

# **Senescência e morte no contexto da pós-colheita**

## **Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita**

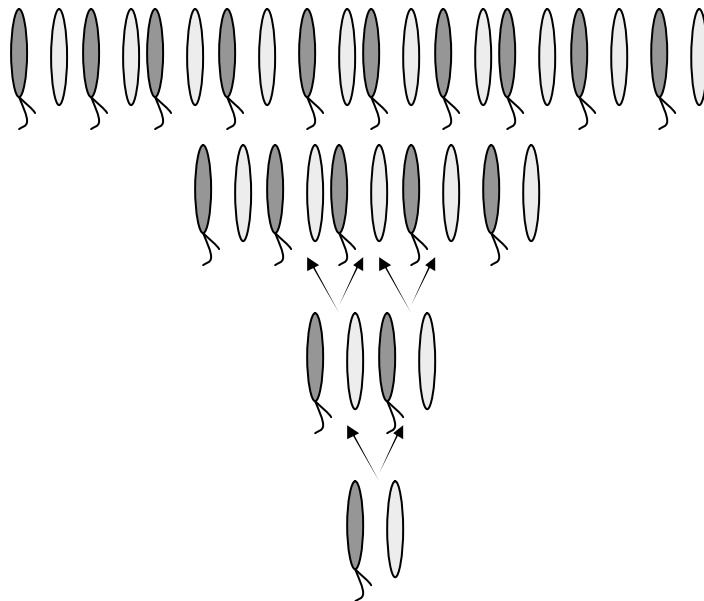
Pós-graduação em Fruticultura  
Instituto Superior de Agronomia

Domingos P. F. Almeida

**Quando surgiu a morte?**

## Origem Evolutiva da Senescência e Morte

- Big Bang  $15-20 \times 10^9$  anos
- Estrelas  $10-15 \times 10^9$  anos
- Planeta Terra  $\sim 4,5 \times 10^9$  anos
- Primeiros fósseis  $\sim 3,1 \times 10^9$  anos
- Fotossíntese  $> 2 \times 10^9$  anos
- Sexo, Senescência e Morte  $\sim 1 \times 10^9$  anos

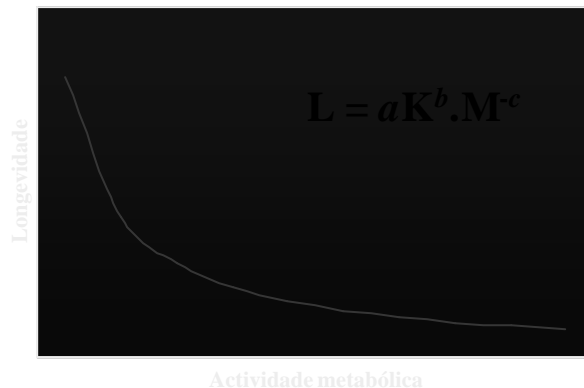


## Questões Fundamentais da Biogerontologia

- Porque é que os organismos senescem?
- Porque é que os organismos morrem?
- Quais são os factores que determinam a longevidade?

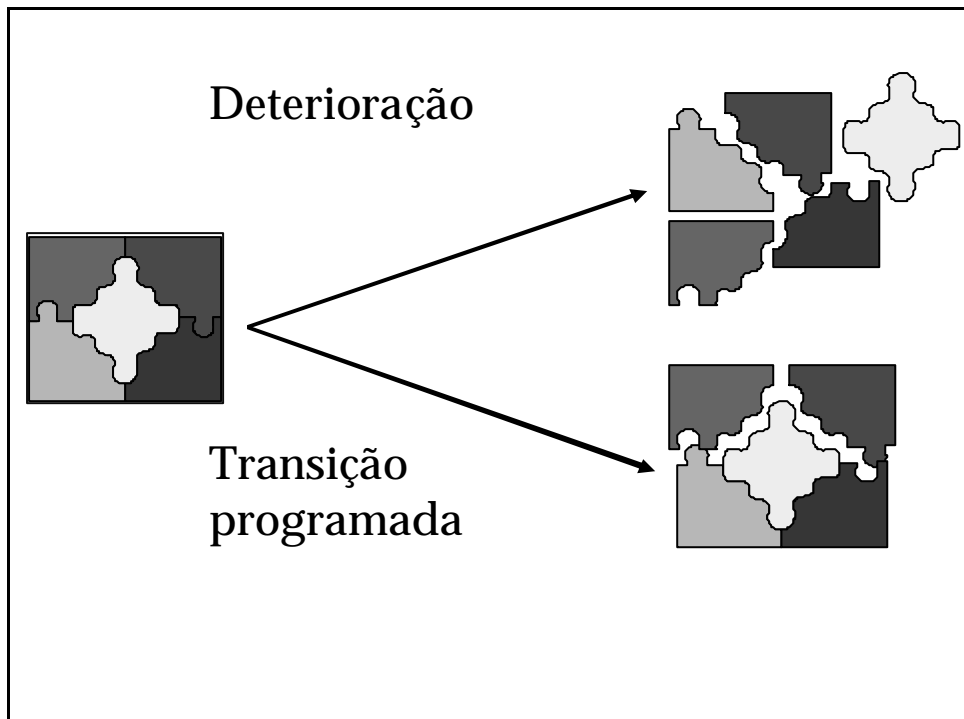
## Causas da Morte

Teoria física - Segunda Lei da Termodinâmica (George Sacher)



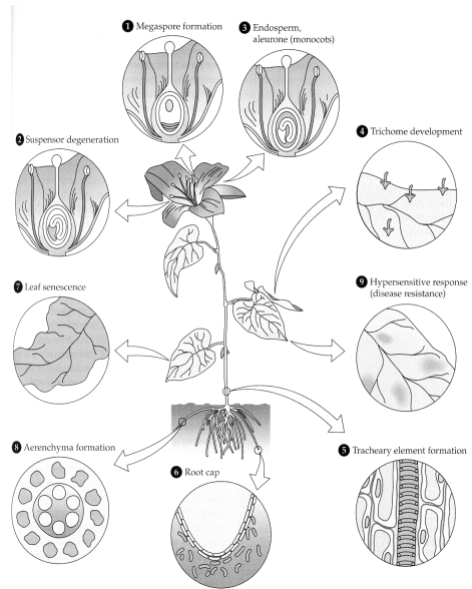
## Causas da Morte

- **Teorias Fisiológicas**
  - Acumulação de produtos tóxicos
  - Radicais livres
- **Teorias Genómicas**
  - Corpo descartável
  - Teoria da programação genética



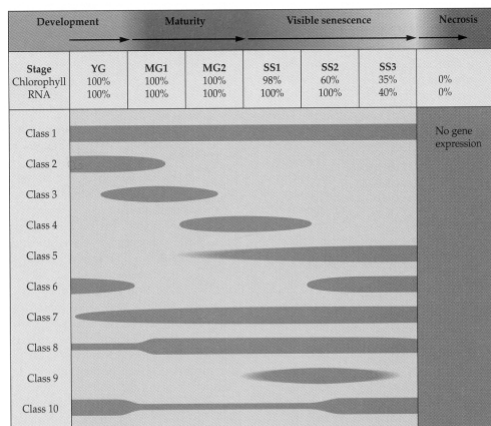
# Morte Celular Programada nas plantas

Resposta hipersensitiva  
 Aerenquima  
 Camada de aleurona  
 Células da coifa  
 Traqueídeos  
 Senescência  
 Tricomas  
 Suspensor  
 Óvulos não fecundados  
 Deiscência das anteras



(Buchanan et al., 2000)

# Tipos de expressão de genes associados à senescência



**Figure 20.14**  
 Stages in *Brassica napus* leaf senescence. Senescence-associated genes (SAGs) are divided into 10 classes according to their temporal pattern of expression. Concentrations of chlorophyll and RNA are quantified as percentages of the concentrations of chlorophyll and RNA present in a mature expanded leaf. YG, fully expanded leaf; MG1, leaves from flowering plants; MG2, leaves from plants with developing siliques; SS1, SS2, and SS3, leaves from plants having 98%, 60%, and 35% of green leaf chlorophyll, respectively.

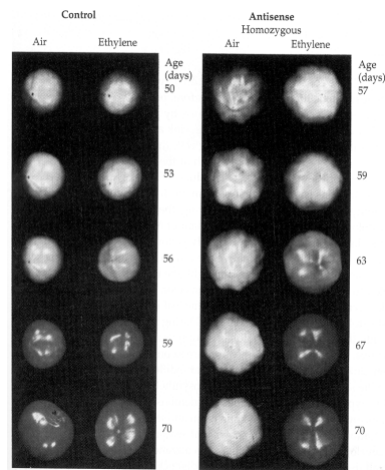
(Buchanan et al., 2000)

## Alterações durante a senescência

- **Degradação da clorofila**
  - **Evolução dos plastídeos**
    - Gerontoplastos (folhas)
    - Cromoplastos (frutos)
- **Metabolismo dos fenilpropanóides**
- **Metabolismo das proteínas**
  - Folhas
  - Frutos
- **Degradação dos ácidos nucleicos**
  - Aumento da actividade de algumas ribonucleases (RNases)

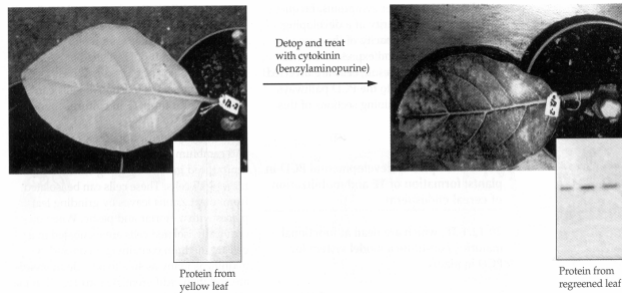
## Regulação endógena da senescência

### Efeito do antisense de ACC sintase



## Regulação endógena da senescência

Citocininas são antagonistas da senescência



Folha de tabaco senescente.

Corte do caule e aplicação de benzilaminopurina reverte a senescência

(Buchanan et al., 2000)

## As perguntas difíceis sobre a senescência

- Porque terá a evolução produzido células (base da vida) tão fáceis de destruir?
- Porquê incorporar nas proteínas mais necessárias à vida pontos de fragilidade, tornando-as susceptíveis aos ataques das caspases?
- Porque desenvolver um mecanismo de autodestruição?
- 
- Será que as células foram feitas para morrer?

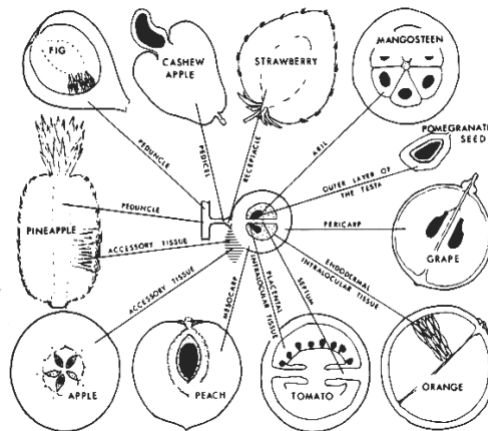
# Desenvolvimento e conseqüências da colheita

## Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita

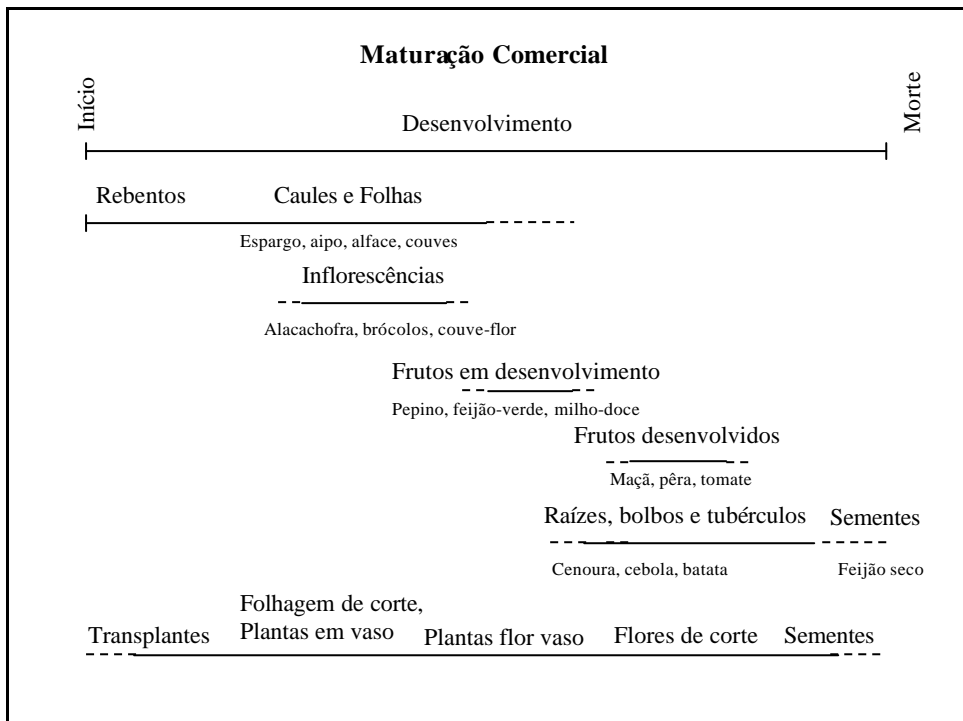
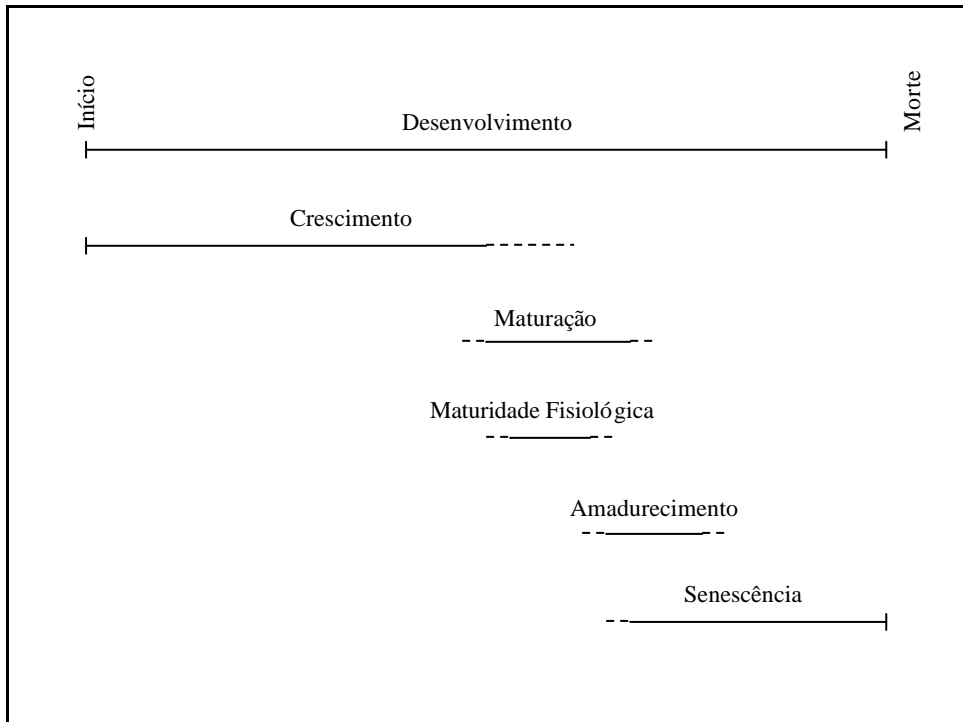
Pós-graduação em Fruticultura  
Instituto Superior de Agronomia

Domingos Almeida

## Estruturas Morfológicas Frutos







## Curvas de crescimento dos órgãos vegetais

- **Sigmóidal**

- **Fase I – exponencial**

$$m = m_0 e^{kt}$$

- **Fase II – linear**

$$m = kt$$

- **Fase III - monomolecular**

$$m = a(1 - be^{-kt})$$

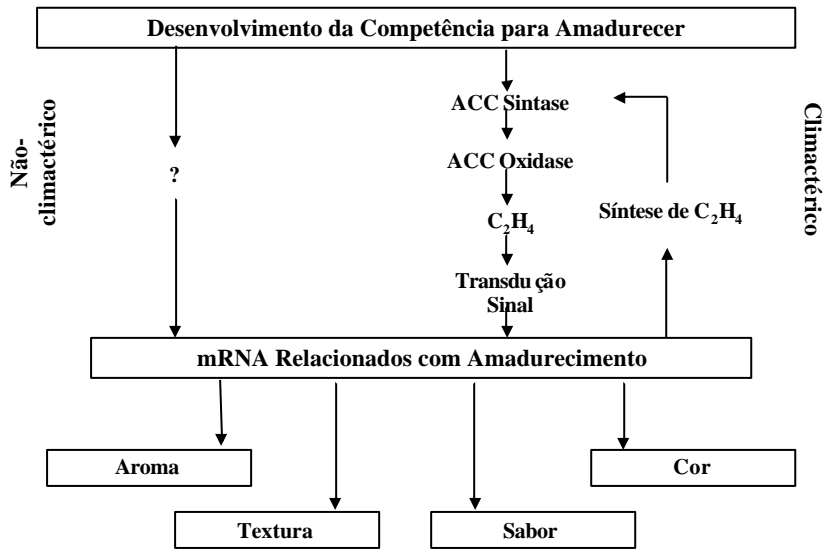
## Alterações durante o amadurecimento

---

Tamanho	Crescimento do fruto ou tamanho constante
Cor	Degradação da clorofila e desmontagem do aparelho fotossintético Síntese de antocianinas Síntese de carotenos
Textura	Alterações da estrutura e composição da parede celular
Aroma e sabor	Acumulação de açúcares Diminuição do teor em ácidos Produção de taninos Produção de voláteis
Alterações metabólicas	Regulação das rotas metabólicas alterada Alterações na expressão genética: <ul style="list-style-type: none"><li>• Desaparecimento de alguns mRNA</li><li>• Aparecimento de mRNA específicos do amadurecimento</li></ul>

---

## Regulação do amadurecimento



## Índices de maturação

O que são?

Exemplos

Para que servem?

## Índices de maturação

- **Importância**
  - Legislação e regulamentos comerciais,
  - Facilitar a comercialização e normalização,
  - Qualidade sensorial, nutritiva e duração pós-colheita adequada,
  - Previsão da data de colheita,
  - Programação do uso de trabalho e equipamentos
- **Características de um bom índice de maturação**
  - Simples, fácil de determinar no campo
  - Requerer equipamento económico
  - Relacionado com a qualidade e vida pós-colheita de forma consistente (local, ano)
  - Ter uma variação progressiva com a maturação
  - Objectivo (medição) em vez de subjectivo
  - Não destrutivo (se possível)

## Exemplos de índices de maturação para frutas

<b>Índice</b>	<b>Exemplos de produtos</b>
Dias desde a floração à colheita	Maçã, pêra
Dias-grau durante o desenvolvimento	Maçã
Desenvolvimento da camada de abscisão	Maçã, feijoa
Morfologia da superfície	Formação da pruína em uvas
Tamanho	Todos os frutos e muitas hortaliças
Densidade	Cereja
Forma	Banana, manga
Firmeza	Maçã, pêra, prunoideas
Cor externa	Todos os frutos
Cor e estrutura interna	Cor da polpa em diversos frutos

## Exemplos de índices de maturação para frutas

Índice	Exemplos de produtos
Sólidos solúveis	Abacate, kiwi
Teor de amido	Maçã, pêra
Teor de açúcar	Uva, maçã, pêra, prunóideas
Teor de ácidos ou açúcar/ácidos	Romã, citrinos, papaia, kiwi
Teor em sumo	Citrinos
Teor em óleo	Abacate, azeitona
Taninos, adstringência	Diospiro
Produção de etileno	Maçã, pêra

(Reid 1992)

## Limitações na aplicação dos índices de maturação

- **Equilíbrio qualidade vs. duração pós-colheita**
- **Imaturo vs. Maduro**
- **Utilização de vários índices**
- **Relação com os elementos do clima**

## Classificação com base no comportamento pós-colheita

<b>Grupo</b>	<b>Características gerais</b>
Órgão imaturos em crescimento rápido	Altamente perecíveis Taxa de respiração elevada Alterações de composição rápidas Perda de peso é causa importante de deterioração Crescimento pós-colheita pode ser problema
Frutos maduros	Perecibilidade muito variável Sofrem alterações fisiológicas e de composição relacionadas com amadurecimento Problemas patológicos

## Classificação com base no comportamento pós-colheita

<b>Grupo</b>	<b>Características gerais</b>
Órgãos de armazenamento e propágulos carnudos	Pouco perecíveis Taxa de respiração baixa Crescimento pós-colheita
Sementes maduras e frutos secos	Muito pouco perecíveis Taxa de respiração muito baixa Teor de humidade importante na conservação Germinação

## **Consequências da colheita**

- **Ferimentos**
- **Interrupção do fornecimento de água**
  - Perda de turgescência
- **Alteração da atmosfera interna**
- **Capacidade receptora (*sink strength*) e consequências da colheita**
  - **Órgãos maduros**
    - Frutos climactéricos: Ontogenia
    - Outros órgãos
  - **Órgãos imaturos: resposta à fome**
- **Senescência**