

# BIB 142

Forma e Função do Desenvolvimento Vegetal

## Embriogênese, Formação da Semente e Germinação



Luciano Freschi

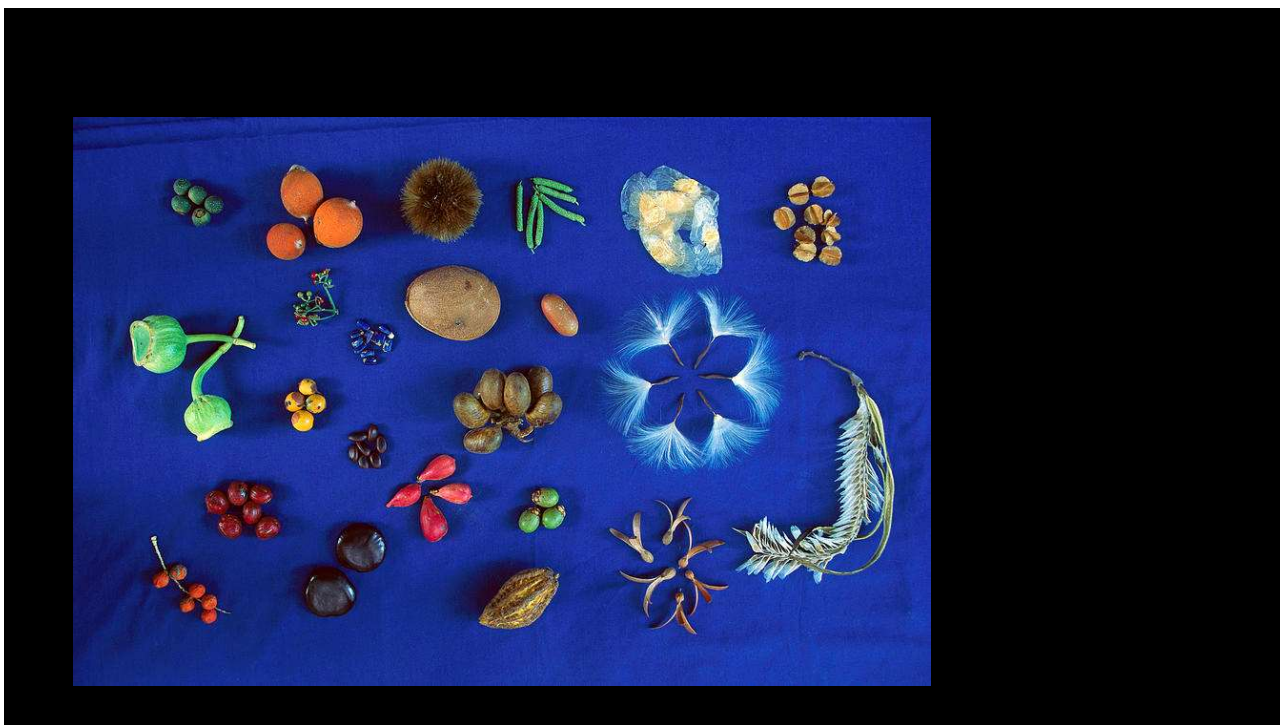
Parte 1:  
Estrutura da Semente e Embriogênese

Parte 2:  
Maturação e Dessecação da Semente

Parte 3:  
Germinação

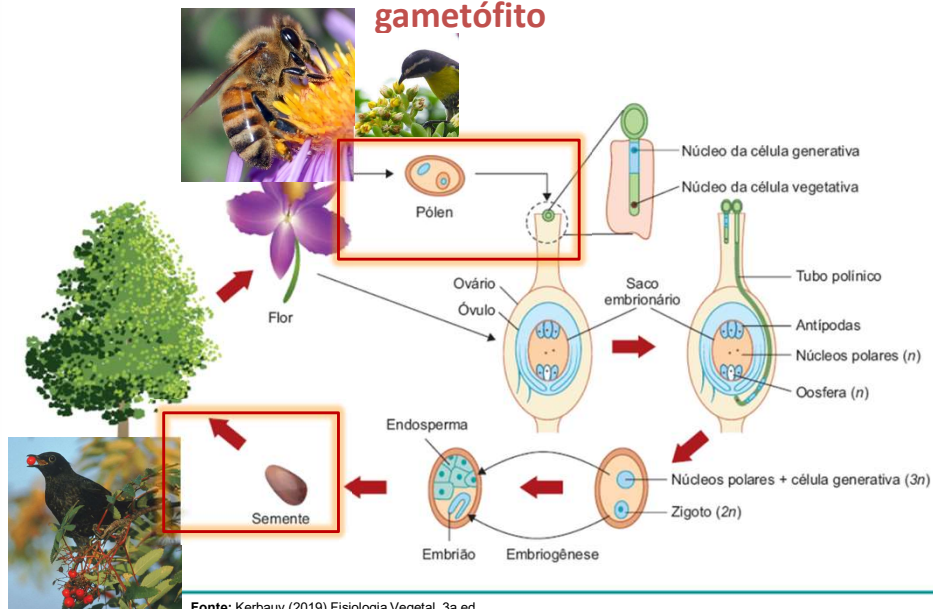
Parte 4:  
Dormência





**Introdução**

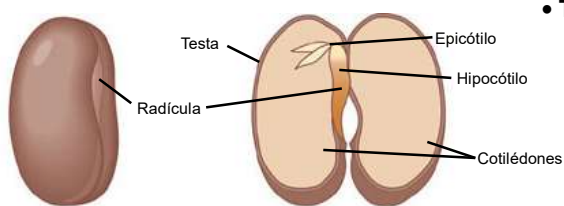
**Semente: tendência evolutiva à redução do gametófito**



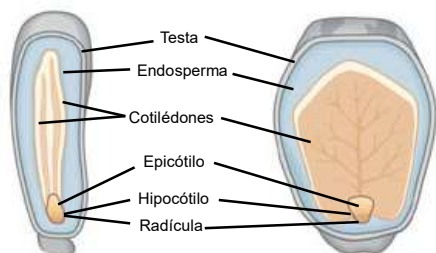
**Introdução**

**Estrutura da semente**

- Embrião
- Endosperma
- Tegumentos



**Feijão (eudicotiledônea)**



**Mamona (eudicotiledônea)**

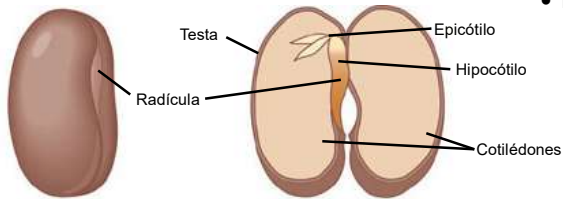


Modificado de: Purves et al. (2008) Life: The Science of Biology. 8a. edição

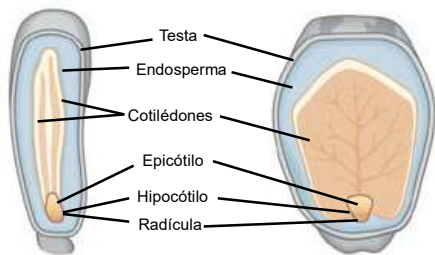
**Introdução**

**Estrutura da semente**

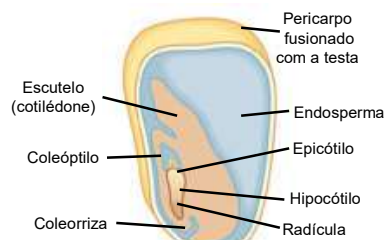
- Embrião
- Endosperma
- Tegumentos



**Feijão (eudicotiledônea)**



**Mamona (eudicotiledônea)**

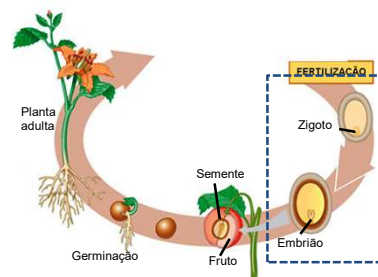
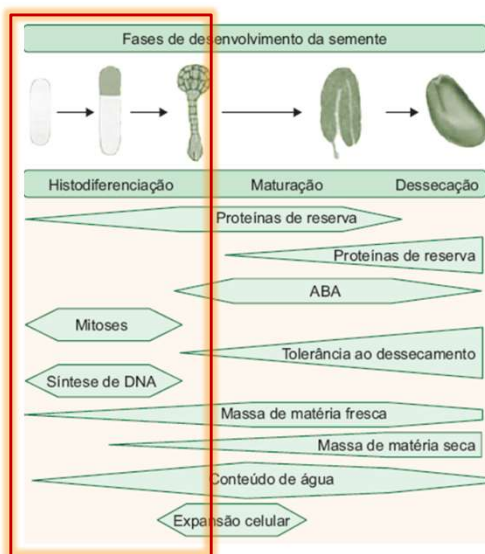


**Milho (monocotiledônea)**

Modificado de: Purves et al. (2008) Life: The Science of Biology, 8a. edição

**Desenvolvimento da semente**

**Fases do desenvolvimento da semente**



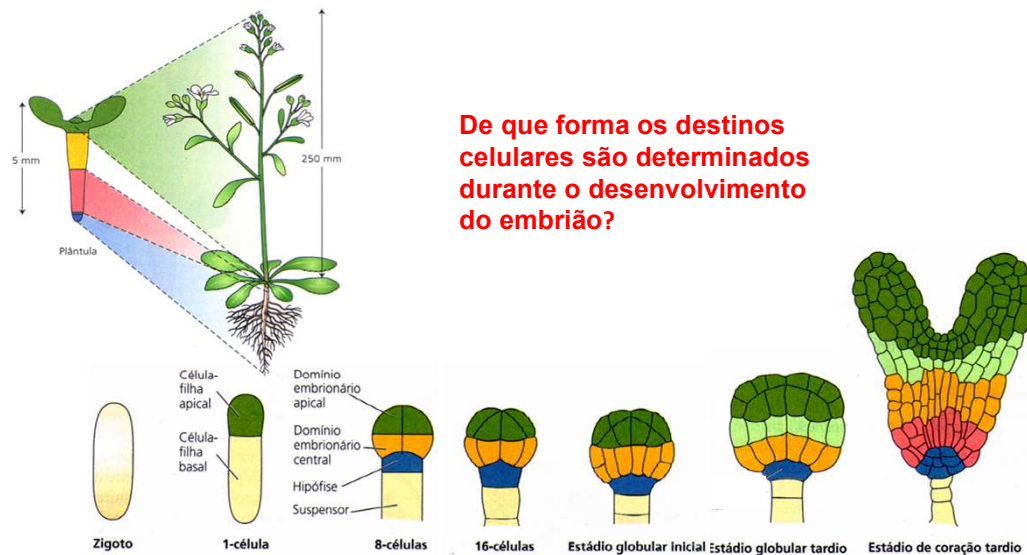
- **Histodiferenciação**  
(embriogênese ou fase de divisão celular)

Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.



## Histodiferenciação

### Etapas do desenvolvimento embrionário

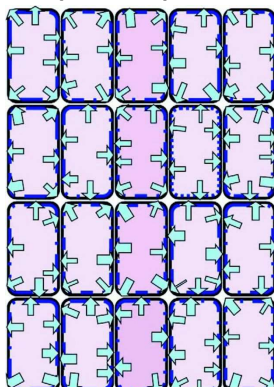


Fonte: Anaud et al. (2009)

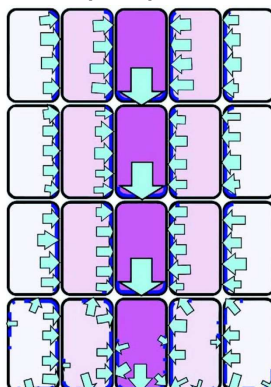
## Histodiferenciação

### As auxinas apresentam papel crucial durante a embriogênese

#### Transporte não polarizado

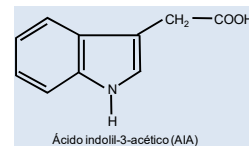


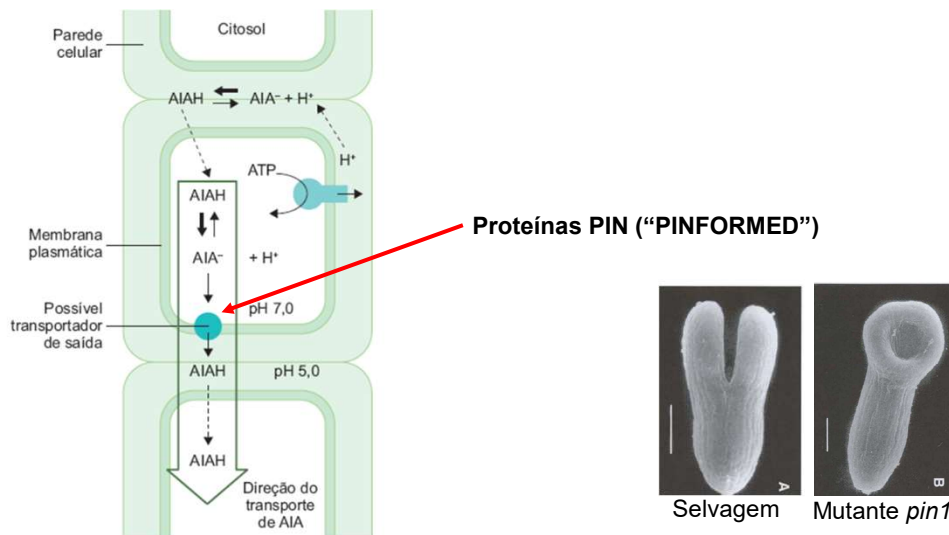
#### Transporte polarizado



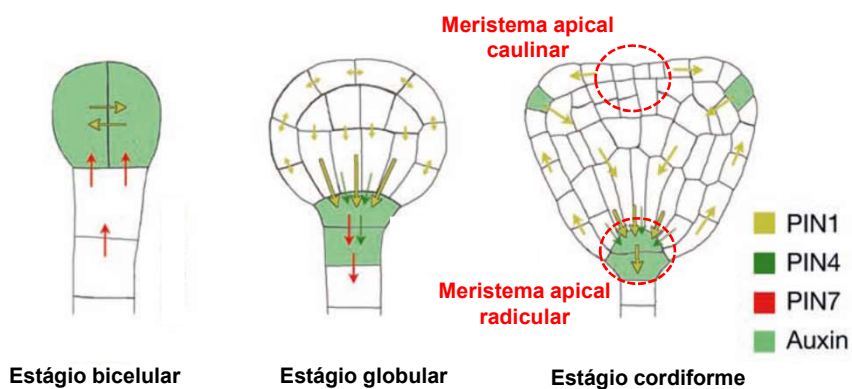
Acúmulo de auxina

#### O transporte polar de auxinas



**Desenvolvimento do embrião****Proteínas PIN no transporte polar de auxina no embrião**

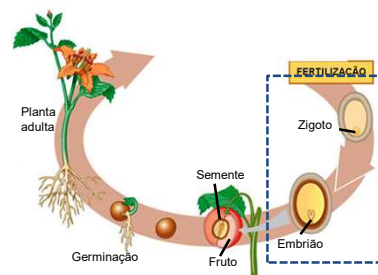
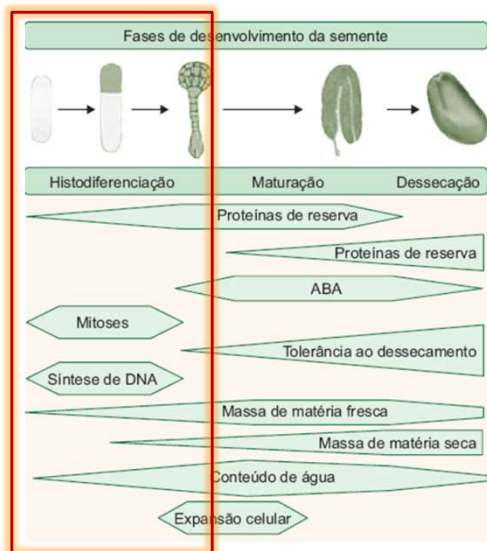
Fonte: Kerbauy (2013) Fisiologia Vegetal, 3a ed.

**Desenvolvimento do embrião****Distribuição de auxina na definição dos meristemas apicais**

Fonte: Tanaka et al. (2006)

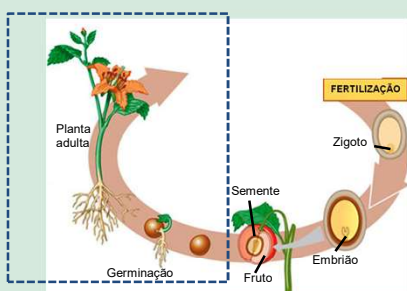
## Desenvolvimento da semente

### Fases do desenvolvimento da semente



- **Histodiferenciação**  
(embriogênese ou fase de divisão celular)

Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.



### Tópicos importantes:

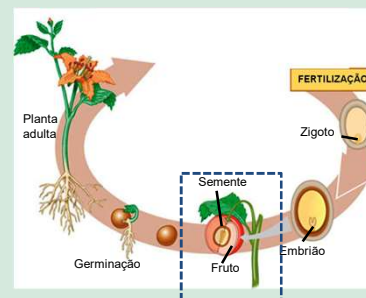
- Fases do desenvolvimento das sementes.
- Transporte polar de auxinas.
- Definição dos meristemas apicais.

Parte 1:  
Estrutura da Semente e Embriogênese

Parte 2:  
Maturação e Dessecação da Semente

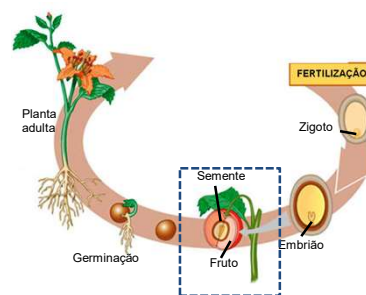
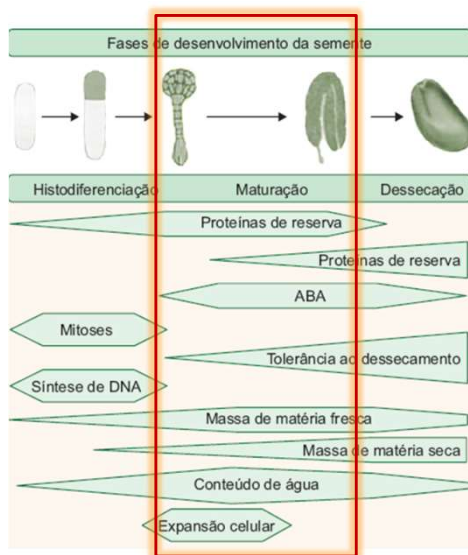
Parte 3:  
Germinação

Parte 4:  
Dormência



**Desenvolvimento da semente**

**Fases do desenvolvimento da semente**




- Histodiferenciação
- **Maturação**


Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.



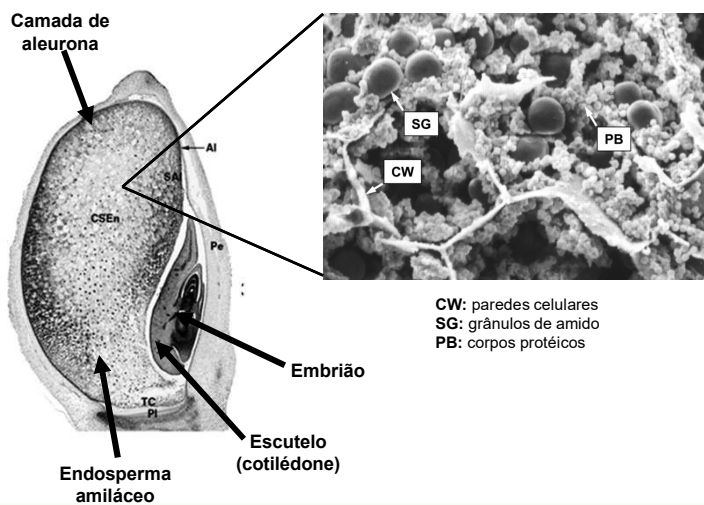
**Maturação****Estocagem de reservas**

Reservas nutricionais em sementes (%)

		Proteínas	Lípidios	Carboidratos	
 <p>Trigo</p>	<b>endosperma</b>	<b>cereais</b>			
		cevada	12	3	76
		aveia	13	8	66
		arroz	12	2	76
	trigo	12	2	75	
	<b>cotilédones</b>	<b>leguminosas</b>			
		feijão	23	1	56
		ervilha	25	6	52
		amendoim	31	48	12
	soja	37	17	26	



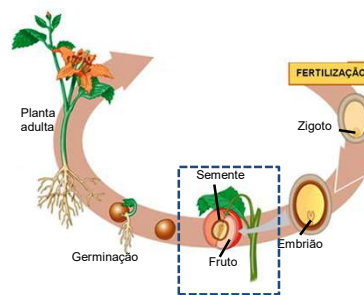
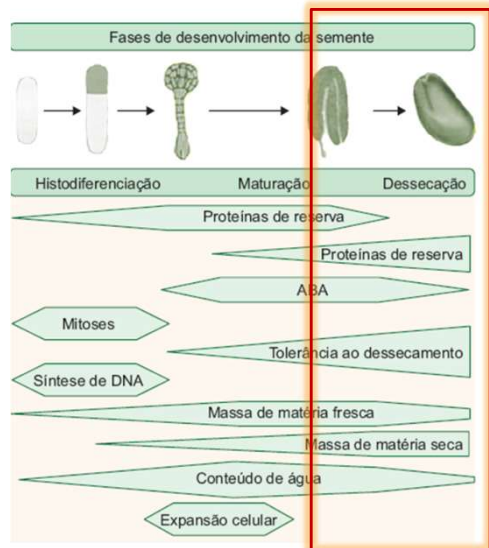
Soja

**Maturação****Estocagem de reservas**

Fonte: Sabelli &amp; Larkins (2009) Plant Physiol., 149: 14-26.

## Desenvolvimento da semente

### Fases do desenvolvimento da semente

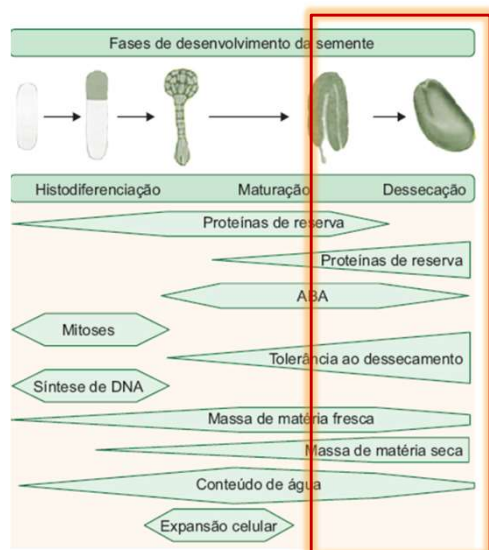


- Histodiferenciação
- Maturação
- **Dessecação**

Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.

## Desenvolvimento da semente

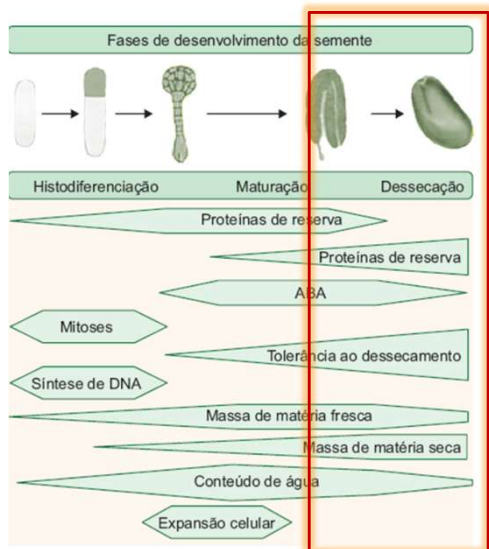
### Fases do desenvolvimento da semente



Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.

**Desenvolvimento da semente**

**Fases do desenvolvimento da semente**



Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.

**Dessecação**

**Sementes ortodoxas e recalcitrantes**

**Sementes ortodoxas**



**Sementes recalcitrantes**



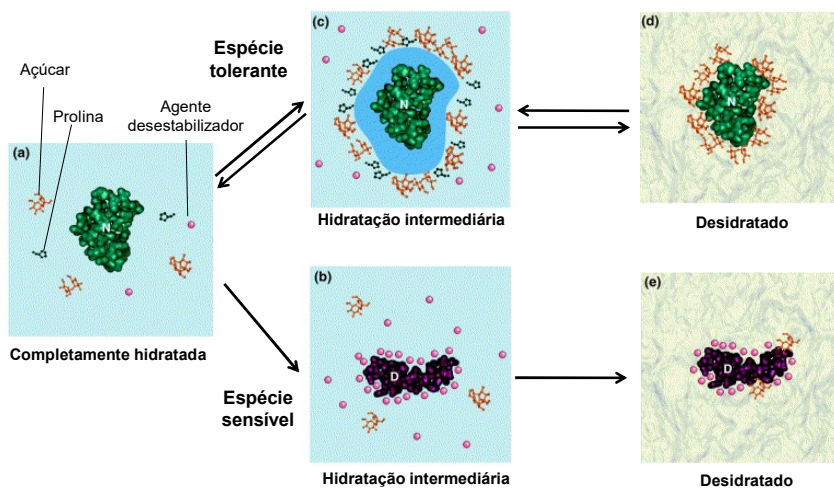
Figuras (esquerda): Wikipedia (<http://en.wikipedia.org>)

Figuras (direita): [http://www.vivaterra.org.br/arvores\\_nativas.htm](http://www.vivaterra.org.br/arvores_nativas.htm)

## Dessecação

### Mecanismos de tolerância à dessecação em sementes

- Acúmulo de açúcares, prolina e proteínas.

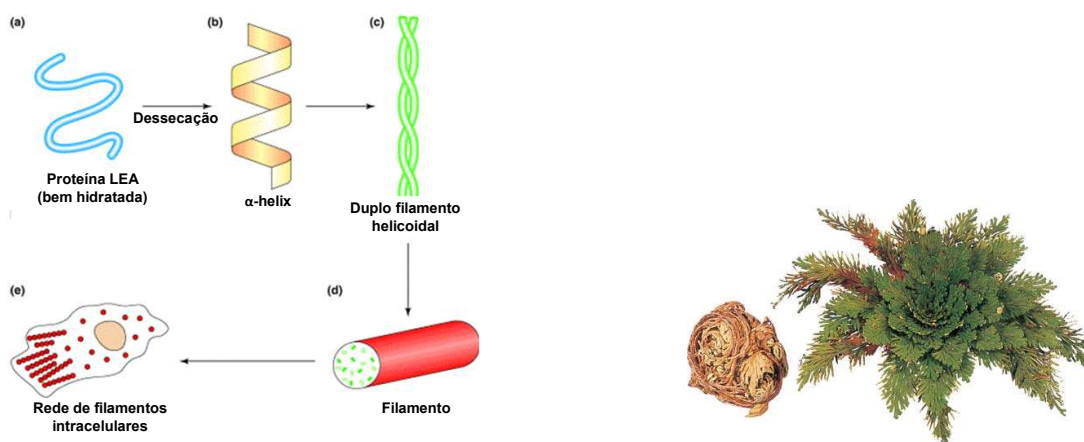


Modificado de: Hoekstra, et al. (2001) Trends in Plant Science, 6: 431-438.

## Dessecação

### Mecanismos de tolerância à dessecação em sementes

- Proteínas LEA ("late embryogenesis abundant")

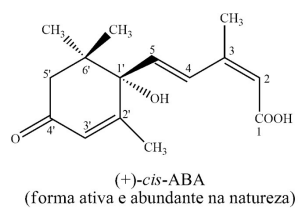
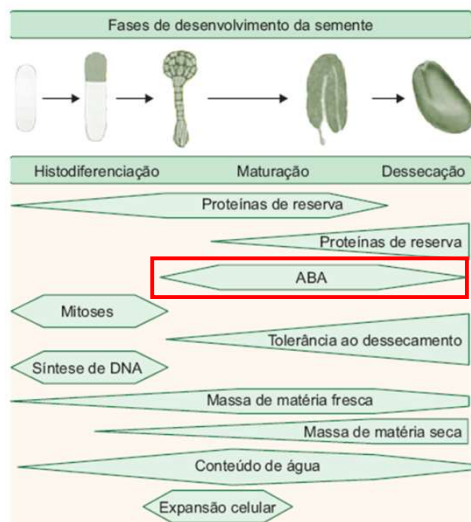


Modificado de: Hoekstra, et al. (2001) Trends in Plant Science, 6: 431-438.



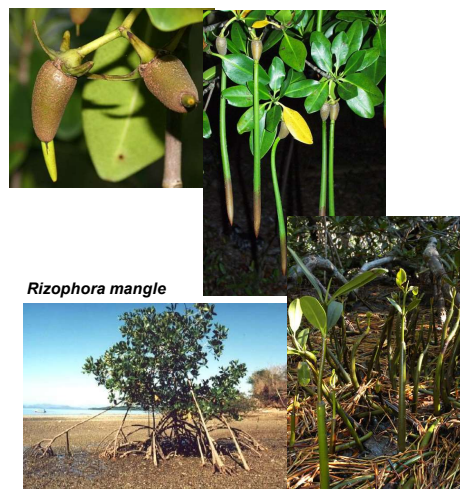
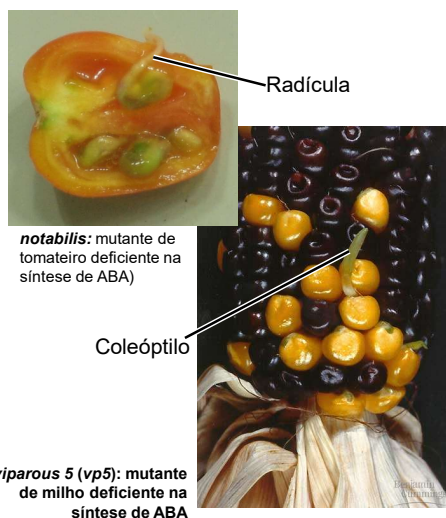
## Desenvolvimento da semente

### Ácido abscísico e o desenvolvimento da semente



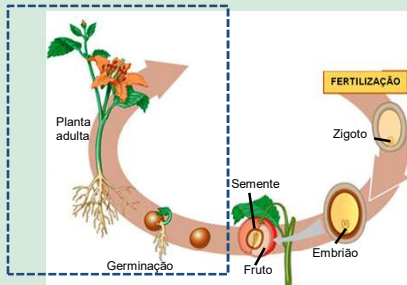
## Desenvolvimento da semente

### Ácido abscísico e o desenvolvimento da semente



Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.





### Tópicos importantes:

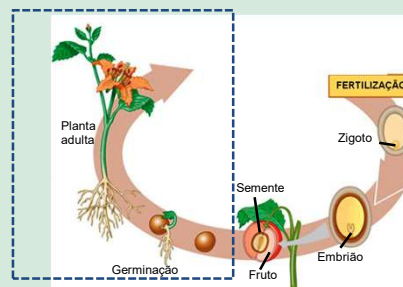
- Estocagem de reservas
- ABA e inibição da viviparidade.
- Sementes ortodoxas e recalcitrantes.

Parte 1:  
Estrutura da Semente e Embriogênese

Parte 2:  
Maturação e Dessecação da Semente

Parte 3:  
Germinação

Parte 4:  
Dormência



# O Processo de Germinação

*“Retomada do crescimento e desenvolvimento do embrião”*



Figura: Raven et al. (2007) Biologia Vegetal. 7a. edição

## Germinação

### Fases da germinação

- **Fase I:** embebição
- **Fase II:** ativação do metabolismo
- **Fase III:** mobilização reservas e crescimento do embrião

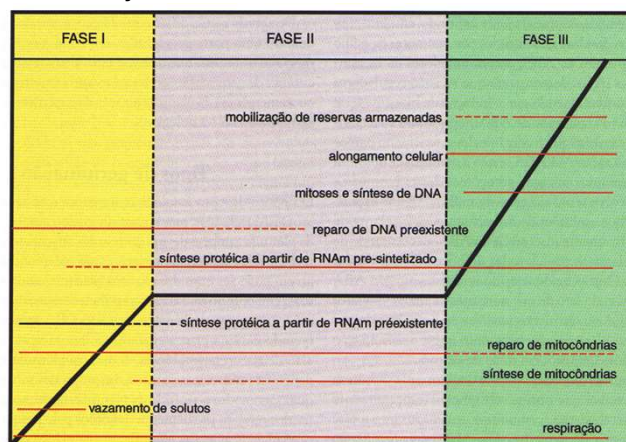


Figura: Kerbauy (2008) Fisiologia Vegetal. 2a. edição

**Germinação**

**Fases da germinação**

- Fase I: embebição

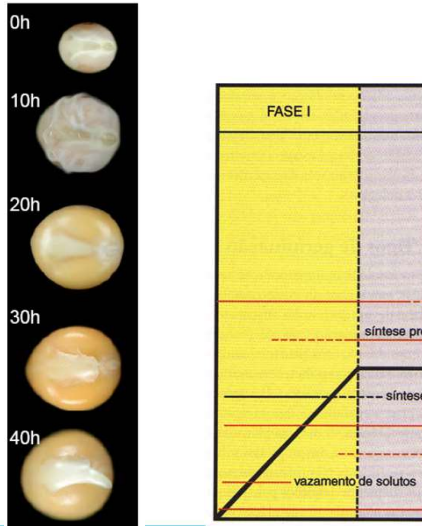
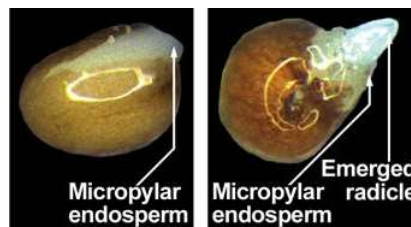
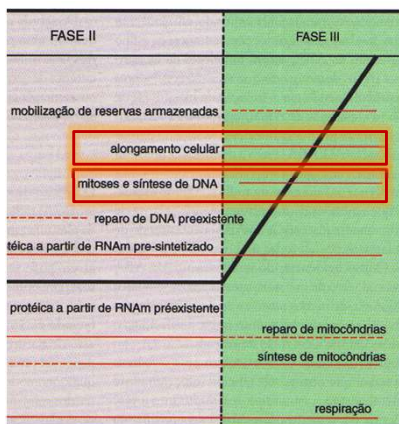


Figura: Kerbauy (2008) Fisiologia Vegetal. 2a. edição

**Germinação**

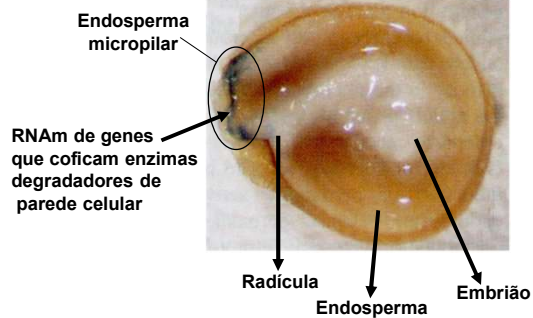
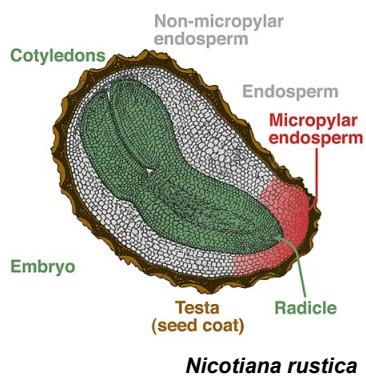
**Fases da germinação**



Fonte: Rahoui, et al. (2010) Journal of Hazardous Materials, In Press, Corrected Proof.

## Germinação

O enfraquecimento do endosperma é essencial para a protrusão da radícula

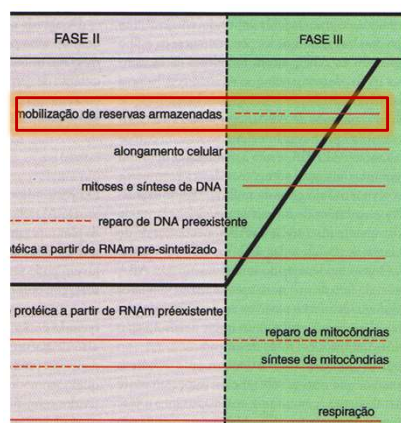


Semente de tomateiro embebida por 24h

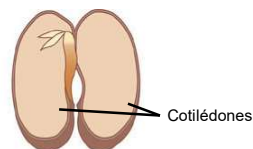
Fonte: Website Gerhard Leubner Lab - University Freiburg, Germany (<http://www.seedbiology.de>)

## Germinação

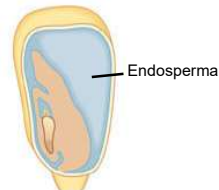
### Fases da germinação



Reservas em tecidos vivos



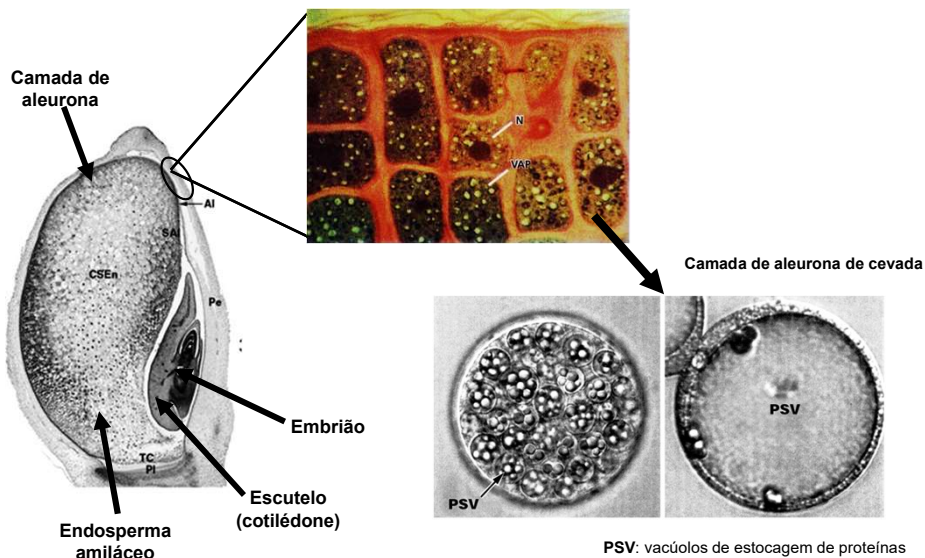
Reservas em tecidos mortos



Fonte: Rahoui, et al. (2010) Journal of Hazardous Materials, In Press, Corrected Proof.

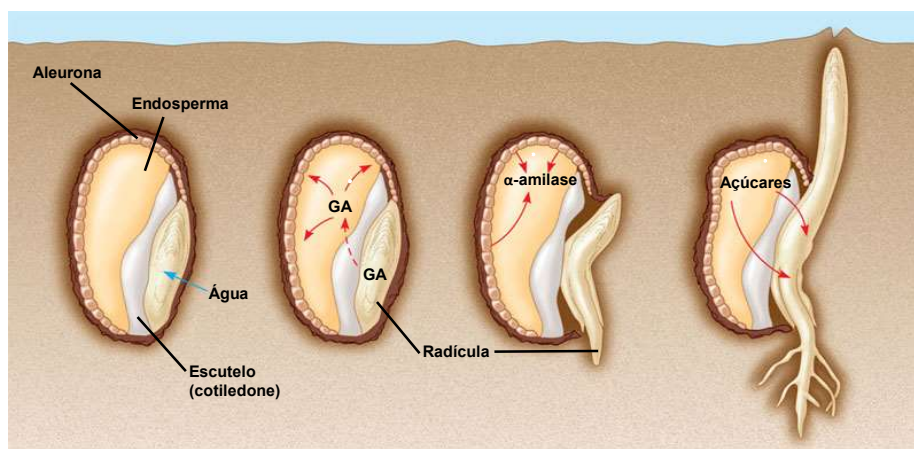
## Germinação

### Mobilização das reservas



## Germinação

### Giberelinas e a germinação





**Germinação**

**Destino dos reservas mobilizadas**

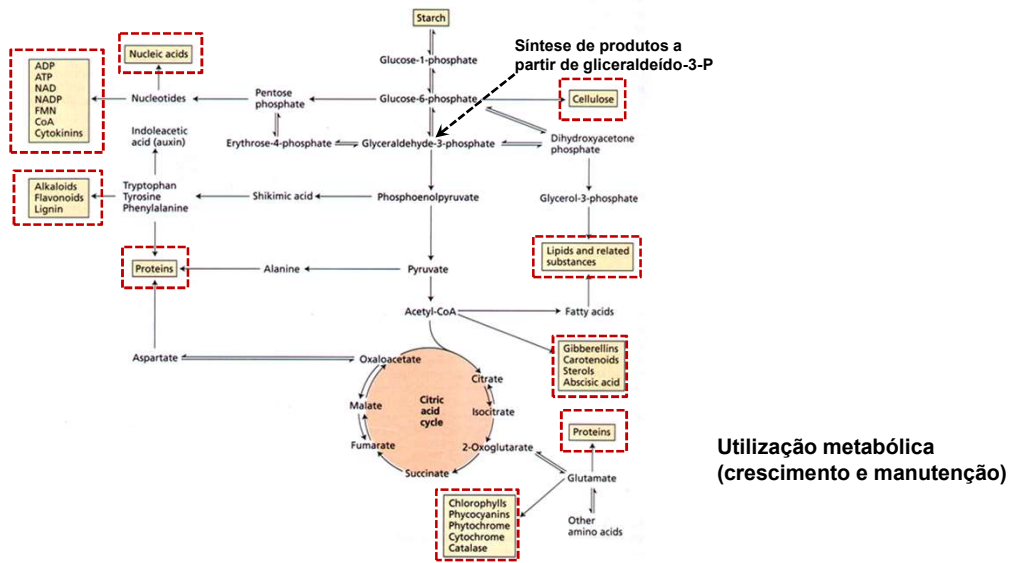
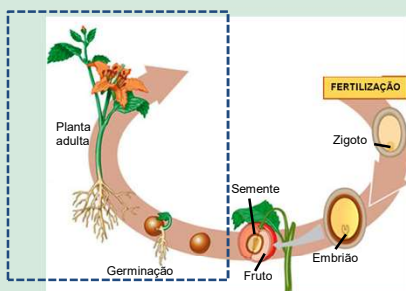


Figura: Taiz & Zeiger (2009) Fisiologia Vegetal. 4a. edição



**Tópicos importantes:**

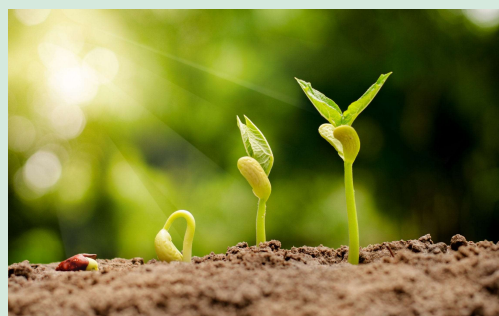
- Fases da germinação.
- GAs e remobilização das reservas.
- Papel da camada de aleurona.

Parte 1:  
Estrutura da Semente e Embriogênese

Parte 2:  
Maturação e Dessecação da Semente

Parte 3:  
Germinação

Parte 4:  
Dormência

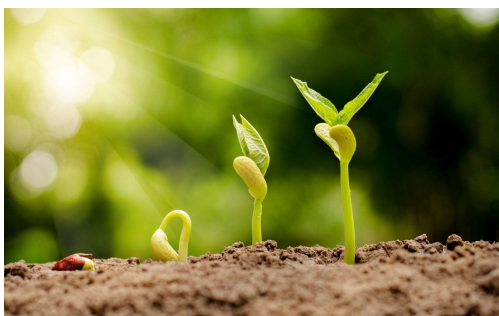


### *Dormência*

## Dormência das sementes

Disponibilidade de:

- Água
- Oxigênio
- Temperatura compatível



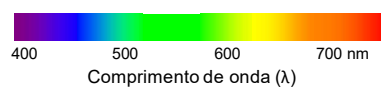
### DORMÊNCIA DAS SEMENTES

FUNÇÃO { Distribuição espacial  
Distribuição temporal

Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.

**Dormência****Dormência das sementes****Fotodormência**

Sementes fotoblásticas { positivas  
negativas  
neutras



Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.

**Luz e Germinação****Espécies fotoblásticas positivas**

Embaúba  
(*Cecropia obtusifolia*)



Pimenta-Veracruz  
(*Piper auritum*)

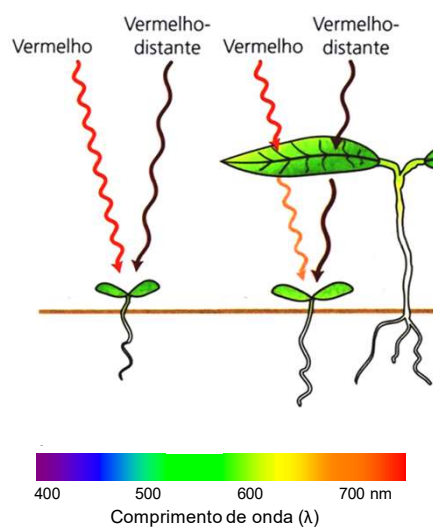
## Luz e Germinação

### Importância ecológica

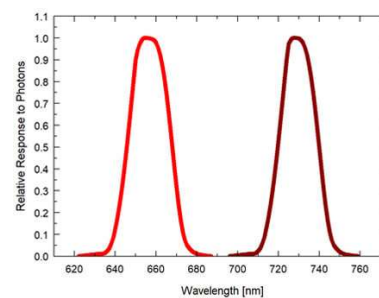


## Luz e Germinação

### O sombreamento altera a distribuição espectral da luz



Vermelho curto: ~660nm  
Vermelho distante: ~730nm



## Luz e Germinação

### A percepção da luz V e Ve modula a germinação

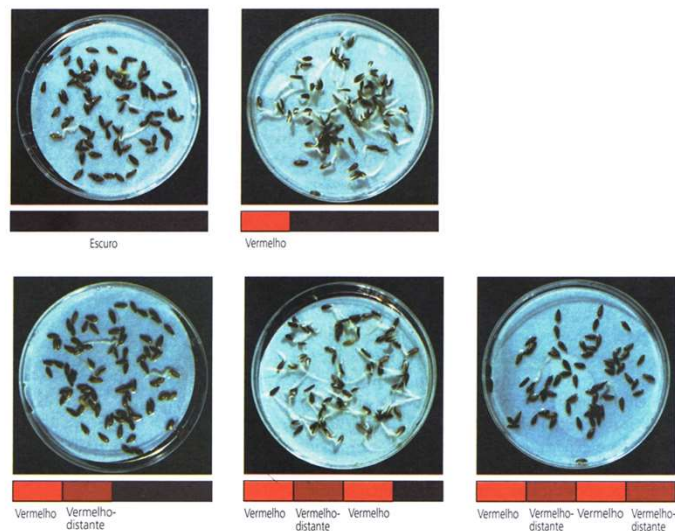
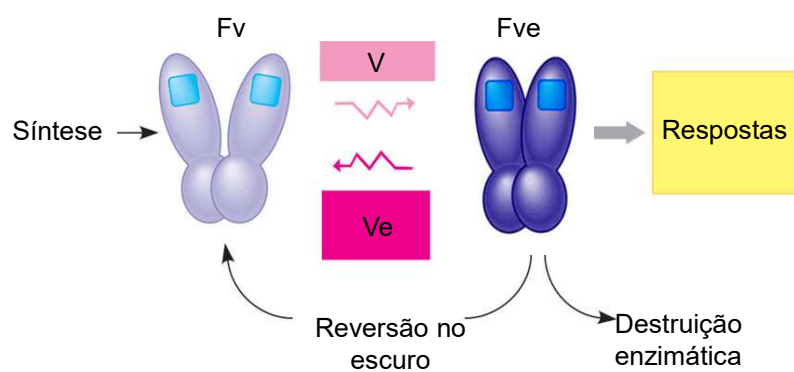


Figura: Taiz & Zeiger (2009) Fisiologia Vegetal. 4a. edição

## Luz e Germinação

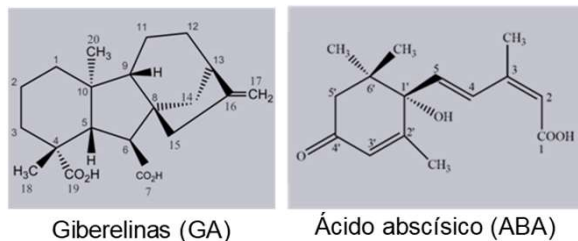
### Mecanismo de ação do fitocromo





### Luz e Germinação

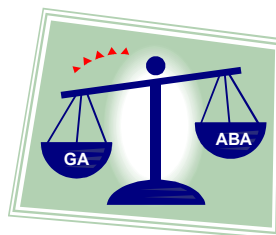
O fitocromo interage com fitormônios durante germinação



Luz vermelha

Fv

Fve



### Luz e Germinação

O proporção V:Ve determina o balanço entre GA:ABA

Vermelho curto



Pr

Pfr

GA

ABA

GA

ABA

Germination

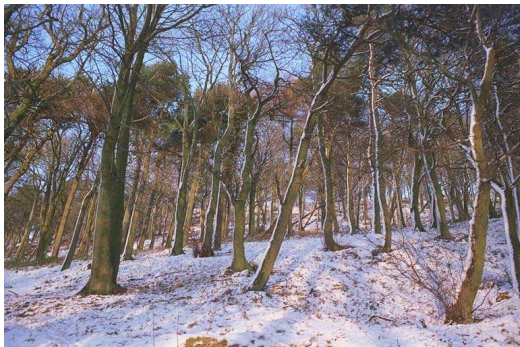
Germination

Vermelho distante



**Dormência****Outros tipos de dormência?**

**Estratificação:** processo pelo qual a germinação é promovida através de tratamento com baixas temperaturas.



Fonte: Kerbauy (2019) Fisiologia Vegetal, 3a ed.

**Dormência****Dormência física**

Quebra da dormência física:

- Fogo



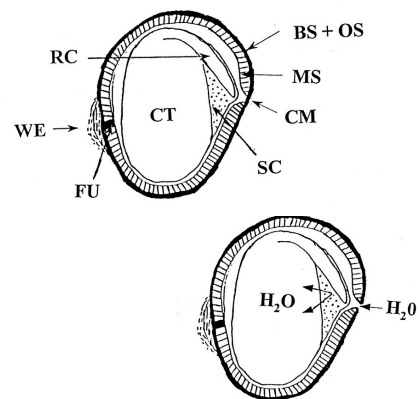
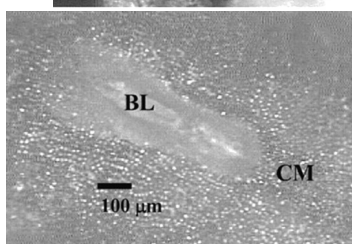
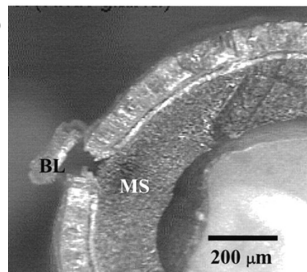
*Pinus halepensis*



**Dormência****Dormência física**

Quebra da dormência física:

- Fogo

*Rhus gabla*  
(Anacardiaceae)**Dormência****Dormência física**

Quebra da dormência física:

- Fogo
- Decomposição



**Dormência****Dormência física**

Quebra da dormência física:

- Fogo
- Decomposição
- Passagem através do trato digestivo



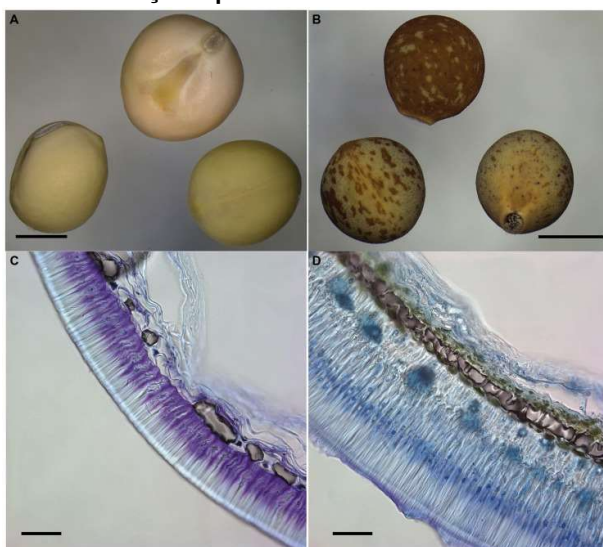
Fonte: Pesquisa FAPESP março/01



Erva-de-passarinho

Gênero *Euphonia***Dormência****Dormência física**

Domesticação e perda da dormência física:



Smykal et al. (2014) Front Plant Sci. 5: 351.



**Dormência****Dormência química**

- Inibidores (compostos fenólicos)

**Dormência****Quebra da dormência**

- 1) **Estratificação:** tratamento de baixa temperatura (4-6°C) em sementes embebidas.



<https://www.gardengatemagazine.com/articles/how-to/start-seeds/how-to-prechill-your-seeds/>



**Dormência****Quebra da dormência**

**1) Estratificação:** tratamento de baixa temperatura (4-6°C) em sementes embebidas.

**2) Escarificação:** abrasão, perfuração, imersão em corrosivos, solventes orgânicos ou água quente. **Na natureza:** trato digestivo de animais, gradiente térmico, ataque de insetos ou microorganismos, queimadas, etc

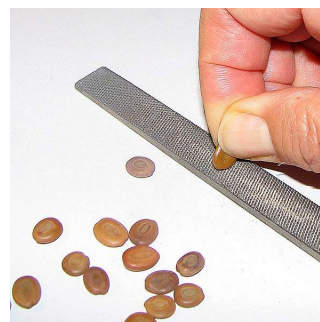
**Dormência**

Tabela 1. Tratamentos recomendados para quebrar a dormência das sementes em algumas espécies arbóreas.

Espécie	Nome Científico	Tratamento
Amendoim- do campo	<i>Pterogyne nitens</i>	Ácido Sulfúrico - 5 min
Bálsamo	<i>Myroxylon balsamum</i>	Desponte com tesoura de poda manual
Bracatinga	<i>Mimosa scabrella</i>	Água ( 70o C ) - 5 min
Canafistula	<i>Peltophorum dubium</i>	Água ( 80o C ) - 5 min
Candiua	<i>Trema micrantha</i>	Água ( 50o C ) - 5 min
Candiua	<i>Trema micrantha</i>	Ácido Sulfúrico - 5 min
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Escarificação Mecânica
Flamboyant	<i>Delonix regia</i>	Água ( 80o C ) - 5 min
Fava barbatimão	<i>Stryphnodendron austrigens</i>	Ácido Sulfúrico - 15 min
Fava barbatimão	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Água - Ambiente - 12:00 h
Guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i>	Água ( 90o C ) - 1 min
Guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i>	Escarificação Mecânica
Guatambu	<i>Aspidosperma ramiforum</i>	Imersão em água parada por 4:00 h
Ipê-felpudo	<i>Zeyhera tuberculosa</i>	Imersão em água parada por 15:00 h
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Escarificação com lixa
Leucena	<i>Leucena leucocephala</i>	Ácido Sulfúrico - 20 min
Leucena	<i>Leucena leucocephala</i>	Água - Ambiente - 12:00 h
Mutambo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Ácido Sulfúrico - 5 min
Mutambo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Água ( 90o C ) - 1 min
Olho-de-dragão	<i>Adenantha pavonina</i>	Escarificação Mecânica
Olho-de-dragão	<i>Adenantha pavonina</i>	Ácido Sulfúrico - 35 min
Olho-de-cabra	<i>Ormosia arborea</i>	Escarificação Mecânica
Olho-de-cabra	<i>Ormosia arborea</i>	Ácido Sulfúrico - 35 min
Orelha de negro	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Ácido Sulfúrico - 90 min
Orelha de negro	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Escarificação mecânica
Pau ferro	<i>Caesalpinia leiostachya</i>	Ácido Sulfúrico - 45 segundos
Pau marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	Escarificação Mecânica
Sabão-de-soldad	<i>Sapindus saponaria</i>	Ácido Sulfúrico - 1:00 h
Saguaragi	<i>Colubrina glandulosa</i>	Água ( 90o C ) - 1 min
Sangra D'Água	<i>Croton urucurana</i>	Choque Térmico

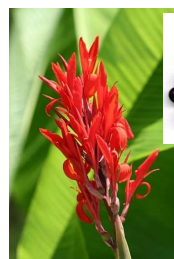
Fonte: IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (<http://www.ipef.br/tecsementes/dormencia.asp>)

**Dormência****Quebra da dormência**

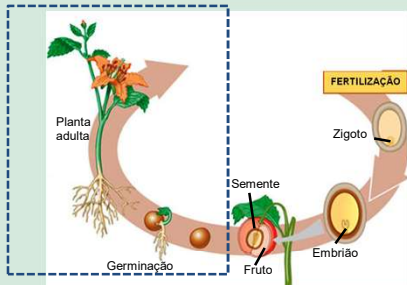
- 1) Estratificação:** tratamento de baixa temperatura (4-6°C) em sementes embebidas.
- 2) Escarificação:** abrasão, perfuração, imersão em corrosivos, solventes orgânicos ou água quente. **Na natureza:** trato digestivo de animais, gradiente térmico, ataque de insetos ou microorganismos, queimadas, etc
- 3) Lixiviação:** lavagem em água corrente. Na natureza: chuva
- 4) Tratamento químico:** embebição em reguladores de crescimento (ou nitrato).

**Dormência****Dormência e longevidade***Nelumbo nucifera***466 anos***Phoenix dactylifera***~2000 anos**

Porteous et al., 2019. Front. Plant Sci.

*Canna compacta***600 anos**

Fonte: Priestley &amp; Posthumus (1982) 299: 148-149.



### Tópicos importantes:

- Tipos de dormências.
- Fotodormência e equilíbrio de ABA/GAs.
- Viabilidade e longevidade.

Quiz