

SEMENTE

Introdução

A semente pode ser definida como um óvulo maduro e fecundado, contendo em seu interior uma planta embrionária, substâncias de reserva (às vezes ausentes), ambas protegidas por um ou dois envoltórios (casca). Muitas vezes, o termo semente é aplicado impropriamente para designar certos frutos secos monospermicos, tais como cariopses dos cereais, aquênios das compostas e, ainda, certos propágulos vegetativos, como bulbilhos, pedaços de tubérculos de batatas, esporos de samambaias e de cogumelos.

As sementes apresentam basicamente uma estrutura única que participa da disseminação, proteção e reprodução das espécies.

Desenvolvimento da semente

O primeiro passo para a formação das sementes é a abertura do botão floral, que significa maturidade sexual. Após a dupla fecundação, que é um processo exclusivo das angiospermas, inicia-se uma série de transformações: a parede do ovário, juntamente com as estruturas relacionadas, transforma-se em *fruto*; o zigoto transforma-se em *embrião*; o núcleo endospermático primário divide-se por mitoses sucessivas originando o *endosperma* (tecido de reserva) e os integumentos do óvulo transformam-se em tegumentos ou *testa da semente*.

Os diversos componentes do óvulo são mais ou menos preservados durante sua transformação em semente. O embrião e/ou o endosperma, ocupam a maior parte do volume da semente, enquanto os integumentos ao se transformarem em revestimentos da semente, sofrem uma considerável redução em espessura e desorganização parcial.

Envoltório da semente

Os envoltórios da semente desenvolvem-se a partir dos integumentos do óvulo. Geralmente o óvulo apresenta dois integumentos e as sementes deles resultantes, também podem apresentar dois tegumentos, denominados testa (tegumento externo, originado da primina) e tégmen (tegumento interno,

originado da secundina), ou apresentarem apenas um tegumento, a testa.

As variações dos envoltórios da semente dependem das características específicas do óvulo, principalmente no que diz respeito ao número e espessura dos integumentos e das modificações sofridas por ele(s) durante o desenvolvimento e maturação da semente.

Quando o óvulo apresenta apenas um integumento, a semente também poderá apresentar um único envoltório. O grau com que os integumentos do óvulo contribuem para a formação da testa madura é extremamente variado e só pode ser determinado através de estudos ontogenéticos. Em muitos casos, os integumentos do óvulo se simplificam durante o desenvolvimento da semente, podendo reduzir-se a uma epiderme delgada, ou desaparecer totalmente, como, por exemplo, no milho (*Zea mays* - Poaceae), onde a semente aparece firmemente aderida ao pericarpo delgado do fruto.

Freqüentemente, esses envoltórios tornam-se secos e duros, protegendo o embrião das radiações solares que podem causar danos ao material genético, das oscilações térmicas e mesmo da ação dos decompositores.

Quanto ao número de tegumentos, as sementes podem ser classificadas em:

Bitegmentadas: quando constituídas pelos dois tegumentos (testa e tégmen), freqüentes entre as angiospermas de um modo geral.

Unitegmentadas: quando constituídas por apenas um tegumento, ocorrendo entre as gimnospermas.

Ategmentadas: quando não apresentam tegumentos revestindo a semente e esta é protegida diretamente pelo pericarpo do fruto. É freqüente em gramíneas.

O funículo, todo ou em parte, sofre abscisão, deixando no local onde se separa da semente, uma cicatriz denominada *hilo* (fig. 1), que é, geralmente a região de maior permeabilidade da semente em função da menor espessura dos tegumentos, permitindo a entrada de água durante a embebição e as trocas gasosas efetuadas durante o processo de germinação.

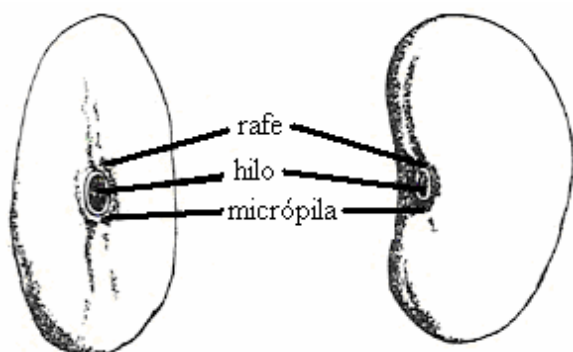


Figura 1 – Semente de *Phaseolus vulgaris*

Abaixo do hilo encontra-se um pequeno poro, a *micrópila*.

Nos óvulos anátropos, acima do hilo pode ser observada uma saliência denominada *rafe*, que na realidade, representa a parte do funículo que permanece soldada à semente. Uma elevação que se observa nas vizinhanças da micrópila marca a posição da radícula do embrião.

Algumas estruturas especiais que podem aparecer na superfície de certas sementes são:

Ariolo: excrescência da semente que se origina da base do óvulo a partir do funículo e circunda o óvulo mais ou menos completamente como um terceiro tegumento. Um exemplo é a substância mucilaginosa que envolve a semente de maracujá (*Passiflora sp.* - Passifloraceae). O desenvolvimento do ariolo pode iniciar-se antes da fecundação, mas geralmente se inicia mais tarde, enquanto o óvulo cresce. Quando a excrescência se origina do topo do integumento externo, em torno do poro micropilar e cresce para baixo, cobrindo parcial ou totalmente a semente, a estrutura é denominada *arilóide*. Exemplo: noz moscada (*Myristica fragrans* - Myristicaceae).

Carúncula: estrutura carnosa, presente na extremidade micropilar da semente de muitas Euphorbiaceae, resultante da proliferação de células do tegumento externo. Além de atuar na dispersão, a carúncula tem papel na germinação por ser higroscópica e absorver água do solo para o embrião.

Sarcotesta: quando a testa da semente (ou parte dela) se torna polposa e comestível. Exemplo: mamão (*Carica papaya* - Caricaceae).

Estrofiolos: quando os tecidos carnosos estão restritos a cristas ao longo da rafe.

Endosperma:

O endosperma é o tecido nutritivo da semente, resultante da fecundação dos núcleos polares (do saco embrionário) por um dos gametas masculinos, o que leva à formação de uma estrutura triploide (3n).

Dois tipos básicos de desenvolvimento do endosperma são reconhecidos:

Endosperma nuclear: quando os núcleos se dividem várias vezes, sem que ocorram divisões do citoplasma. Assim, forma-se uma massa multinuclear, com os núcleos dispersos na periferia de um grande vacúolo central. Mais tarde, todas as paredes celulares se formam simultaneamente. Este é o tipo mais comum. Exemplo: coco (*Cocos nucifera* - Arecaceae).

Endosperma celular: neste tipo, cada divisão nuclear (cariocinese) é seguida da divisão do citoplasma (citocinese), com a formação da parede celular.

Apesar do desenvolvimento do endosperma ocorrer de diferentes maneiras, a função do tecido resultante é a mesma, ou seja, prover materiais nutritivos essenciais para o embrião em desenvolvimento e, em muitos casos, também para a plântula.

Em algumas angiospermas, especialmente as dicotiledôneas, o embrião em desenvolvimento digere todo o endosperma. O embrião dessas sementes normalmente forma cotilédones carnosos que armazenam substâncias nutritivas e ocupam o maior volume da semente.

Nas dicotiledôneas com grandes quantidades de endosperma, os cotilédones apresentam-se delgados e membranosos e servem para absorver as substâncias de reserva do endosperma.

Em outras angiospermas, particularmente nas monocotiledôneas, o endosperma existe em quantidades variáveis na semente e é utilizado pelo embrião quando este retoma seu crescimento, na época da germinação. Nesses casos, o único cotilédone, geralmente desempenha mais uma função de absorção do que de armazenamento de substâncias. Mergulhado no endosperma, o cotilédone absorve o alimento armazenado no endosperma, digerindo-o por atividade enzimática. O alimento digerido é transportado, por meio do(s) cotilédone(s), até as regiões de crescimento do embrião.

As sementes que não apresentam endosperma, pois este foi utilizado pelo embrião durante sua formação, são denominadas *exalbuminosas* ou *exospermadas* (Fabaceae, Orchidaceae e Asteraceae), enquanto aquelas que apresentam este

tecido de reserva são chamadas *albuminosas* ou *endospermadas* (mamona, *Ricinus communis* - Euphorbiaceae).

As substâncias de reserva acumuladas nas sementes variam muito: no feijão (*Phaseolus vulgaris* - Fabaceae), as reservas são acumuladas na forma de *amido* nos cotilédones (sementes exalbuminosas); nos cereais também predomina o amido, mas acumulado no endosperma; no amendoim (*Arachis hypogaea* - Fabaceae) acumulam-se *óleos* nos cotilédones, assim como no girassol (*Helianthus sp.* - Asteraceae). Na mamona (*Ricinus communis* - Euphorbiaceae) também se acumulam óleos, mas no endosperma; na soja (*Glycine max* - Fabaceae) são *proteínas* reservadas nos cotilédones. O endosperma é bem desenvolvido nas sementes das gramíneas, algumas das quais arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*), trigo (*Triticum vulgare*) e centeio (*Secale cereale*) são fontes essenciais da alimentação humana. De qualquer forma, o endosperma é geralmente triplóide e tem papel nutritivo para o embrião.

Embrião

O zigoto começa a dividir-se só depois do endosperma já estar em desenvolvimento. Da série de divisões mitóticas que então ocorrem, a partir do zigoto, resulta a formação do *embrião* (embriogênese), processo que no início é basicamente semelhante em todas as plantas com sementes (fanerógamas).

O embrião desenvolve-se no interior do óvulo, geralmente a partir da oosfera fertilizada ou zigoto. A embriogênese nas angiospermas assemelha-se à que ocorre nas plantas vasculares inferiores, na qual a primeira divisão nuclear do zigoto faz-se acompanhar da formação da parede celular.

O embrião maduro das Angiospermas consiste de um eixo semelhante a um caule, com um ou dois cotilédones, que são as primeiras estruturas foliares da planta.

Nos primeiros estágios de desenvolvimento, os embriões das dicotiledôneas e monocotiledôneas passam por uma seqüência de divisões celulares semelhante, sendo que ambos se transformam em corpos aproximadamente esféricos. Posteriormente, começam a se diferenciar, pois enquanto o embrião das dicotiledôneas (fig. 2) desenvolve dois cotilédones em posição lateral (tornando-se aproximadamente cordiforme), o embrião das monocotiledôneas (fig. 3) permanece cilíndrico, formando um cotilédone apenas. Assim, o meristema apical caulinar em dicotiledôneas

se encontra entre os dois cotilédones, enquanto que nas monocotiledôneas ocupa uma posição aparentemente apical.

A poliembria (mais de um embrião numa semente) ocorre em algumas espécies, como *Poa alpina* - Poaceae, *Opuntia spp.* - Cactaceae, sendo comum em frutas cítricas (*Citrus spp.* - Rutaceae) e em manga (*Mangifera indica* - Anacardiaceae). O fenômeno da poliembria pode ocorrer por clivagem da oosfera fecundada formando várias células iniciais zigóticas, ou por desenvolvimento de uma ou mais sinérgides, ou pela existência de vários sacos embrionários, ou ainda por várias formas de apomixia e embria adventícia (a partir de células diplóides do nucelo). No linho (*Linum usitatissimum* - Linaceae) e em outras espécies, alguns dos embriões formados por poliembria são haplóides.

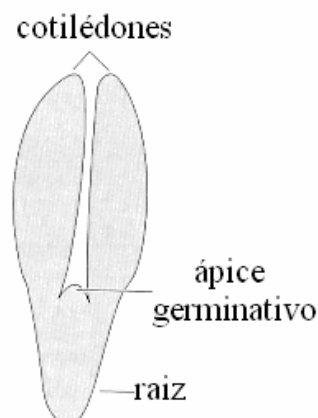


Figura 2 - Embrião de dicotiledônea

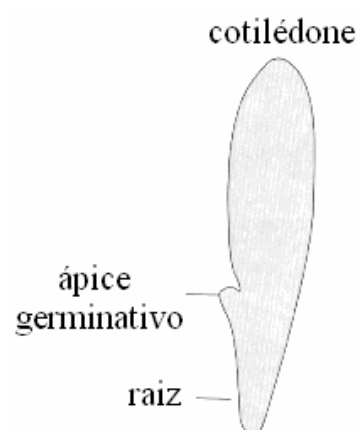


Figura 3 - Embrião de monocotiledônea

O crescimento da futura planta, a partir do embrião só é possível pela presença dos meristemas apicais. Estes meristemas aparecem nos dois pólos do eixo embrionário: pólo proximal (ou de raiz) e o pólo distal (ou gema apical) do caule.

O meristema apical do caule nas dicotiledôneas pode ser visto como um resíduo de tecido embrionário, entre os dois cotilédones. Algumas vezes, uma gema apical pequena com um eixo de entrenós bem curtos, com um ou mais primórdios foliares, desenvolve-se a partir deste meristema, conjunto este que comumente é chamado de *plúmula* (fig. 4). A porção desta gema é denominada *epicótilo*.

A porção do eixo do embrião entre o ápice da raiz e os cotilédones, recebe a denominação de *hipocótilo*. Em algumas plantas, a extremidade inferior do eixo do embrião já apresenta características nítidas de raiz, sendo denominada *radícula*. Quando não é possível distinguir nenhuma radícula no embrião, o eixo abaixo dos cotilédones é denominado eixo *hipocótilo-radicular*. Mesmo que o meristema apical da raiz embrionária ainda não tenha assumido a mesma organização celular da raiz em crescimento, a coifa já está presente. Em algumas espécies podem ser vistos primórdios de raízes adventícias no hipocótilo do embrião.

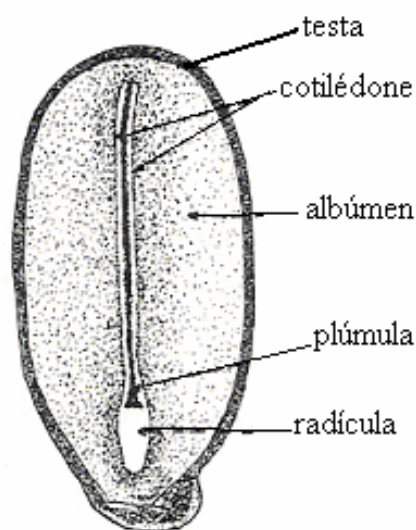


Figura 4 – Corte longitudinal de semente de *Ricinus communis*.

Na semente de mamona (*Ricinus communis* - Euphorbiaceae), existe uma região saliente na base, a *carúncula*, que corresponde a uma excrescência do tegumento externo; o *hilo* e a *micrópila* abaixo da carúncula e a *rafe* que se estende ao longo da semente. A reserva é representada pelo endosperma no qual o embrião fica mergulhado. O primórdio do sistema caulinar com nervuras conspícuas, um epicótilo bem reduzido, apresentando apenas o meristema apical, e um eixo hipocótilo-radicular muito curto, com uma radícula reduzida.

Dentre os embriões das monocotiledôneas (fig. 5), o das gramíneas é o mais altamente diferenciado. Um embrião de gramínea, quando totalmente formado, possui um cotilédone maciço, o *escutelo*, estreitamente aderente ao endosperma. O escutelo encontra-se preso a um lado do eixo do embrião que possui uma radícula em sua extremidade inferior e uma plúmula em sua extremidade superior. Tanto a radícula quanto a plúmula são envolvidas por estruturas protetoras, semelhantes à bainhas, denominadas *coleorriza* e *coleóptilo*, respectivamente.

A semente do milho (*Zea mays* - Poaceae), e das demais gramíneas em geral, está sempre associada à parede do fruto. O endosperma constitui a maior parte do conteúdo do grão. Este endosperma é formado de uma região mais externa à camada de aleurona e uma camada amilácea. As células da camada de aleurona contêm proteínas e gorduras, mas pouco ou nenhum amido. As células contêm, além do amido, grânulos de proteína e de carboidratos. As células externas do escutelo (cotilédone maciço) produzem enzimas que digerem os alimentos armazenados no endosperma. O coleóptilo pode permanecer durante os primeiros dias da germinação da semente, sendo rompida posteriormente, para dar passagem às folhas novas.

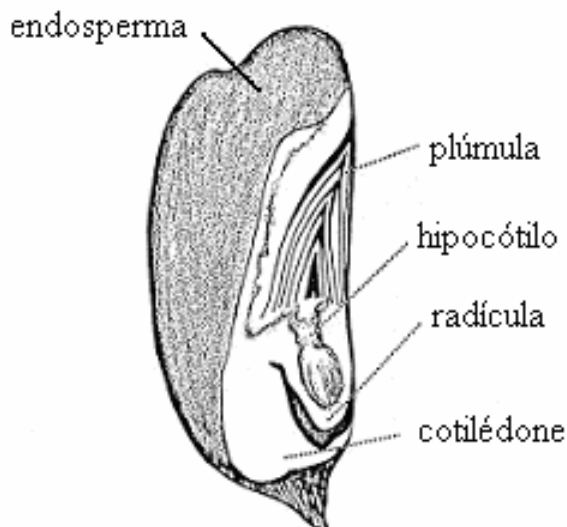


Figura 5 – Corte longitudinal da semente de monocotiledônea

No embrião do feijão (*Phaseolus vulgaris* - Fabaceae) pode-se distinguir um *primórdio do sistema caulinar* (fig. 6), formado por: dois cotilédones com material de reserva, um eixo curto (o hipocótilo) abaixo dos cotilédones, um eixo curto (o epicótilo) com alguns primórdios de folhas acima dos cotilédones e o ponto vegetativo que constituem a *plúmula*. Também pode ser distinguida uma *radícula*, mas como em geral é

difícil determinar os limites entre hipocótilo e radícula, denomina-se eixo *hipocótilo-radicular*.

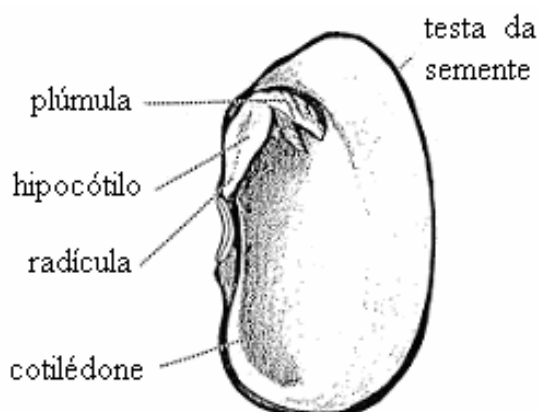


Figura 6 – Semente de dicotiledônea

Germinação

Após a dispersão, as sementes caindo em meio favorável e úmido, passam a absorver água e germinam.

A primeira fase do processo de germinação é caracterizada por um grande aumento do volume da semente, decorrente da embebição – processo físico - pela entrada de água. O tegumento da semente não acompanha todo o aumento do volume interno, rompe-se e então o embrião pode crescer. Geralmente a primeira parte a sair é a *raiz primária* (formada a partir da radícula), que penetra no solo por geotropismo positivo, e ramifica-se para formar o sistema radicular da nova planta. No extremo oposto à raiz, outro eixo se desenvolve, geralmente com geotropismo negativo, originando o caule e as folhas.

A germinação das sementes pode ser de dois tipos:

Hipógea: os cotilédones permanecem no interior do solo. Exemplo: milho (*Zea mays* - Poaceae).

Figura 8 – Germinação hipógea da semente de *Zea mays* - milho

Epígea: os cotilédones são elevados a certa distância do solo, graças a uma distensão do hipocótilo. Exemplos: feijão (*Phaseolus vulgaris* - Fabaceae) e mamona (*Ricinus communis* - Euphorbiaceae). Neste último caso, os tegumentos acompanham os cotilédones na sua elevação e posteriormente são eliminados.

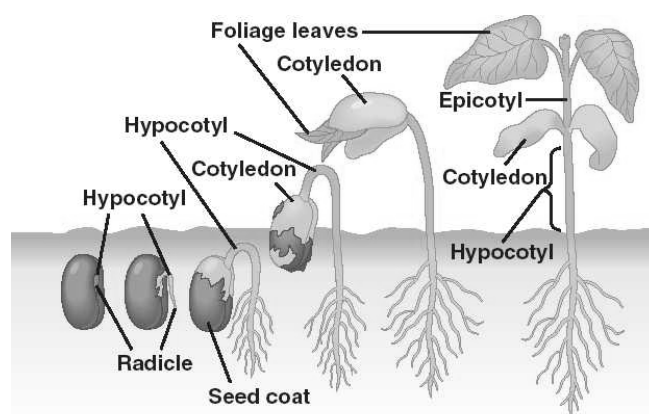


Figura 9 – Germinação epígea da semente de *Phaseolus vulgaris* - feijão