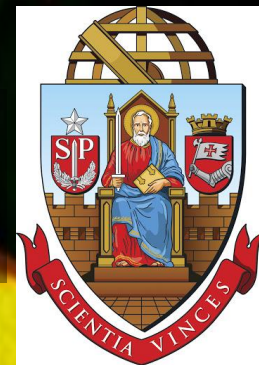


**LPV5711 - Citricultura (2020)**  
**Prof. Dr. Francisco de Assis Alves Mourão Filho**



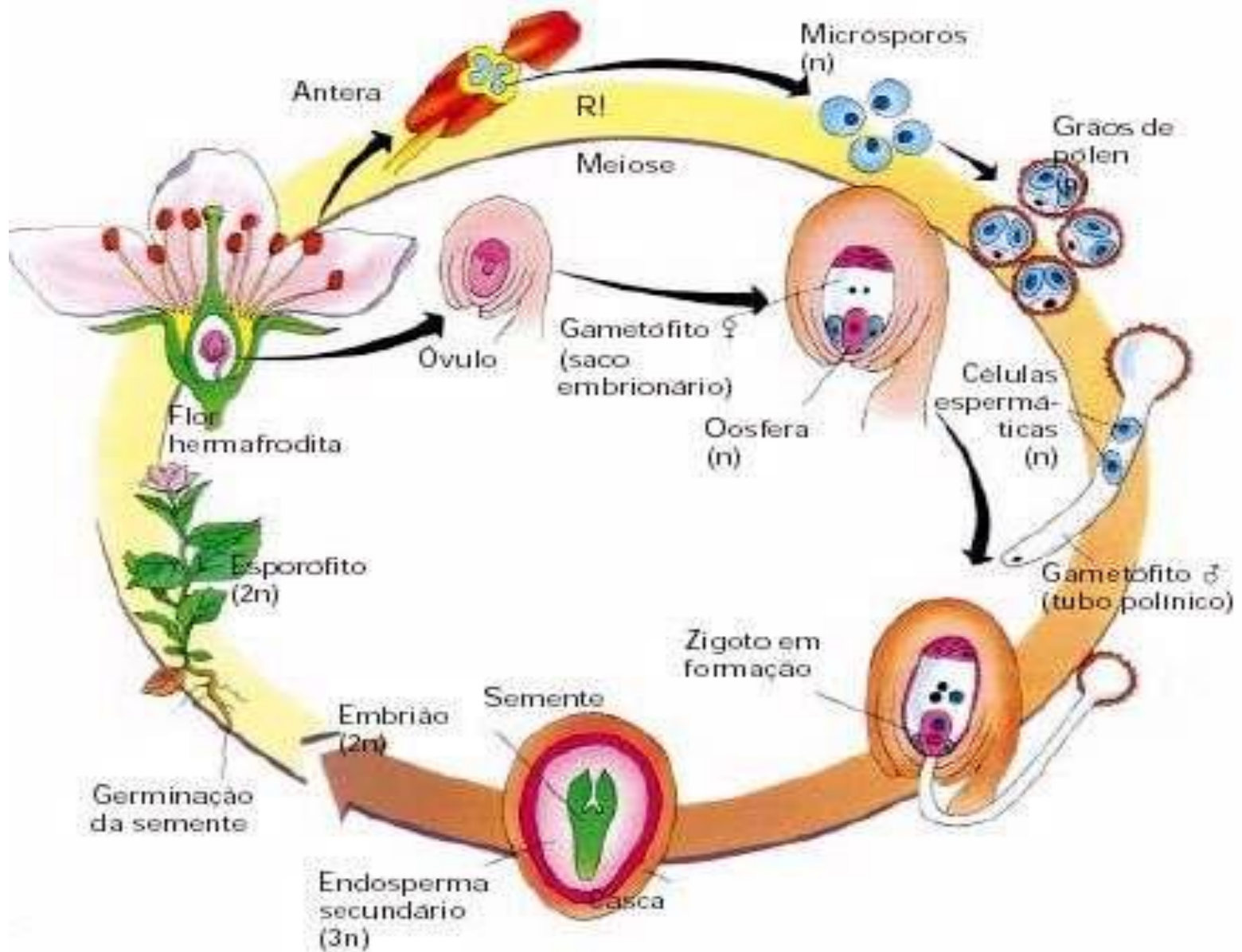
# **Seminário: Apomixia e Poliembrionia em Citros**

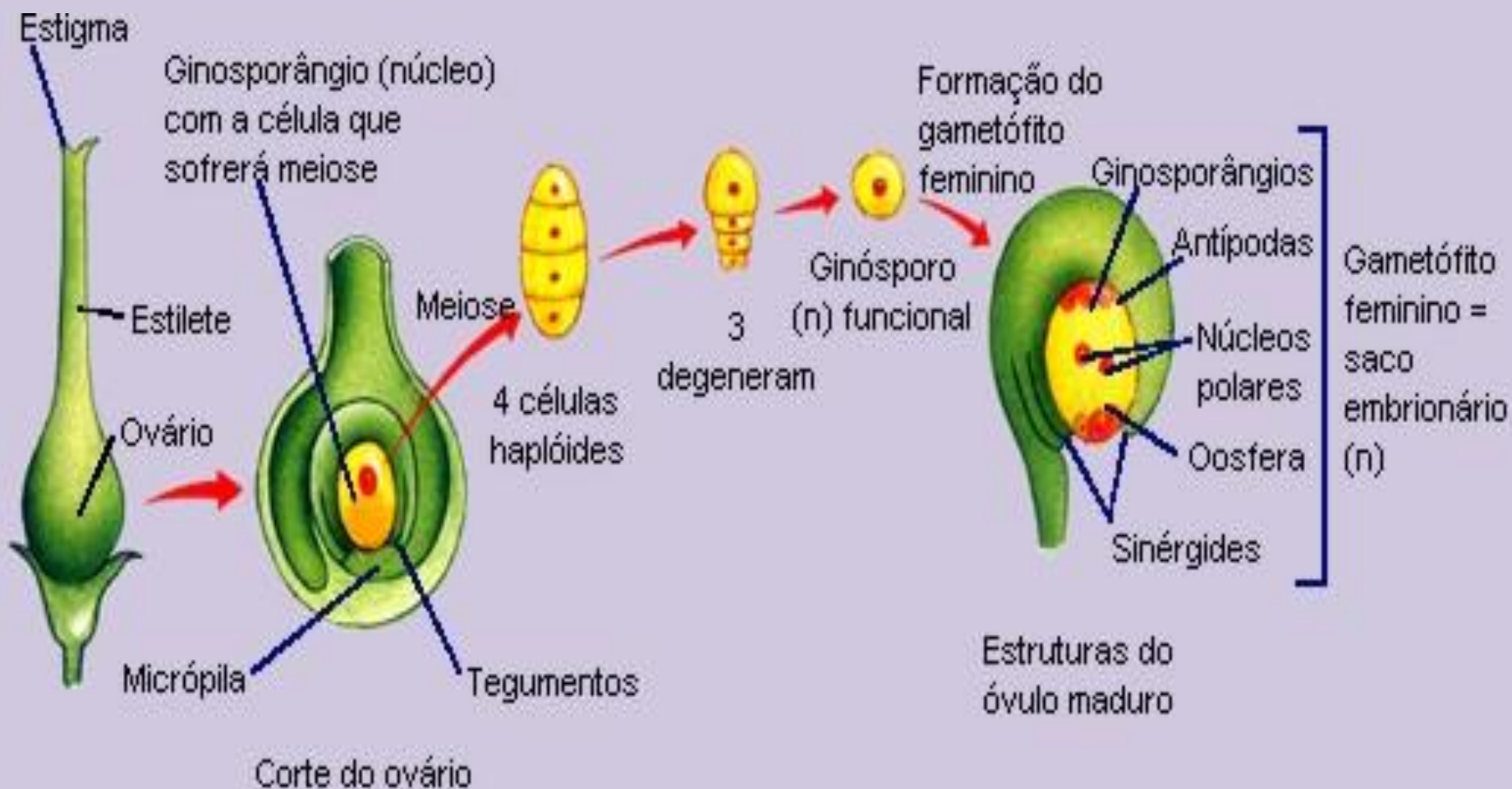
**Aluna: Mariana T. Florencio**  
**Dezembro 2020**

# Índice

- Reprodução sexuada
- Apomixia e Poliembryonia
- Semelhanças entre apomixia e poliembryonia
- Diferença entre Apomixia e Poliembryonia
- Tipos de Apomixia
- Vantagens e Desvantagens da Apomixia
- Genética da Apomixia
- Incorporação da Apomixia no Melhoramento de Espécies não-apomíticas
- Poliembryonia

# Reprodução Sexuada



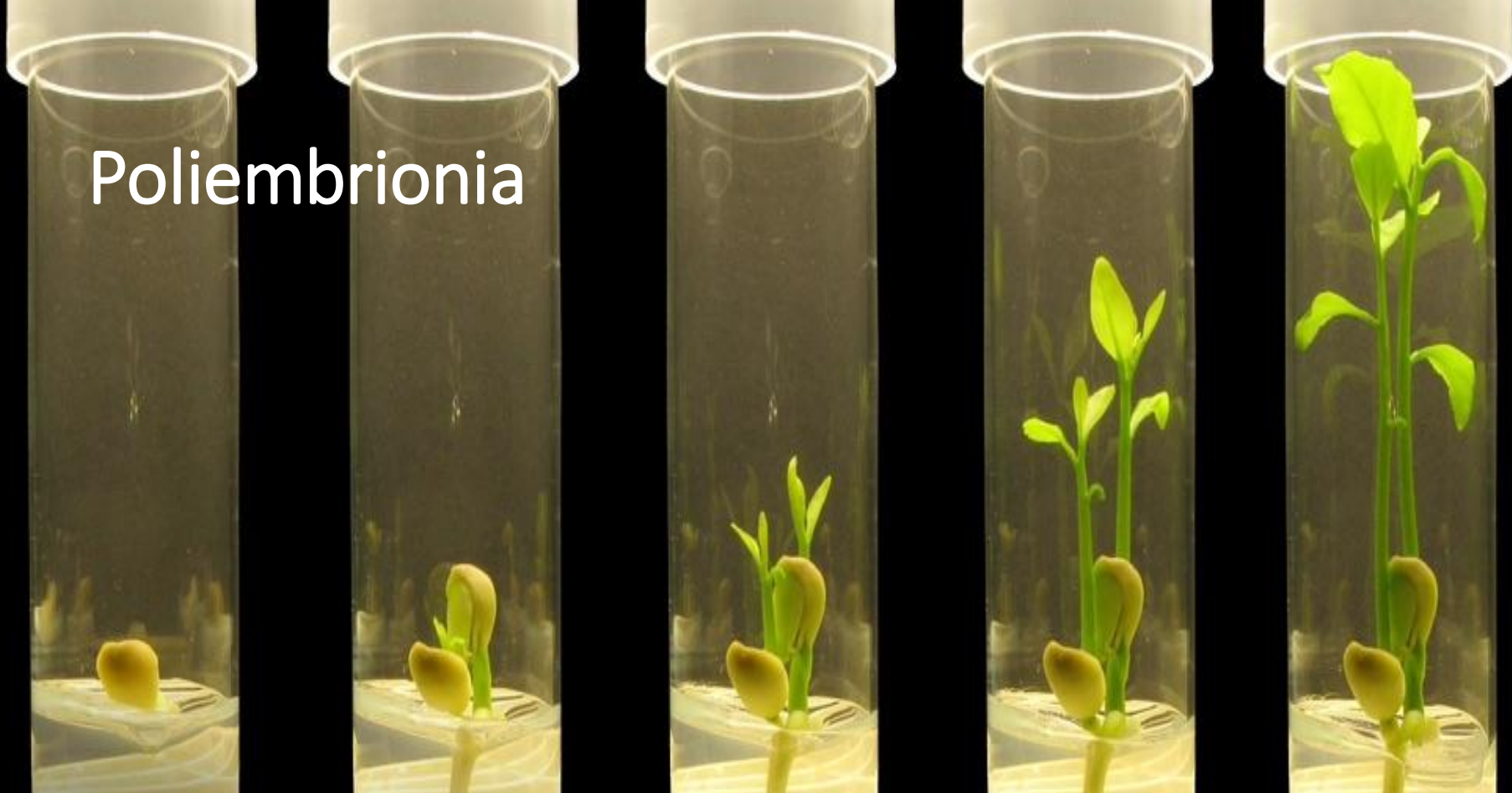


# Apomixia

A close-up photograph of a white flower's reproductive parts. The image shows several stamens with yellowish-brown anthers and a central ovary. The background is dark and out of focus, highlighting the intricate details of the flower's structure.

- Apomixia é um modo de **reprodução assexuada** por sementes de grande interesse por seu potencial de aplicação biotecnológica. A progênie de uma planta apomítica é idêntica à planta-mãe.

# Poliembrionia



- **Poliembrionia é a formação de dois ou mais embriões a partir de um único óvulo fertilizado.** Portanto, cada embrião é geneticamente idêntico, mas nenhum deles é geneticamente idêntico ao pai. Por causa disso, a poliembrionia é diferente da reprodução assexuada, como brotamento ou reprodução sexual regular.



# Semelhanças entre apomixia e poliembriõnia

A close-up photograph of a person's face in profile, looking at a fruit on a tree. The person has a beard and is wearing a green shirt. The fruit is yellow and green, and the tree has green leaves. The background is blurred.

- Apomixia e poliembriõnia sãõ dois métodos de reprodução em plantas.
- Ambos sãõ responsáveis pela produção de vários indivíduos geneticamente idênticos.
- Além disso, sãõ métodos alternativos de reprodução para reprodução assexual ou sexual regular.
- No entanto, cada embrião formado em ambos os métodos contém o mesmo número de cromossomos que a mãe.



# Diferença entre Apomixia e Poliembryonia

A close-up photograph of a person's hands holding two ripe, yellow-orange fruits (likely oranges or lemons) from a tree branch. The person is wearing a colorful, patterned shirt. The background is filled with green leaves and branches of the tree, creating a natural, outdoor setting.


- **Definição**
- **Tipo de Reprodução**
- **Submetido a fertilização**
- **Formação de Sementes**
- **Identidade genética**

# TIPOS DE APOMIXIA



- O termo apomixia no seu sentido mais amplo significa "longe do ato da **mistura**", pois apo quer dizer "longe de " e mixia, "mistura" (Winkler apud ASKER & JERLING, 1992); é sinônimo de **formação assexual** da semente ou agamospermia (ASKER & JERLING, 1992).
- A apomixia proporciona uma oportunidade única **de clonagem de plantas através da semente** e por isso tem um importante papel como ferramenta no melhoramento de plantas (HANNA & BASHAW, 1987).

ovules



• 300 espécies incluídas em 95 gêneros de 35 famílias de monocotiledôneas e dicotiledôneas.

• Dentre as famílias de angiospermas as que se caracterizam por uma maior frequência de apomixia são as famílias Gramineae (Poaceae), Compositae e Rosaceae (Nygren *apud* BROWN & EMERY, 1958; MARSHALL & BROWN, 1981) e espécies de Rutáceas como *Citrus* spp. (ASKER & JERLING, 1992).

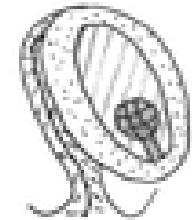
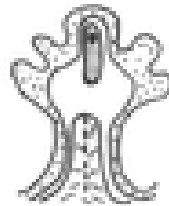


- A distinção entre os processos apomíticos é baseada no **sítio de origem** e subsequente padrão de **desenvolvimento da célula** que dá origem ao embrião. A origem e o desenvolvimento desta célula podem ser determinados por estudos citológicos em ovários jovens onde a megasporogênese e o desenvolvimento do saco embrionário estejam ocorrendo (BASHAW, 1980) ser do tipo **esporofítica ou gametofítica**.

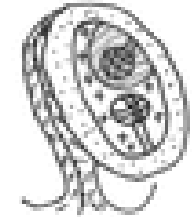
# TIPOS DE APOMIXIA

**Apomixia**

**Diplosporia**



**Aposporia**



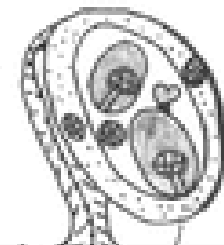
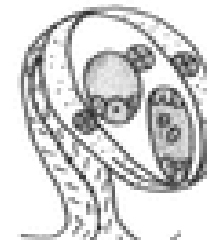
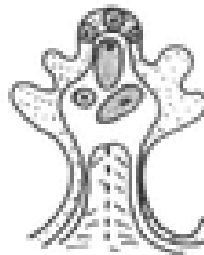
**Embrionia  
adventícia**



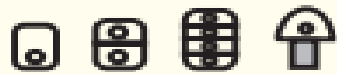
**processo  
misto**



**aposporia  
e sexual**



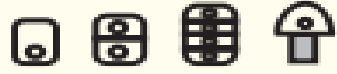
# Desenvolvimento



3 mitoses



Reprodução sexual



3 mitoses



**Embrionia adventícia**

Apomixia esporofítica



3 mitoses

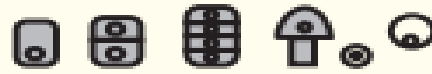


*Antennaria Taraxacum Ixeris*

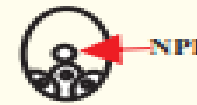


**Desenvolvimento autônomo do embrião e endosperma**

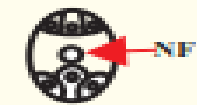
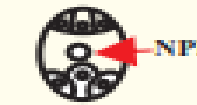
Apomixia gametofítica



2 mitoses



3 mitoses



**Desenvolvimento autônomo do embrião e endosperma**

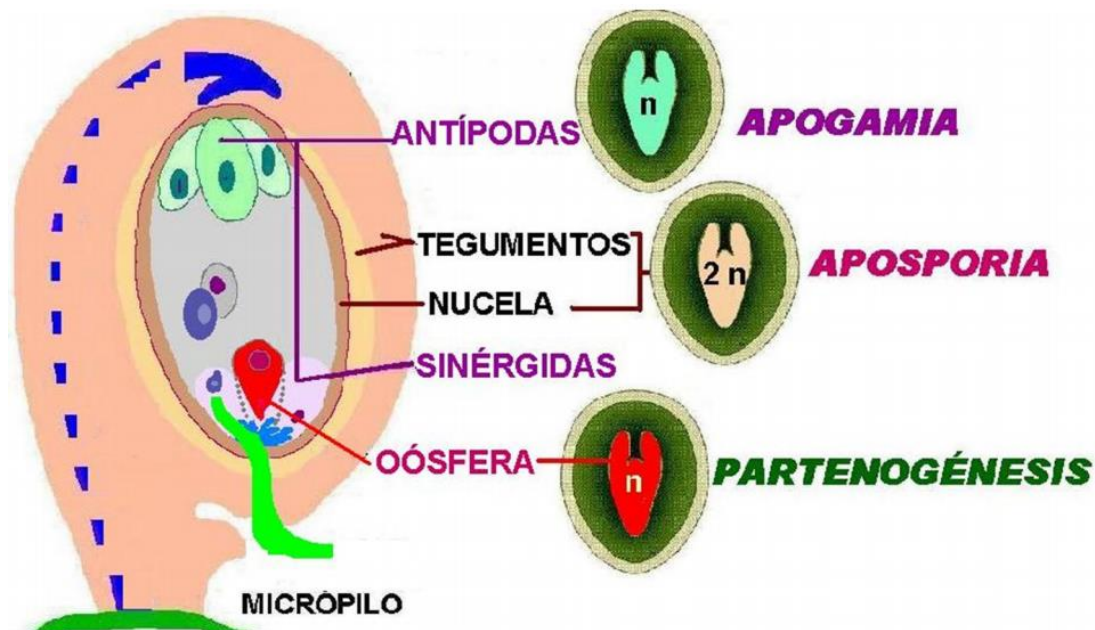
**Aposporia**

**Pseudogamia**

# Apomixia gametofítica

## AOSPORIA

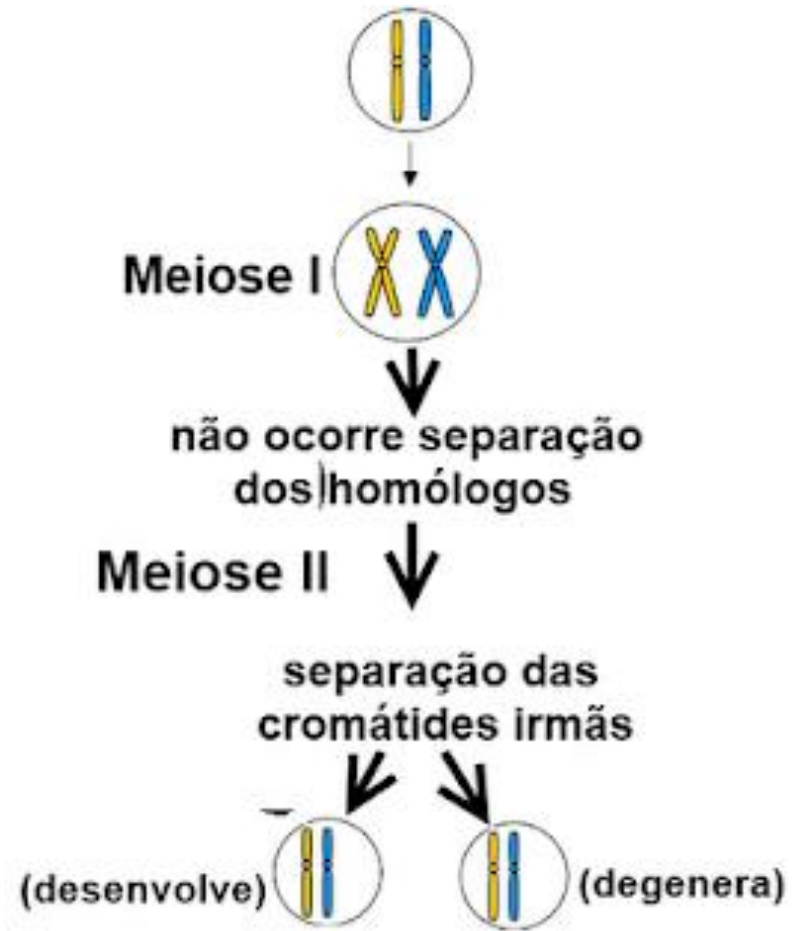
- Neste processo há formação de um **saco embrionário a partir de células do nucelo**. Tais células são chamadas de 'apósporos iniciais' e se assemelham à célula mãe de megásporo, possuindo um grande núcleo e citoplasma denso.



# Apomixia gametofítica

## DIPLOSPORIA MITÓTICA

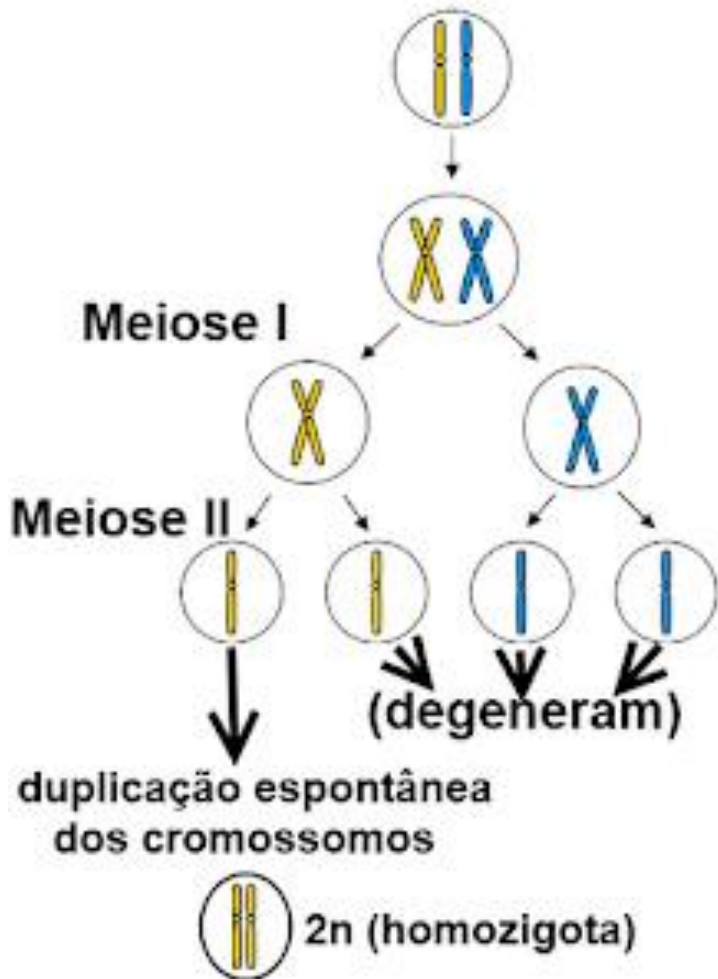
- Neste tipo de reprodução o **embrião se desenvolve de um saco embrionário derivado da célula mãe de megásporo**, cuja meiose é alterada, não ocorrendo a redução do número de cromossomos.
- 
- Ou seja, **não ocorre a separação** dos homólogos na meiose I por falta de homologia de pareamento de homólogos.
- 
- Já na meiose II **ocorre a separação** das cromátides-irmãs, quando um dos megásporos degenera, ficando apenas um funcional.





# Apomixia gametofítica

## DIPLOSPORIA MEIÓTICA

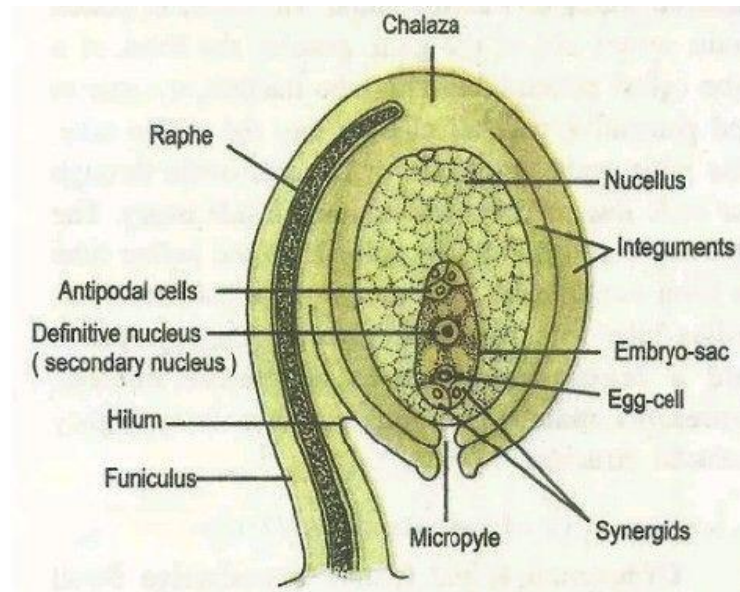


Neste caso, ocorre a **redução de cromossomos na meiose I** e separação das cromátides na meiose II. Das 4 células formadas, três se degeneram e a única célula que se desenvolve duplica espontaneamente os cromossomos.

Assim ela **volta a ser diploide**, mas é geneticamente diferenciada da célula original. Neste processo há o aumento da homozigose nos descendentes.

# EMBRIONIA ADVENTÍCIA ou Esporofítica

- O embrião é formado diretamente de uma **célula somática do óvulo**, sem que haja formação do saco embrionário e célula-ovo. Este processo é também denominado **embrionia adventícia ou nucelar**. Ele ocorre tarde no desenvolvimento do óvulo, ocorrendo geralmente em óvulos maduros. A embrionia adventícia **não exclui a formação de um embrião de origem sexual**, sendo comumente encontrada em espécies de *Citrus* (ASKER, 1979; KOLTUNOW, 1993).



# OBSERVAÇÕES

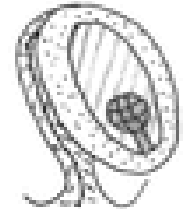
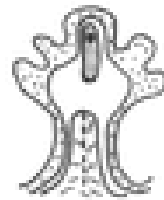
- Caso ocorra embrionia adventícia em um óvulo fecundado forma-se uma **semente poliembriônica**, cujos embriões podem coexistir, compartilhando um mesmo endosperma.
- A embrionia adventícia é **quase sempre facultativa**, isto é, ela coexiste com a sexual numa mesma população, em uma mesma planta mãe ou numa mesma semente.

# Processo misto

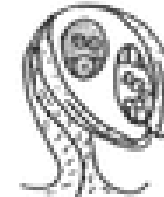
- A apomixia e a reprodução sexual podem ocorrer simultaneamente numa mesma planta ou ainda no mesmo óvulo

## Apomixia

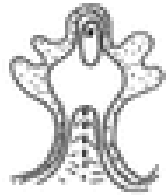
Diplosporia



Aposporia



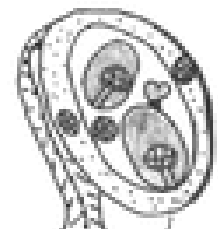
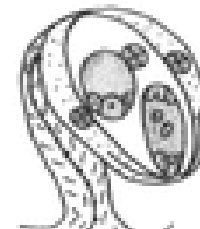
Embrionia adventícia



processo misto



aposporia e sexual





## VANTAGENS E DESVANTAGENS DA APOMIXIA

- Imediata fixação de qualquer genótipo superior selecionado no processo de melhoramento
- Em ***Citrus spp.*** a apomixia tem sido usada para a produção de porta-enxertos livres de vírus (Parlevliet & Cameron apud HANNA & BASHAW, 1987).
- O processo de produção de híbridos comerciais poderia ser feito a um custo bastante inferior ao atual através do uso da apomixia,
- forte empecilho para o melhoramento de espécies nas quais ele é encontrado
- A ausência total ou parcial de recombinação gênica e a conseqüente baixa variabilidade
- limita a variabilidade da espécie à ocorrência espontânea de mutações

# GENÉTICA DA APOMIXIA

- A descoberta de que a apomixia é geneticamente controlada foi de grande importância para o melhoramento de espécies apomíticas, pois possibilita a manipulação deste modo de reprodução no programa de melhoramento.
- As características ideais dos genes que controlam a apomixia num programa de melhoramento são citadas por HANNA & BASHAW (1987) como sendo: herança simples, dominância, expressão obrigatória, estabilidade ambiental e formação normal do embrião e endosperma.

# INCORPORAÇÃO DA APOMIXIA NO MELHORAMENTO DE ESPÉCIES NÃO-APOMÍTICAS

- Esta **transferência da apomixia** é feita por meio de **cruzamentos** e seu sucesso depende do tipo de regulação gênica da apomixia e da distância genética entre as espécies.
- A transferência de genes que controlam a apomixia de uma espécie selvagem para uma cultivada requer, segundo HANNA & BASHAW (1987), populações grandes e métodos eficientes de seleção. De acordo com estes autores, a transferência da apomixia entre gêneros poderia ser atingida pelo emprego de **técnicas moleculares**.
- Tem-se ainda o caso em que a espécie a ser melhorada não possui nenhuma espécie apomítica relacionada. Nesta situação, a única maneira de introduzir a apomixia na espécie alvo do melhoramento seria por meio de **mutações espontâneas ou induzidas, ou ainda por engenharia genética** (ASKER & JERLING, 1992).

# INCORPORAÇÃO DA APOMIXIA NO MELHORAMENTO DE ESPÉCIES NÃO-APOMÍTICAS

As plantas apomíticas facultativas têm sido usadas em processos mais recentes de melhoramento genético.

**A sua vantagem é possibilitar a imediata fixação de qualquer genótipo superior** selecionado no processo de melhoramento, permitindo o desenvolvimento de plantas idênticas com alto grau de heterozigose.

**Todavia, este tipo de reprodução também está associado ao baixo índice de cruzamentos**, nos casos em que é obrigatória, ou á instabilidade da cultivar nos casos em que é facultativa.

O interesse atual de utilização da apomixia para melhoramento vegetal reside **na transferência da apomixia para diferentes culturas**, em que este fenômeno não ocorra naturalmente para otimizar a **fixação de genes selecionados**.



# POLIEMBRIONIA

- A poliembrionia, como o próprio nome diz, refere-se à presença de mais de um embrião na semente, podendo variar de dois a algumas dezenas
- Na seleção de variedades **porta-enxerto** comerciais de citros, a alta poliembrionia está entre as principais características agrônômicas desejadas.

1 cm

## Três são as possibilidades de formação de embriões adicionais em Citrus, além do sexual :

- 1) O modo comum de se formarem embriões adicionais em Citrus é pelo crescimento de **células do nucelo**, havendo ligeira preferência das células da região do micrópilo [ver STRASSBURGER (1878), OSAWA (1912), WEBBER (1900, 1931) e TRAUB (1931)].
- 2) A possibilidade de o **embrião sexual dividir-se em dois**, que, neste caso, são gêmeos idênticos; esta divisão dá-se num estágio jovem do embrião, quando este ainda é formado por poucas células, conforme citação de FROST (1926).
- 3) Pela formação **de dois sacos embrionários**, o que daria também dois embriões sexuais; caso mostrado por BACCHI (1944). Aqui devemos frisar que, nos dois últimos processos, temos uma duplicação de embriões sexuais.



## Grau de poliembrionia

O grau de poliembrionia em uma variedade ou forma de Citrus pode variar de semente para semente, de fruto para fruto, de árvore para árvore e até de ano para ano, na mesma planta.

Para se ter uma ideia exata sobre o grau de poliembrionia de uma variedade ou forma cítrica é necessário que sejam **examinadas muitas sementes**, provenientes de vários frutos produzidos em diversas plantas e de mais de uma colheita.

A determinação deve ser feita pela **contagem direta dos embriões** nas sementes, porquanto na contagem em sementeira, após a germinação, sempre se obtém um grau de poliembrionia inferior ao real.

# Viveiristas /Melhoristas

**Viveirista** de citros, que realiza a propagação vegetativa de porta-enxertos via sementes, **quanto mais alta a poliembrionia**, tanto mais segura será a multiplicação das variedades com as quais pretende trabalhar, em razão da garantia de que as plantas resultantes (seedlings ou plantas oriundas da germinação de sementes) tenham a mesma constituição genética da cultivar a ser propagada.

De forma contrária, quando o objetivo é a **produção de híbridos**, em programas de melhoramento genético, **quanto menor for o grau de poliembrionia** do parental feminino utilizado em cruzamentos, tanto maior será a frequência de híbridos obtidos.



Ipê-dourado

# The Citrus Industry

## VOLUME V

BIOLOGY OF CITRUS INSECTS, MITES, AND MOLLUSKS;  
CHEMICAL CONTROL; POSTHARVEST DISORDERS AND DISEASES;  
CITRUS REPLANT PROBLEMS; CITRUS RESEARCH IN CALIFORNIA



Edited by  
WALTER REUTHER  
E. CLAIR CALAVAN  
GLENN E. CARMAN

Revised Edition • Division of Agriculture and Natural Resources • University of California

# Obrigada!



Fonte: <https://www.citrusbytalia.com/>

**Citrus by Talia is a sustainable jewelry line. All pieces are handcrafted out of real citrus. Each pair is uniquely different. Wear the earth.**

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASKER, S. Progress in apomixis research. **Hereditas**, Lund, v. 91, p. 231-240, 1979.
- ASKER, S., JERLING, L. **Apomixis in plants**. Boca Raton: CRC Press, 1992. 298 p.
- BASHAW, E.C. Apomixis and its application in crop improvement. In: FEHR, W.R., HADLEY, H.H. **Hybridization of crop plants**. Madison: The American Society of Agronomy, 1980. Cap. 3. p.45-63. [ Links ]
- BENNETT, H.W, BURSON, B.L., BASHAW, E.C. Intraespecific hybridization in dallisgrass, *Paspalum dilatatum* Poir. **Crop Sci**, Madison, v. 9, p. 807-809, 1969. [ Links ]
- BROWN, W.V., EMERY, W.H.P. Apomixis in the Gramineae: Panicoideae. **Am J Bot**, Baltimore, v. 45, p. 253-263, 1958. [ Links ]
- BURSON. B.L., TISCHLER, C.R. Regeneration and somaclonal variation in apomictic *Paspalum dilatatum* Poir. **Euphytica**, Wageningen, v. 67, p. 71-78, 1993. [ Links ]
- BURTON, G.W., FORBES, Ur. The genetics and manipulation of obligate apomixis in common Bahia grass (*Paspalum notatum* FLUGGE). In: INT. GRASSLAND CONGR., 8., 1960. Reading, England. **Proceedings...** Reading, 1960. p. 66-71. [ Links ]
- CLEY, G., DE BOCK, T.S.M., LEKKERKERKER, B. Crosses between *Beta vulgaris* L. and *Beta lomatogona* F. et. M. **Euphytica**, Wageningen, v. 25, p. 539-547, 1976. [ Links ]
- DALE, M.R., AHMED, M.K., JELENKOVIC, G., *et al.* Characteristics and performance of interespecific hybrids between kentucky bluegrass and canada bluegrass. **Crop Sci**, Madison, v. 15, p. 797-799, 1975. [ Links ]
- DUJARDIN, M., HANNA, W.W. Production of 27-, 28-, and 56- chromosome apomictic hybrid derivatives between pearl millet (2n=14) and *Pennisetum squamulatum* (2n=54). **Euphytica**, Wageningen, v. 38, p. 229-235, 1988. [ Links ]

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HANNA, W.W., BASHAW, E.C. Apomixis: its identification and use in plant breeding. **Crop Sci**, Madison, v. 27, p. 1136-1139, 1987. [ Links ]
- HANNA, W.W., POWELL, J.B. Stubby head, an induced facultative apomictic in pearl millet. **Crop Sci**, Madison, v. 13, p.726-728, 1973. [ Links ]
- HANNA, W.W., SCHERTZ, K.F., BASHAW, E.C. Apospory in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Science**, Washington, v. 170, p. 338-339, 1970. [ Links ]
- HERMSEN, J.G. Breeding for apomixis in potato: pursuing a utopian scheme. **Euphytica**, Wageningen, v. 29, p. 595-607, 1980. [ Links ]
- HU, G., LIANG, G.H., WASSOM, C.E. Chemical induction of apomictic seed formation in maize. **Euphytica**, Wageningen, v. 56, p.97-105, 1991. [ Links ]
- KOLTUNOW, A.M. Apomixis: embryo sacs and embryos formed without meiosis or fertilization in ovules. **The plant cell**, Baltimore, v. 5, p. 1425-1437, 1993. [ Links ]
- KOLTUNOW, A.M., BICKNELL, R.A., CHAUDHURY, A.M. Apomixis: molecular strategies for the generation of genetically identical seeds without fertilization. **Plant Physiol.**, Lancaster, v. 108, p.1345-1352, 1995. [ Links ]
- LEBLANC, O., GRIMANELLI, D., GONZÁLEZ-DE-LEÓN, D., *et al.* Detection of the apomictic mode of reproduction in maize- *Tripsacum* hybrids using maize RFLP markers. **Theor Appl Genet**, Berlin, v. 90, p. 1198-1203, 1995. [ Links ]
- LUBBERS, E.L., ARTHUR, L., HANNA, W.W., *et al.* Molecular markers shared by diverse apomictic *Pennisetum* species. **Theor Appl Genet**, Berlin, v. 89, p. 636-642, 1994. [ Links ]
- MARSHALL, D.R., BROWN, A.H.D. The evolution of apomixis. **Heredity**, Essex, v. 47, p. 1-15, 1981. [ Links ]
- MATZK, F. New efforts to overcome apomixis in *Poa pratensis* L. **Euphytica**, Wageningen, v. 55, p. 65-72, 1991. [ Links ]



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MUJEEB-KAZI, A. Apomictic progeny derived from intergeneric *Hordeum-Triticum* hybrids. **The Journal of Heredity**, Washington, v. 72, p. 284-285, 1981. [ Links ]
- POWERS, L. Fertilization without reduction in guayule (*Parthenium argentatum* Gray) and a hypothesis as to the evolution of apomixis and polyploidy. **Genetics**, Chapel Hill, v. 30, p.323-346, 1945. [ Links ]
- SAVIDAN, Y.H., JANK, L., COSTA, J.C.G., *et al.* Breeding *Panicum maximum* in Brazil. 1. Genetic resources, modes of reproduction and breeding procedures. **Euphytica**, Wageningen, v. 41, p. 107-112, 1989. [ Links ]
- TALIAFERRO, C.M., BASHAW, E.C. Inheritance and control of obligate apomixis in breeding buffelgrass, *Pennisetum ciliare*. **Crop Sci**, Madison, v. 6, p. 473-476, 1966. [ Links ]
- VALLE, C.B. do, SAVIDAN, Y.H., JANK, L. Apomixis and sexuality in *Brachiaria decumbens* Stapf. In: INT. GRASSL. CONGR., 16., 1989. Nice, France. **Proceedings...**, Nice, 1989. p. 407-408. [ Links ]
- VANDIJK, G.E, WINKELHORST, G.D. Interspecific crosses as a tool in breeding *Poa pratensis* L. 1. *Poa longifolia* Trin x *Poa pratensis* L. **Euphytica**, Wageningen, v. 31, p. 215-223, 1982. [ Links ]
- VOIGT, P.W., BASHAW, E.C. Apomixis and sexuality in *Eragrostis curvula*. **Crop Sci**, Madison, v. 12, p. 843-847, 1972. [ Links ]