo assim, o objetivo é prevenir qualquer condição de temperatura ou umidade do ar que sejam favoráveis ao surgimento de fungos de armazenamento.

Adicionalmente, considerando a relação entre as sementes e a condição ideal de desenvolvimento fúngico, as sementes recalcitrantes são mais susceptíveis aos fungos de armazenamento, já que elas mantêm elevados teores de água (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012); diante disso, é recomendado o tratamento fúngico durante o armazenamento dessas sementes.

Além da ocorrência de fungos, também é possível observar, em determinadas sementes, a presença de insetos. Quanto aos insetos-pragas de armazenamento, eles podem ser classificados em primários e secundários. Quer entender a diferença entre eles? São insetos primários aqueles que atacam sementes inteiras e sadias; e secundários aqueles que atacam sementes danificadas ou quebradas (LORINI *et al.*, 2009). Sendo assim, existem dois grupos de insetos que atacam as sementes armazenadas: os besouros e as traças, conforme apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 | Insetos-pragas de sementes armazenadas

Grupo	Espécie
Besouros (Coleópteros)	<i>Rhyzopertha dominica</i>
	<i>Sitophilus oryzae</i> e <i>S. zeamais</i>
	<i>Acanthoscelides obtectus</i>
	<i>Lasioderma serricorne</i>
Traças (Lepidópteros)	<i>Sitotroga cerealella</i>
	<i>Ephestia kuehniella</i> e <i>E. elutella</i>

Fonte: adaptado de Lorini *et al.* (2009, p. 24).

Diante disso, tanto os besouros como as traças ocasionam perfurações nas sementes e, conseqüentemente, danos irreversíveis, como perda completa da viabilidade, redução de peso, reduções na qualidade física e fisiológica das sementes (LORINI et al., 2009).

Mas quais condições são propícias ao desenvolvimento de insetos no decorrer do armazenamento? De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), compreende-se que temperaturas na faixa de 23 °C a 35 °C e teores de água das sementes entre 12% a 15% são condições favoráveis ao desenvolvimento da maioria das espécies de insetos-pragas de armazenamento.

Para tais insetos de armazenamento, existem métodos de controle; entretanto, o controle mais eficiente é justamente o que previne o surgimento dessas pragas, ou seja, aquele que impede uma condição adequada ao desenvolvimento delas. Vale ressaltar que condições de baixa temperatura e reduzido teor de água impedem o surgimento de insetos no ambiente de armazenamento (CARVALHO; VILLELA, 2006).

Diante disso, nas unidades armazenadoras ou de beneficiamento de sementes, pode ser implementado o manejo integrado de pragas de sementes armazenadas (Mipsementes), como alternativa para minimizar as perdas ocasionadas pelas pragas (LORINI *et al.*, 2015).

Como medidas preventivas ao controle de insetos-pragas nas unidades de armazenamento, Lorini *et al.* (2015) destacam:

- a limpeza e higienização da unidade armazenadora, visando eliminar os focos de infestação dentro da unidade, como resíduos de sementes, poeiras e sobras de classificação;

- o tratamento periódico de toda a estrutura armazenadora, com inseticidas protetores de longa duração, de maneira a evitar a reinfestação de insetos;

- o tratamento preventivo das sementes, após o beneficiamento, com inseticidas protetores de origem química ou natural, visando a eliminação de qualquer praga durante o armazenamento;

- o controle da temperatura da massa de sementes para menos de 13 °C, que retarda ou elimina a multiplicação de insetos, como também a diminuição da umidade relativa do ar;

- a limpeza das sementes, antes do armazenamento, que proporciona a remoção física de insetos, por meio da passagem das sementes na mesa de gravidade.



Saiba mais

Várias espécies de insetos-pragas atacam as sementes durante o armazenamento, existindo métodos de controle deles, tanto preventivos como curativos. Sendo assim, aprofunde o conhecimento sobre alguns insetos de armazenamento e os possíveis métodos de controle pesquisando mais em:

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. **Anuário Abrasem**, 2013.

Agora, visando finalizar a etapa de armazenamento de sementes, abordaremos os tipos de embalagens para as sementes, pois elas podem proporcionar às sementes a interação (ou não) com o ambiente externo, protegendo-as ou expondo-as às variações de umidade relativa do ar, temperatura e disponibilidade de oxigênio. Nesse âmbito, as embalagens têm o objetivo de conservar as sementes de determinadas condições ambientais, assumindo a importância na viabilidade e no vigor das sementes (SILVA *et al.*, 2010).

Sendo assim, as embalagens podem ser classificadas, de acordo com Baudet (2003), quanto à sua permeabilidade em: permeáveis, semipermeáveis e impermeáveis.



Assimile

As embalagens consideradas permeáveis podem ser de papel, juta, algodão ou polipropileno trançado (SILVA *et al.*, 2010). As embalagens consideradas semipermeáveis podem ser de sacos plásticos finos ou de polietileno (de 0,075 a 0,125 mm de espessura), e sacos de papel multi-folhados laminados com polietileno; já as embalagens impermeáveis podem ser de sacos de polietileno (acima de 0,125 mm de espessura), pacotes e latas de alumínio, quando bem vedados (SILVA *et al.*, 2010).

Portanto, de acordo com o tempo e com o ambiente de armazenamento das sementes, é possível realizar a melhor escolha do tipo de embalagem. Diante disso, acompanhe as considerações para os tipos de embalagens a seguir. Vamos a elas?

As embalagens permeáveis são de baixo custo e podem ser utilizadas para curtos períodos de armazenamento em regiões de clima seco. Isso porque a embalagem permite trocas de umidade e temperatura entre a semente e o ar ambiente do armazém (LABBÉ, 2012). Diante disso, compreende-se,

pelos tópicos abordados anteriormente, que as sementes terão metabolismo mais ativo e estarão propícias ao desenvolvimento de fungos e ao ataque de insetos, resultando em menor potencial de armazenamento.

Já nas embalagens impermeáveis, a umidade do interior da embalagem é determinada pelo teor de água das sementes (LABBÉ, 2012), visto que não ocorrerão trocas de umidade entre o interior da embalagem e o ambiente. Portanto, a impermeabilização da embalagem também reduz a disponibilidade de oxigênio às sementes, e, em consequência, diminui a perda de matéria seca, proliferação de insetos e mantém a qualidade fisiológica das sementes por períodos maiores de armazenamento (SILVA *et al.*, 2010). Todavia, a desvantagem de embalagens impermeáveis é que o baixo teor de água das sementes as predispõe a danificações durante o manuseio.

Por fim, as embalagens semipermeáveis são intermediárias entre as permeáveis e impermeáveis, podendo ser utilizadas em regiões de umidade relativa do ar elevada, mas por período limitado de tempo.

Sendo assim, cada tipo de embalagem possui vantagens e desvantagens, devendo ser escolhidas de acordo com as necessidades específicas de cada espécie e ao tempo em que se quer armazenar.

Dessa forma, nesta aula, aprendemos sobre as características ideais do ambiente de armazenamento para a conservação de sementes, concluindo, desse modo, o ciclo de aprendizado sobre produção, tecnologia e armazenamento de sementes. Assim, aluno, parabenizamos você por sua chegada até aqui, pela persistência nos estudos e pela conquista dos conhecimentos sobre as sementes, podendo aplicá-los, de maneira prática, na área agrônômica.

Sem medo de errar

Lembre-se de que você, agrônomo responsável pelo armazenamento adequado de sementes em um armazém da unidade de beneficiamento em que trabalha, recebeu lotes de sementes de milho para efetuar o armazenamento e monitoramento das condições de conservação dos mesmos.

Sendo assim, ao avaliar, por meio de amostragem, as condições do armazenamento de lotes de sementes de milho em *big bags* de polipropileno, você constatou a presença do gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*) e do fungo *Aspergillus*. Diante da temperatura averiguada no armazém (em torno de 27 °C) e da umidade relativa do ar (em torno de 60%), você ficou responsável por apresentar um relatório à gerente do armazém, trazendo as respostas para os seguintes questionamentos: quais foram as condições do ambiente do armazém que proporcionaram o desenvolvimento da praga e do fungo? Quais

medidas preventivas e corretivas podem ser implementadas no armazém que possam evitar a perda de qualidade das sementes diante dessa situação?

No relatório a ser apresentado à gerente, você deve responder que, provavelmente, a temperatura em torno de 27 °C está muito próxima da temperatura ótima (28 °C) para o desenvolvimento do fungo *Aspergillus*; e de maneira semelhante, a umidade relativa do ar, em torno de 60%, também está próxima da adequada para o desenvolvimento fúngico (cerca de 65%). Sendo assim, essa associação entre temperatura e umidade relativa do ar proporcionou o ambiente ideal ao desenvolvimento fúngico.

Quanto à presença do gorgulho do milho, você deve explicar, em seu relatório, que a temperatura aferida no armazém (27 °C) está propícia ao surgimento de pragas de armazenamento, que, normalmente, apresentam-se na faixa de 23 °C a 35 °C.

Além disso, recomende em seu relatório uma averiguação sobre o teor de água das sementes, pois, caso o teor de água não esteja em equilíbrio higroscópico com a umidade relativa do ar, as sementes podem trocar umidade com o ar, o que pode facilitar o surgimento de pragas e fungos de armazenamento.

Portanto, quanto às medidas preventivas e corretivas a serem implementadas no armazém, você deve explicar em seu relatório que as principais medidas preventivas, que neste caso também se tornam corretivas, deverão ser os controles das condições de temperatura do ar e da umidade relativa do ar do armazém, de maneira que elas sejam desfavoráveis ao surgimento de pragas e fungos de armazenamento, conservando adequadamente as sementes. Sendo assim, o controle da temperatura e umidade já pode estagnar as infestações do gorgulho do milho e do fungo *Aspergillus*. Além disso, você também deve apresentar para a gerente que as sementes devem estar em equilíbrio higroscópico com a umidade relativa do ar, de maneira a evitar trocas de umidade com o ambiente, pois, dessa maneira, as sementes podem conservar a sua qualidade durante o período de armazenamento.

Adicionalmente, também recomende em seu relatório que outras medidas preventivas podem ser tomadas para evitar o surgimento de fungos nas sementes, tais como: inspeção da infraestrutura do ambiente de armazenamento, visando impedir vazamentos e goteiras, e manter, dessa maneira, condições de umidade do ar desfavoráveis aos fungos; e manutenção do ambiente de armazenamento com boa ventilação, seco e com isolamento térmico em sua cobertura, de maneira que temperatura e umidade do ar sejam adequadas à conservação das sementes.

Quanto aos insetos que são pragas de sementes armazenadas, recomende em seu relatório as seguintes medidas preventivas ao surgimento dos mesmos:

limpeza e higienização da unidade armazenadora, visando eliminar focos de infestação; tratamento preventivo das sementes, após o beneficiamento, com inseticidas protetores de origem química ou natural e o tratamento periódico com inseticidas protetores em toda a estrutura armazenadora, visando a eliminação de qualquer praga durante o armazenamento; e limpeza das sementes, antes do armazenamento, por mesa de gravidade, eliminando fisicamente os insetos.

Avançando na prática

Perda de qualidade de sementes em um armazém sementeiro

Descrição da situação-problema

Considere que você, agrônomo, trabalha em uma empresa do ramo de tecnologias de armazenamento de sementes de hortaliças. Diante disso, você atendeu o gerente de um armazém sementeiro convencional de sementes de hortaliças, o sr. Flávio, que lhe relatou que, durante o armazenamento das sementes, pelo período médio de seis a oito meses, em temperatura ambiente, está sendo constatado que as sementes têm reduzido o seu peso e vigor. Preocupado em conservar adequadamente as sementes, o sr. Flávio lhe pergunta: quais condições ambientais do armazém podem estar afetando a qualidade das sementes durante o armazenamento? Como esse problema pode ser controlado?

Resolução da situação-problema

Diante da situação relatada, você deve explicar ao sr. Flávio que, possivelmente, a temperatura nas condições ambientais tem proporcionado a perda de peso das sementes ao longo do armazenamento. Isso porque a temperatura está relacionada, proporcionalmente, com o aumento das taxas respiratórias das sementes, o que implica consumo de reservas das mesmas e consequente perda de peso.

Já a perda de vigor das sementes, além de estar relacionada com a temperatura (pois elevadas temperaturas permitem processos deteriorativos), também pode ter relação com outros fatores, tais como elevados teores de água nas sementes, os quais também ocasionam a deterioração delas.

Sendo assim, você deve apresentar ao sr. Flávio que o problema pode ser controlado tanto por meio do resfriamento das sementes, o que pode ser

realizado nas sacarias, já que o armazém é convencional, como pelo controle da temperatura adequada do armazém durante o período de armazenamento. Além disso, ressalte que o teor de água das sementes deve estar em equilíbrio higroscópico com a umidade relativa do ar, de modo que as sementes sejam conservadas durante o período de armazenamento.

Faça valer a pena

1. No ambiente de armazenamento de sementes, há atuação de diferentes fatores ambientais (tais como umidade relativa do ar, temperatura do ar e disponibilidade de oxigênio) que influem sobre a conservação e no potencial de armazenamento das sementes.

Quanto ao teor de água das sementes e a umidade relativa do ar, leia as seguintes assertivas:

I. O equilíbrio higroscópico das sementes é utilizado, de maneira prática, para o armazenamento seguro delas.

II. A perda da qualidade fisiológica das sementes pode ser ocasionada por elevados teores de água nas sementes.

III. A relação da água entre o ar e a semente é dinâmica, sendo que, quanto maior a umidade relativa do ar, maior o teor de água das sementes.

IV. Quanto menor o teor de água das sementes, mais sujeitas elas estarão aos processos deteriorativos.

Após análise das assertivas apresentadas, quais delas estão corretas?

- a) Apenas as assertivas I, II e IV estão corretas.
- b) Apenas as assertivas I, III e IV estão corretas.
- c) Apenas as assertivas I, II e III estão corretas.
- d) Apenas as assertivas II, III e IV estão corretas.
- e) Apenas as assertivas I e III estão corretas.

2. As sementes são consideradas higroscópicas, possuindo a capacidade de absorver água do ar ou perdê-la para o ar. Isso só é possível porque as sementes tendem a entrar no ponto de equilíbrio higroscópico, ou seja, o seu teor de água estará em equilíbrio com a umidade relativa do ar. Portanto, cada espécie vegetal possui um ponto de equilíbrio higroscópico nas sementes, de acordo com a umidade relativa do ar, temperatura e com o teor de água das mesmas.

Considerando a umidade relativa do ar em 45%, à temperatura de 25 °C, qual o teor ideal de água nas sementes de milho, para elas estarem em equilíbrio higroscópico com o ar, proporcionando, dessa maneira, o armazenamento seguro?

- a) 7,4% .
- b) 10,5% .
- c) 12,9% .
- d) 13,1% .
- e) 14,8% .

3. As embalagens para o armazenamento de sementes possuem o objetivo de conservá-las das variações ambientais (tais como umidade relativa do ar, temperatura do ar e disponibilidade de oxigênio), podendo, as mesmas, serem permeáveis, semipermeáveis ou impermeáveis.

Assinale a alternativa que apresenta as características corretas da embalagem quanto à sua permeabilidade e condições de conservação das sementes:

- a) A embalagem de lata de alumínio ou vidro é impermeável às variações ambientais de temperatura e umidade relativa do ar, porém, é permeável ao oxigênio.
- b) A embalagem de polietileno de maior espessura normalmente é recomendada para o armazenamento em curto prazo, devido à sua permeabilidade.
- c) A embalagem de juta, que é impermeável, normalmente é recomendada para regiões com umidade relativa do ar elevada e para curto período de tempo.
- d) A embalagem de sacos de papel só é recomendada para o armazenamento de sementes por curto período de tempo e condições ambientais do local de armazenamento controladas.
- e) A embalagem de juta, embora apresente baixo custo e fácil aquisição, pode ser utilizada para o armazenamento de sementes em longo prazo.

- AFONSO, A. D. L. **Conservação de soja com elevado teor de umidade**. Disponível em: <http://www.coolseed.com.br/images/aplicacoes/soja/Conserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20soja%20com%20elevado%20teor%20de%20umidade.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2019.
- BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, v. 14, n. 2, p. 93-107, 2004. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/active-oxygen-species-and-antioxidants-in-seed-biology/5B6F78DF50B-59FAEC17E35D968E546E5>. Acesso em: 6 jan. 2019.
- BAUDET, L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. M. (Ed.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2003. p. 369-418.
- BORÉM, F. M.; RESENDE, O.; MACHADO, J. C.; FONTENELLE, I. M. R.; SOUSA, F. F. Controle de fungos presente no ar e em sementes de feijão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 651-659, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n3/v10n3a17>. Acesso em: 7 jan. 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. p. 307-316. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 27 jan. 2019.
- CAMARGO, C.; SUGAWARA, A. C.; DURANTE, E. J.; PADILHA, P. C.; JACOB, V. **Manual do comerciante de sementes: como armazenar e comercializar semente**. Disponível em: <http://www.andav.com.br/wp-content/uploads/2018/08/MANUAL-DO-COMERCIANTE-DE-SEMENTES-31-de-agosto-de-2018.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2019.
- CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; MAVAIEIE, D. P. R.; SILVA, H. W.; LOPES, C. G. M. Pre-packing cooling and types of packages in maintaining physiological quality of soybean seeds during storage. **Journal of seed Science**, v. 38, n. 2, p. 129-139, 2016. Disponível em: <http://submission.scielo.br/index.php/jss/article/view/158956/9608>. Acesso em: 29 dez. 2018.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Armazenamento. In: **Sementes – Ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Campinas: FUNEP, 2012a. p. 487-522.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J. Extração de sementes de frutos carnosos. In: **Sementes – Ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Campinas: FUNEP, 2012b. p.460-485.
- CARVALHO, M. L. M.; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v. 27, n. 232, p. 70-76, 2006. Disponível em: <http://www.epamig.br/download/informe-agropecuario-232-sementes-inovacoes-tecnologicas-no-cenario-nacional-2006/>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- COSTA, C. J. **Deterioração e armazenamento de sementes de hortaliças**. Pelotas: Embrapa

Clima Temperado, 2012. p. 1-30. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005289/1/Documento355web.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2018.

COSTA, D. S. **Interferência do oxigênio na conservação das sementes de arroz**. 2015. 78 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-08012016-091719/pt-br.php>. Acesso em: 7 jan. 2019.

DEMITO, A. Qualidade de sementes de soja resfriadas artificialmente. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/2777/1/Angelica%20Demitto.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2019.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 1, p. 7-14, 2009. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/128572.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2019.

EICHELBERGER, L. Produção de sementes de trigo. In: IRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p. 349-370. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/932403/1/2011LVtrigonobrasilcap14.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2019.

EIFERT, E. C.; UTINO, S. **Feijão: beneficiamento e armazenamento**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONT000gvxxn79j02wx7ha0g934vghisa0nv.html>. Acesso em: 7 dez. 2018.

EMBRAPA. **Conservação a longo prazo do banco de germoplasma- semente**. 2007. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355163/1994598/fold07-18_conservacaoBancoGermoplasma.pdf/4c12bce2-a59c-4723-a32b-1e57308bd524. Acesso em: 28 dez. 2018.

FERRARI, M. P. **Beneficiamento e armazenamento de sementes de algumas espécies de Pinus**. Colombo: Embrapa, Circular Técnica, n. 69, p. 1-4, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/307151/1/CT0069.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2019.

FERREIRA, F. C. **Resfriamento dinâmico, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2015. 45 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/3244>. Acesso em: 28 dez. 2018.

FERREIRA, R. L.; SÁ, M. E. Contribuição de etapas do beneficiamento na qualidade fisiológica de sementes de dois híbridos de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n.4, p. 99-110, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n4/11.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2018.

FONSECA, A. F. A.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MAURI, A. L.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; ARANTES, S. D.; POSSE, S. C. P. Jardins clonais, produção de sementes e mudas de café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Ed.) **Café Conilon**. 2. ed. Vitória: INCAPER, 2017. p. 256-259.

FONTES, R. A.; MANTOVANI, B. H. M. **Armazenamento de sementes**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57363/1/Circ-19-Armazenamento-sementes.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2019.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. p. 49-54. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151223/1/Documentos-380-OL1.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2018.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWISK, T. T. **Seed biology**. v. 3. New York: Academic Press, 1972. p. 145-241.

LABBÉ, L. M. B. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. M.; MENEGHELLO, G. E. (Ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. p. 367-410.

LI, L. et al. A systems biology approach toward understanding seed composition in soybean. **BMC Genomics**, v. 16, n. 3, p. 1-18, 2015. Disponível em: <https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-16-S3-S9>. Acesso em: 28 dez. 2018.

LOPES, R. M. **Avaliação de metodologias moleculares e citogenéticas para detectar níveis de deterioração em sementes de soja (*Glycine max* (L.) merr.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.)**. 2016. 92 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/23166>. Acesso em: 29 dez. 2018.

LORINI, I.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. **Anuário Abrasem**, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91259/1/Principais-pragas-e-metodos-de-controle-em-sementes-durante-o-armazenamento.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2018.

LORINI, I.; KRZYŻANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. **Informativo Abrates**, v. 19, n. 1, p. 1-8, 2009. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/45483686.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2019.

LORINI, I.; KRZYŻANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING. **Manejo integrado de grãos e sementes armazenadas**. Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2019.

MELO, L. F.; MARTINS, C. C.; SILVA, G. Z.; BONETI, J. E. B.; VIEIRA, R. D. Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de capim-mombaça. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 667-674, 2016. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/4580/1470>. Acesso em: 7 dez. 2018.

MORAIS, T. C. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de girassol submetidas**

ao estresse hídrico e à deterioração. 2015. 44 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6909/texto%20completo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 24 jan. 2019.

NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de hortaliças para a agricultura familiar. **Circular Técnica**, Brasília: Embrapa Hortaliças, n. 35, p. 1-16, 2005. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/30295/1/ct_35.pdf. Acesso em: 7 dez. 2018.

NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de hortaliças para a agricultura familiar. **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009.

NASCIMENTO, W. M.; VIEIRA, J. V.; MAROUELLI, W. A. **Produção de sementes de cenoura.** Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/producao_semente_cenoura_000gnhglr4c02wx5ok0edacxlexpi6zx.pdf. Acesso em: 8 jan. 2019.

NEVES, J. M. G. **Efeito do beneficiamento sobre a qualidade inicial de sementes de soja e após o armazenamento.** 2010. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010. Disponível em: <https://goo.gl/Aqyrxs>. Acesso em: 21 mar. 2019.

OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; ROSA, S. D. V. F. Processamento de sementes pós-colheita. In: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Sementes: inovações tecnológicas no cenário mundial. **EPAMIG**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 59-69, 2006.

PEREIRA, C. E.; ALBUQUERQUE, K. S.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade física e fisiológica de sementes de arroz ao longo da linha de beneficiamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2.995-3.002, 2012. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/8097/11793>. Acesso em: 7 dez. 2018.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: Editora Universitária/ UFPel, 2012. p. 573.

PINHEIRO, D. T.; COSTA, L. C.; GAMA, G. F. V.; TEIXEIRA, M. F. F.; BARROS, T. T. V. Aspectos tecnológicos e qualitativos da produção de sementes de tomate. **Revista Espacios**, v. 38, n. 44, p. 1-10, 2017. Disponível em <http://www.revistaespacios.com/a17v38n44/a17v38n44p10.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2018.

SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Falhas e duplos na produtividade. **Revista Seed News**, n. 6, 2012. Disponível em: <https://seednews.com.br/edicoes/artigo/2461-falhas-e-duplos-na-produtividade-edicao-novembro-2008>. Acesso em: 7 dez. 2018.

SILVA, J. S.; PARIZZI, F. C.; NOGUEIRA, R. M.; SOBRINHO, J. C. Beneficiamento de grãos. In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. p. 325-333.

SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA, F. T. C. 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. Disponível em: http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/5_artigo_v8.pdf. Acesso em: 7 jan. 2019.
- SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v18n04/v18n04a13.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2019.
- TOLEDO, M. Z.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J.; ALVES, E. Efeitos do ambiente de armazenamento na qualidade de sementes de sorgo-sudão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 44-52, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222007000200007&script=sci_abstract&tlng=pt Acesso em: 6 jan. 2019.
- TROGELLO, E.; NOBRE, D. A. C.; KOLLING, E. M.; MODOLO, A. J.; TROGELLO, A. G. Acompanhamento de uma unidade beneficiadora de sementes de milho – estudo de caso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 193-201, 2013. Disponível em: http://rbms.cnpm.br/embrapa.br/index.php/ojs/article/viewFile/411/pdf_59. Acesso em: 7 dez. 2018.
- UNITEC. Discos de plantio para soja. 2019a. Disponível em: <http://www.unitec.ind.br/produtos/2/plantadeiras/79/discos-de-plantio-e-anis/91/soja/>. Acesso em: 6 jan. 2019.
- UNITEC. Discos de plantio para girassol. 2019b. Disponível em: <http://www.unitec.ind.br/produtos/2/plantadeiras/79/discos-de-plantio-e-anis/97/girassol/>. Acesso em: 6 jan. 2019.
- UNITEC. Discos de plantio para milho. 2019c. Disponível em: <http://www.unitec.ind.br/produtos/2/plantadeiras/79/discos-de-plantio-e-anis/96/milho/>. Acesso em: 6 jan. 2019.
- WETZEL, M. M. V. S.; REIS, R. B.; RAMOS, K. M. Metodologia para criopreservação de sementes de espécies florestais nativas. **Circular Técnica**, Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, n. 26, p. 1-5, 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CENARGEN/24161/1/ct026.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- ZAGO, E. **Descarte nas etapas do beneficiamento de sementes**. 2012. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1390/1/dissertacao_e0duardo_zago.pdf. Acesso em: 8 dez. 2018.
- ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. p. 327-356. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/576476>. Acesso em: 7 jan. 2019.

ISBN 978-85-522-1432-8



9 788552 214328 >