

“Aspectos da Reprodução em Angiospermas”

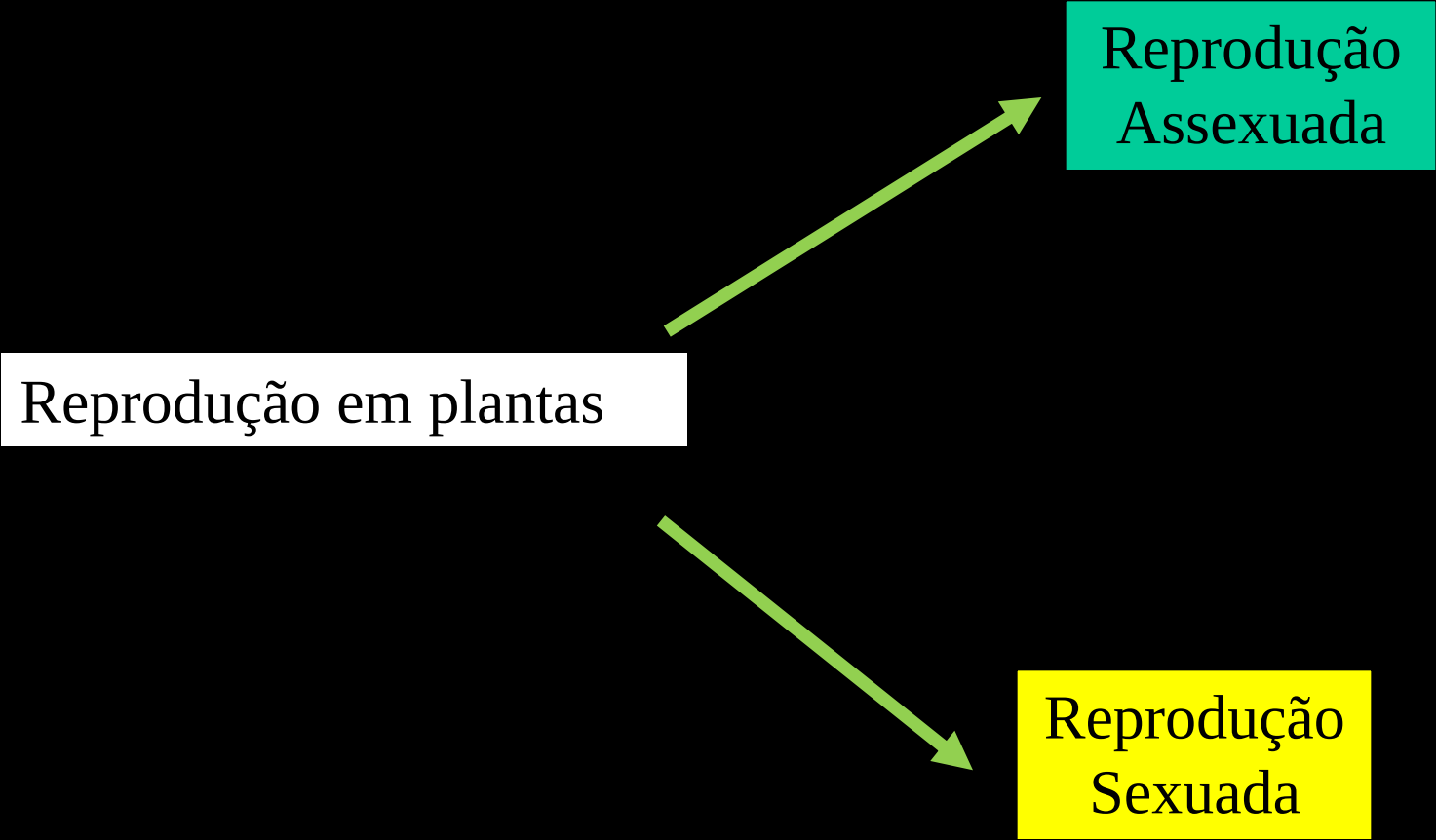


Kayna Agostini (UFSCar)
E-mail: kaynaagostini@gmail.com

Nesta aula serão abordados os seguintes conteúdos:

- 1) Tipos de reprodução
- 2) Sistemas Reprodutivos
- 3) Mecanismo para impedir autogamia
- 4) Biologia Floral
- 5) Recurso Floral
- 6) Sistemas de Polinização
- 7) Polinização como um serviço ecossistêmico
- 8) Frugivoria e Dispersão de Sementes

Reprodução em plantas



```
graph LR; A[Reprodução em plantas] --> B[Reprodução Assexuada]; A --> C[Reprodução Sexuada];
```

Reprodução
Assexuada

Reprodução
Sexuada

Reprodução Assexuada

(não há envolvimento de gametas)

Reprodução agâmica

propagação
vegetativa

reprodução
agamospérmica
(apomixia)

produção de
sementes sem
fertilização do
óvulo

Reprodução assexuada por propagação vegetativa



Reprodução assexuada por agamospermia

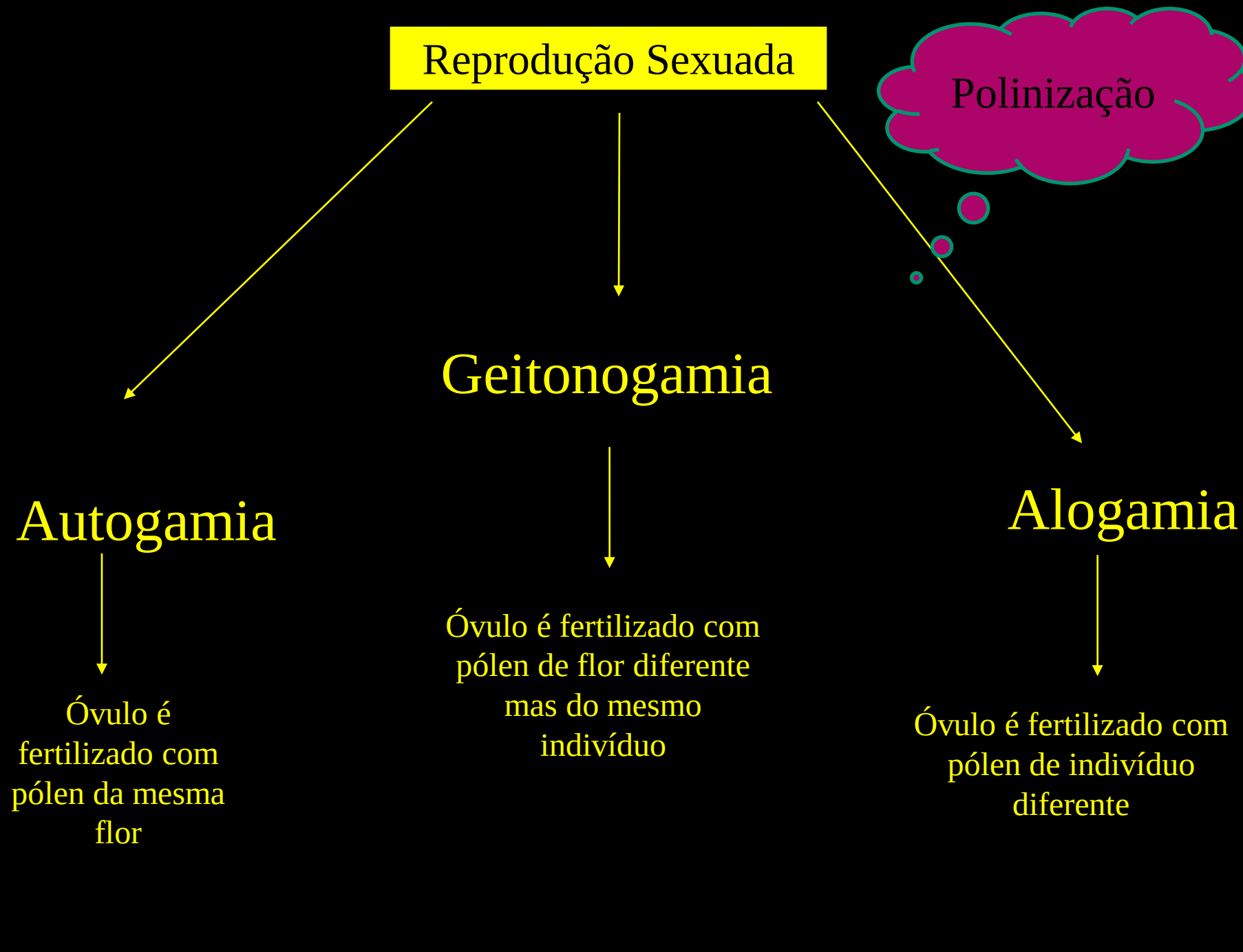
- Rara, ocorrendo principalmente em espécies poliplóides, que podem ser estéreis (Poaceae, Rosaceae e Asteraceae).



Reprodução Assexuada

- Vantagens:
 - Reprodução na ausência de polinizadores.
 - Reprodução de indivíduos estéreis.
 - Menor gasto de energia com a reprodução.
 - Adaptação em ambientes estáveis.
- Desvantagens:
 - Acúmulo de mutações desvantajosas.
 - Menor capacidade de ajuste às mudanças do ambiente.

Reprodução Sexuada



```
graph TD; A[Reprodução Sexuada] --> B[Geitonogamia]; A --> C[Autogamia]; A --> D[Alogamia]; B --> E["Óvulo é fertilizado com pólen de flor diferente mas do mesmo indivíduo"]; C --> F["Óvulo é fertilizado com pólen da mesma flor"]; D --> G["Óvulo é fertilizado com pólen de indivíduo diferente"]; H((Polinização)) -.-> A;
```

A flowchart illustrating the types of sexual reproduction. At the top is a yellow box labeled 'Reprodução Sexuada'. Three arrows point down from it to 'Autogamia', 'Geitonogamia', and 'Alogamia'. From 'Autogamia', an arrow points down to 'Óvulo é fertilizado com pólen da mesma flor'. From 'Geitonogamia', an arrow points down to 'Óvulo é fertilizado com pólen de flor diferente mas do mesmo indivíduo'. From 'Alogamia', an arrow points down to 'Óvulo é fertilizado com pólen de indivíduo diferente'. To the right of the top box is a pink thought bubble labeled 'Polinização' with three small circles leading to it.

Polinização

Geitonogamia

Óvulo é fertilizado com
pólen de flor diferente
mas do mesmo
indivíduo

Autogamia

Óvulo é
fertilizado com
pólen da mesma
flor

Alogamia

Óvulo é fertilizado com
pólen de indivíduo
diferente

O que é Polinização???



Geitonogamia
(autopolinização)

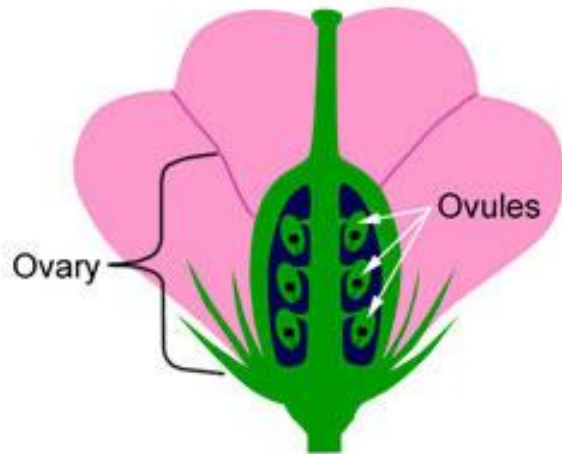


Alogamia
(polinização cruzada)



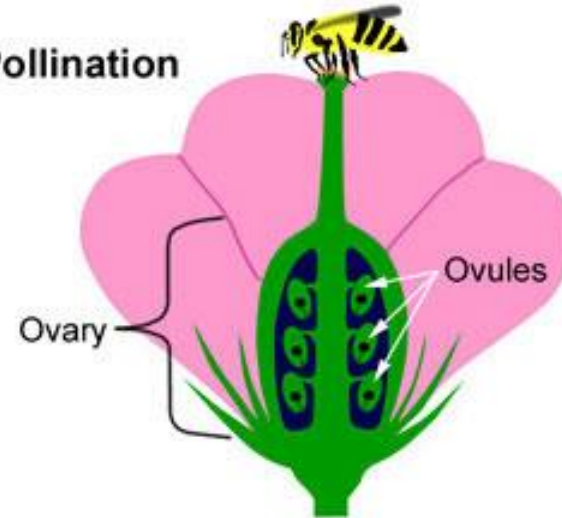
Autogamia
(autopolinização)

1

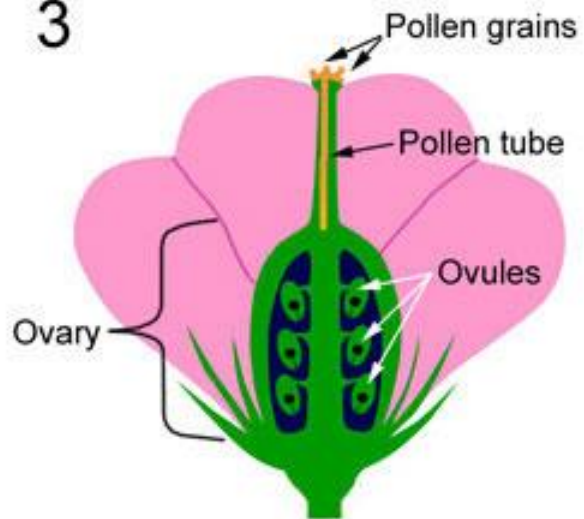


2

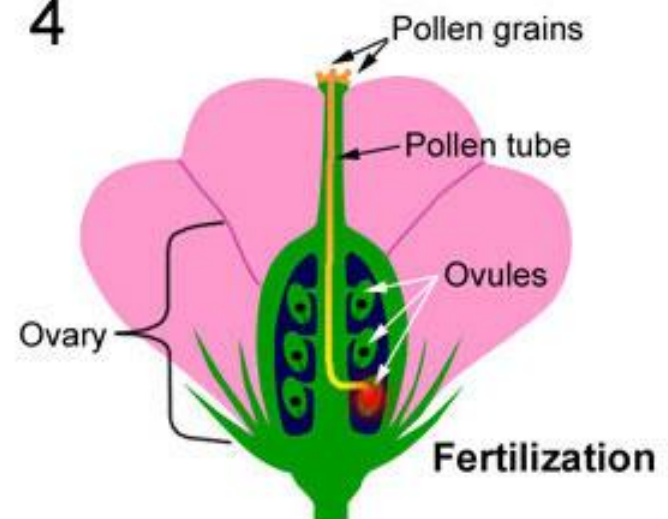
Pollination



3



4



Vantagens :

- Aumenta variabilidade genética.
- Forte potencial evolutivo.
- Sucesso em longo prazo.

Desvantagens:

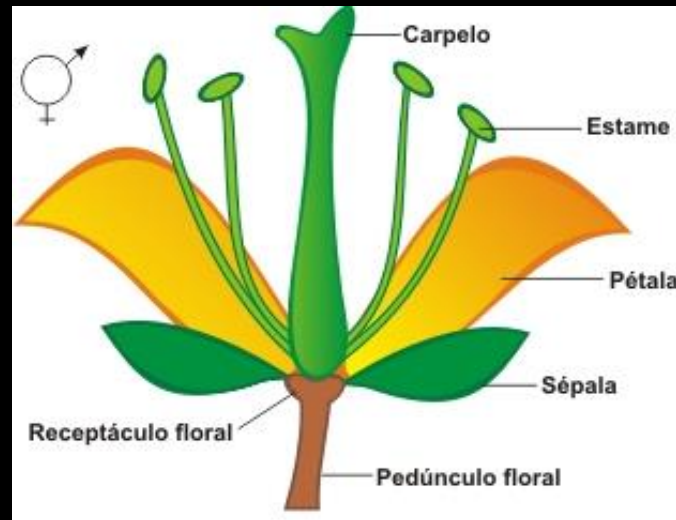
- Pode destruir genótipos que estão bem adaptados.

Impedimentos da Autogamia:

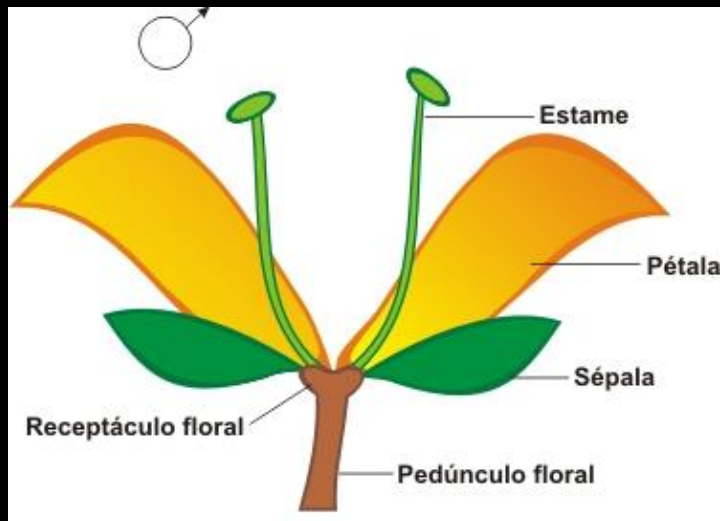
- 1) Mecanismos Físicos (Espaciais)
- 2) Mecanismos Temporais
- 3) Mecanismos Genéticos

1) Mecanismo Físico

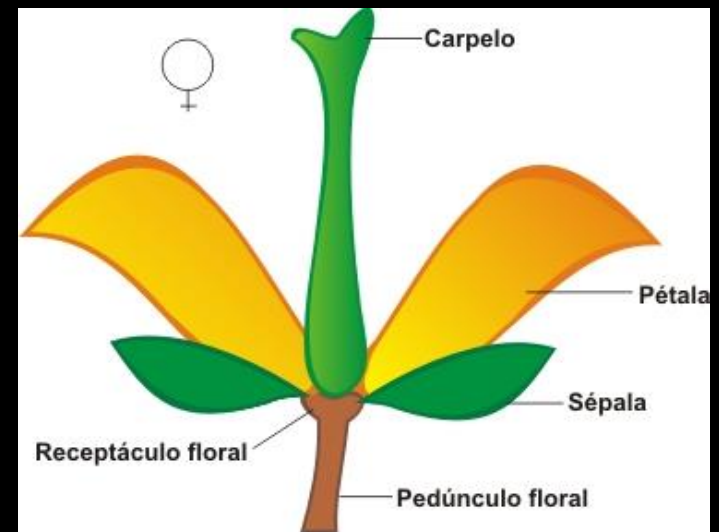
Quanto ao sexo as flores podem ser.....



Flores bissexual

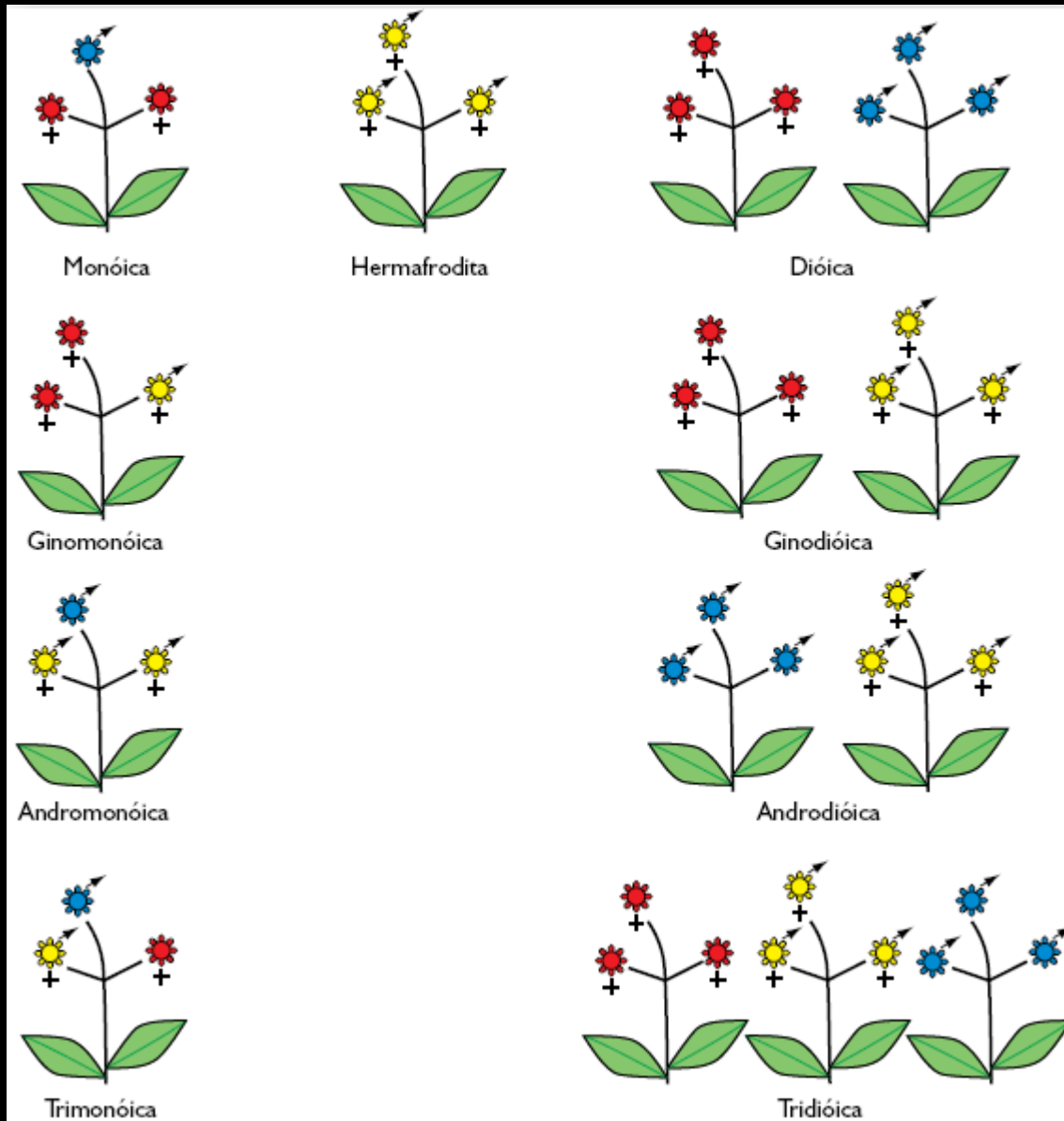


Flores estaminadas



Flores pistiladas

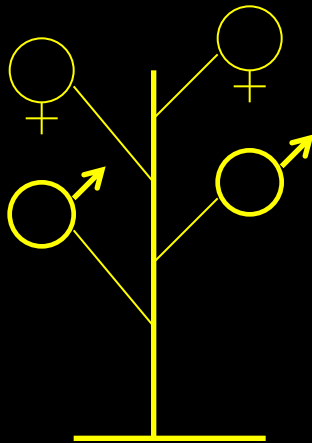
Quanto ao sexo as **espécies** podem ser.....



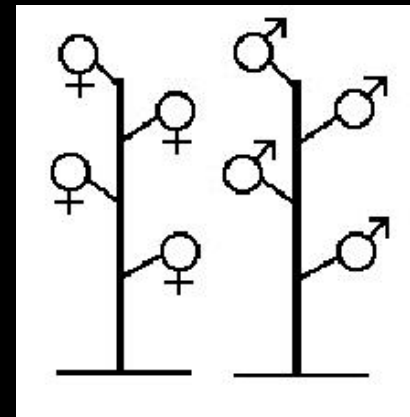
1) Mecanismos Físicos (Espacial)

A- Dentro da mesma flor

B – Dentro do mesmo indivíduo = monoícia



C – Em indivíduos diferentes = dioícia

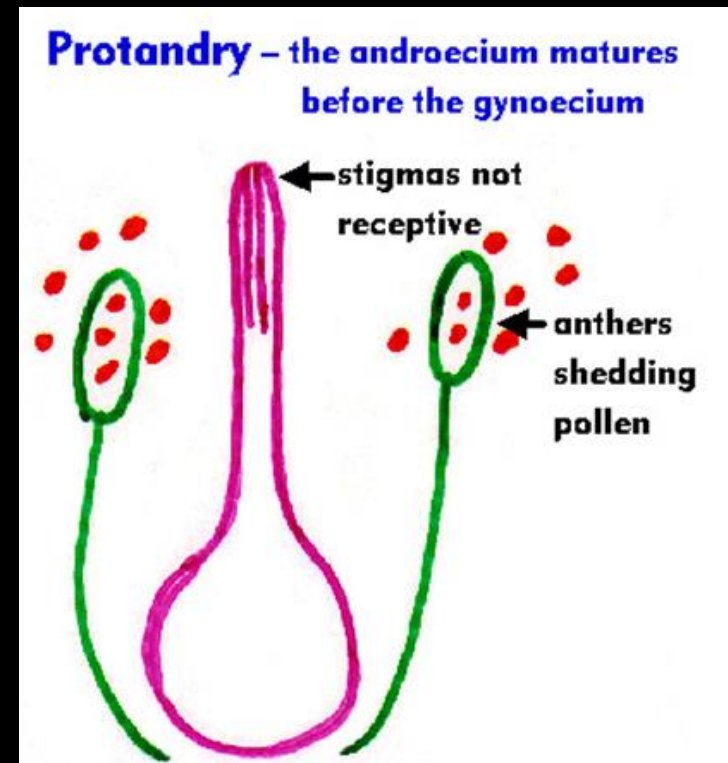
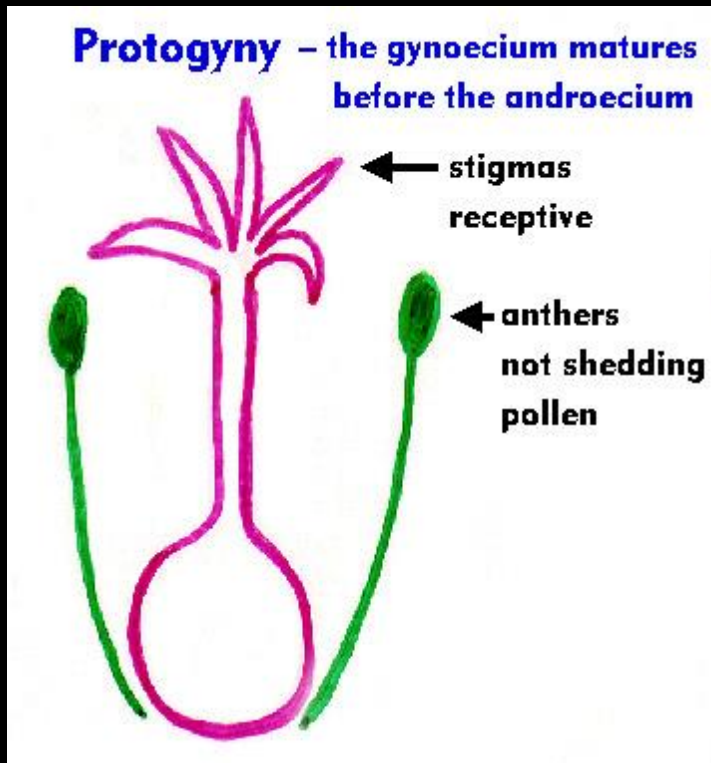


2) Mecanismo Temporal

Androceu e gineceu amadurecem em tempos diferentes (separação temporal). Portanto as flores não podem ser auto-polinizadas.

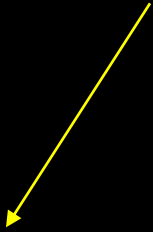
Protoginia - estigmas estão receptivos antes das anteras liberarem pólen.

Protandria - anteras liberam pólen antes do estigma estar receptivo.

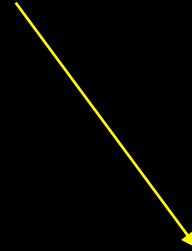


3) Mecanismos Genéticos

Auto-Incompatibilidade

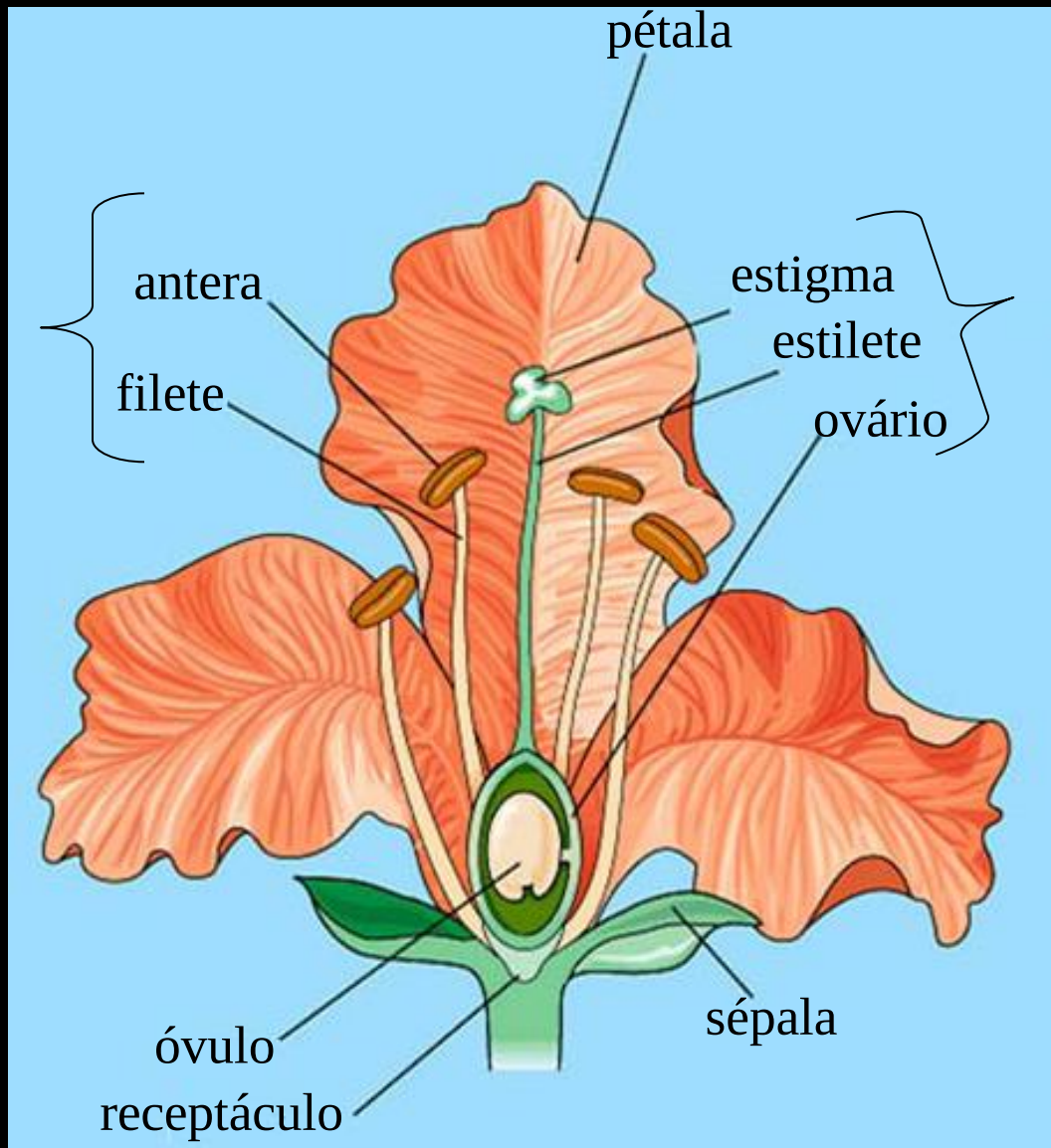


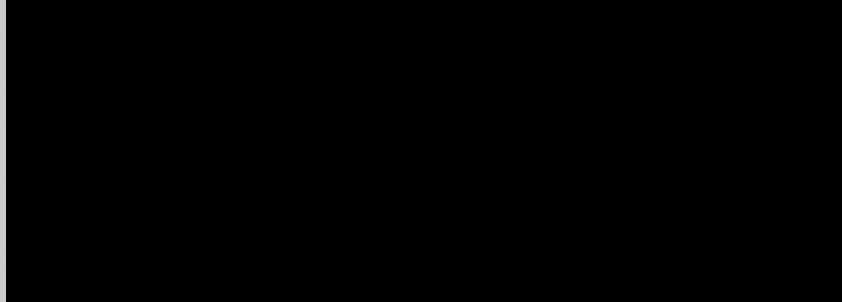
A. Genética



B. Heterostílica

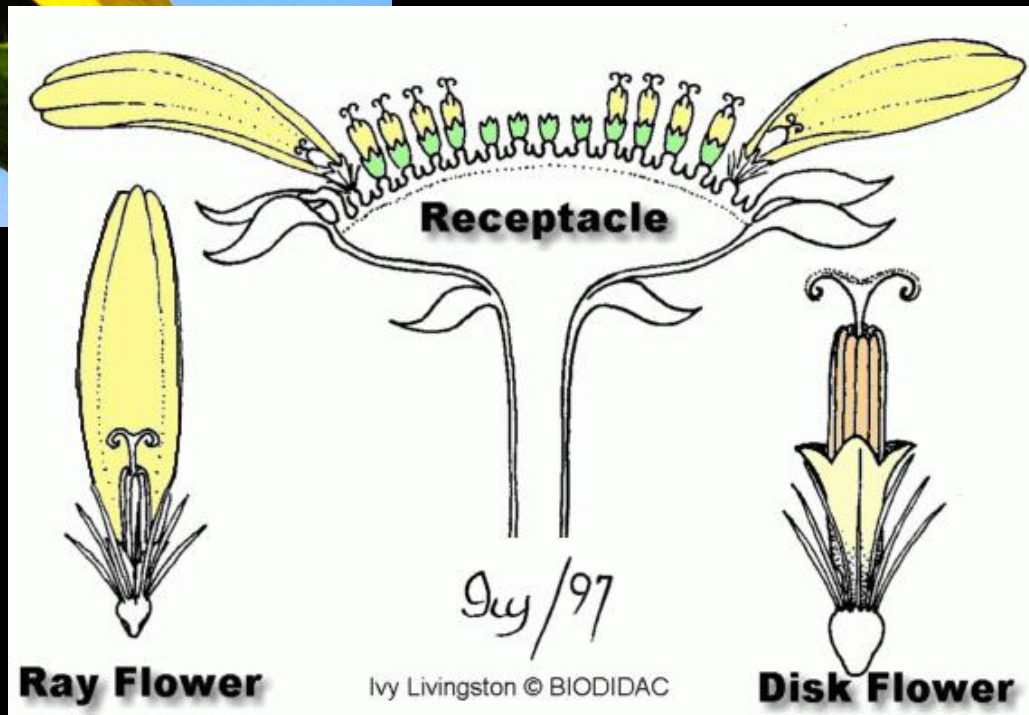
Unidade básica da polinização: flor







Unidade básica de
polinização pode
ser a
inflorescência



ANTESE

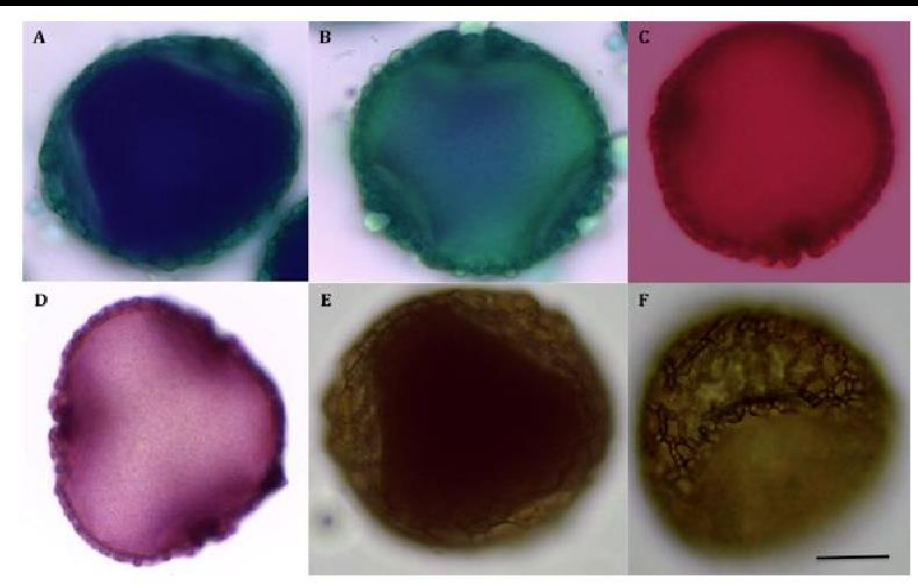
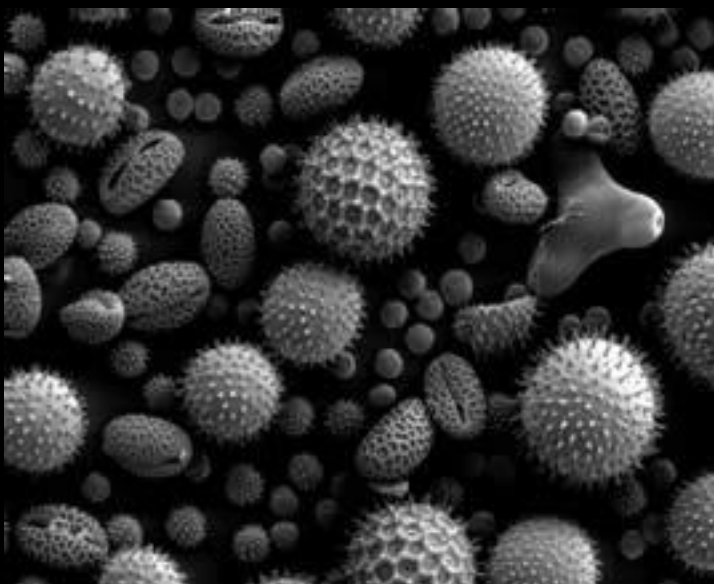




Recursos florais

- Pólen = fonte de proteínas
- Néctar = fonte energética (açúcares)
- Óleo = construção de ninhos
- Substâncias odoríferas = atração para cópula
- Resina = construção de ninhos

Pólen



Néctar



Stigmaphyllon ciliatum
Malpighiaceae
G. Daida



Néctar: Principal recurso floral para os polinizadores



A proporção de cada tipo de açúcar no néctar pode variar de acordo com cada grupo de polinizadores

(BAKER & BAKER 1983)

A variabilidade do néctar é determinada por um conjunto de fatores intrínsecos e extrínsecos dependendo da espécie de planta, isto é:

Fatores intrínsecos

- volume
- concentração
- taxa de produção
- composição química
- efeitos de remoção
- reabsorção
- idade da flor

Fatores extrínsecos

- temperatura,
- umidade,
- presença de outros visitantes florais que roubam néctar

Nectar production dynamics and sugar composition in two *Mucuna* species (Leguminosae, Faboideae) with different specialized pollinators

Kayna Agostini • Marlies Sazima • Leonardo Galetto

Dinâmica de produção de néctar

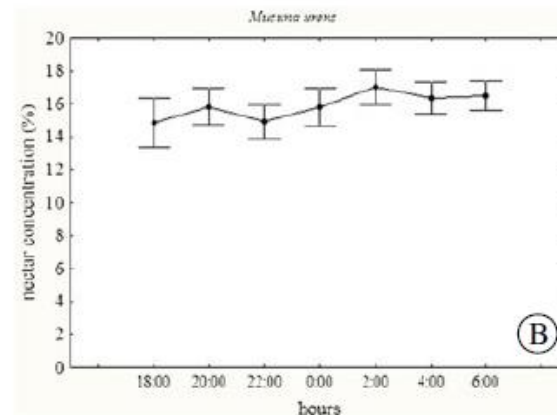
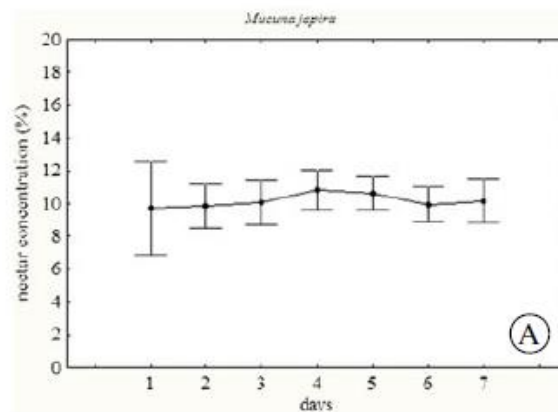
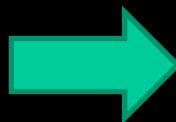
Table 1 Comparison of nectar traits between two species of *Mucuna*

Nectar traits	<i>M. japira</i>	<i>M. urens</i>
Amount at the bud stage	>55% of the maximum nectar secreted by a flower	<22% of the maximum nectar secreted by a flower
Secretion period	>5 days	8 h
Secretion rate/flower	0.13 mg/h	5.07 mg/h
Secretion rate/inflorescence	2 mg/h	5–15 mg/h
Time of maximum nectar accumulation/flower	During the fifth day (ca. 340 µl)	At midnight (ca. 310 µl)
Concentration	Constant (ca. 10%)	Constant (ca. 16%)
Interruption after nectar removal	Yes	Yes
Resorption period	2 days	6 h
Resorption rate/flower	0.25 mg/h	3 mg/h
Resorption rate/inflorescence	4 mg/h	3–9 mg/h
Sugar composition	“Unbalanced” (fructose predominant)	“Balanced” (comparable proportions of the three sugars)
Hexose dominant	Fructose	Glucose

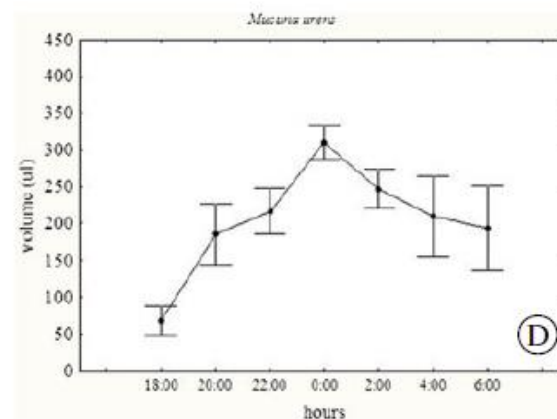
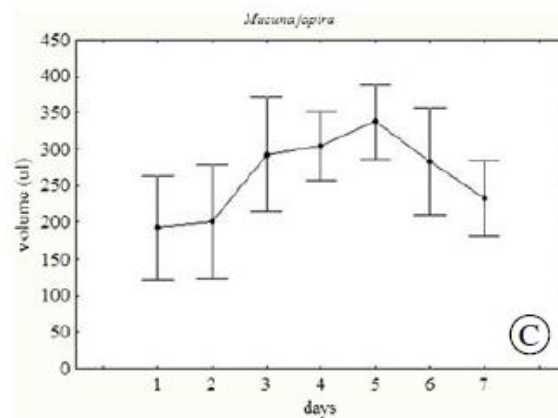
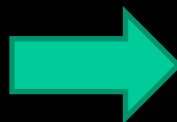


Mucuna japira has 12–21 flowers/inflorescence, which are in anthesis simultaneously and last for 7 days. *M. urens* has 36–54 flowers/inflorescence, number of flowers in anthesis/inflorescence is 1–3 and anthesis period is one night

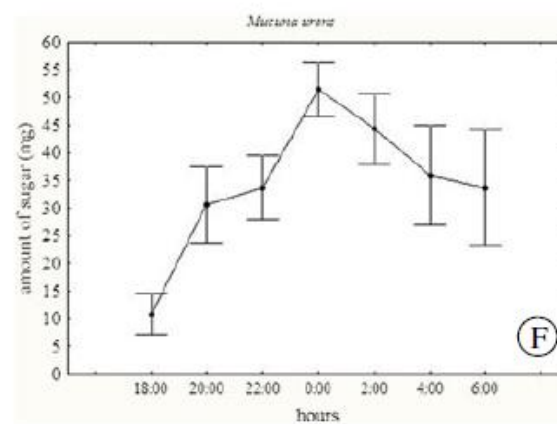
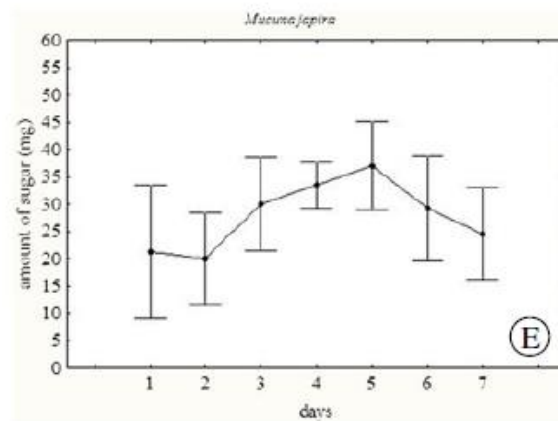
Concentração de
açúcar no néctar



Volume



Taxa de açúcar
no néctar

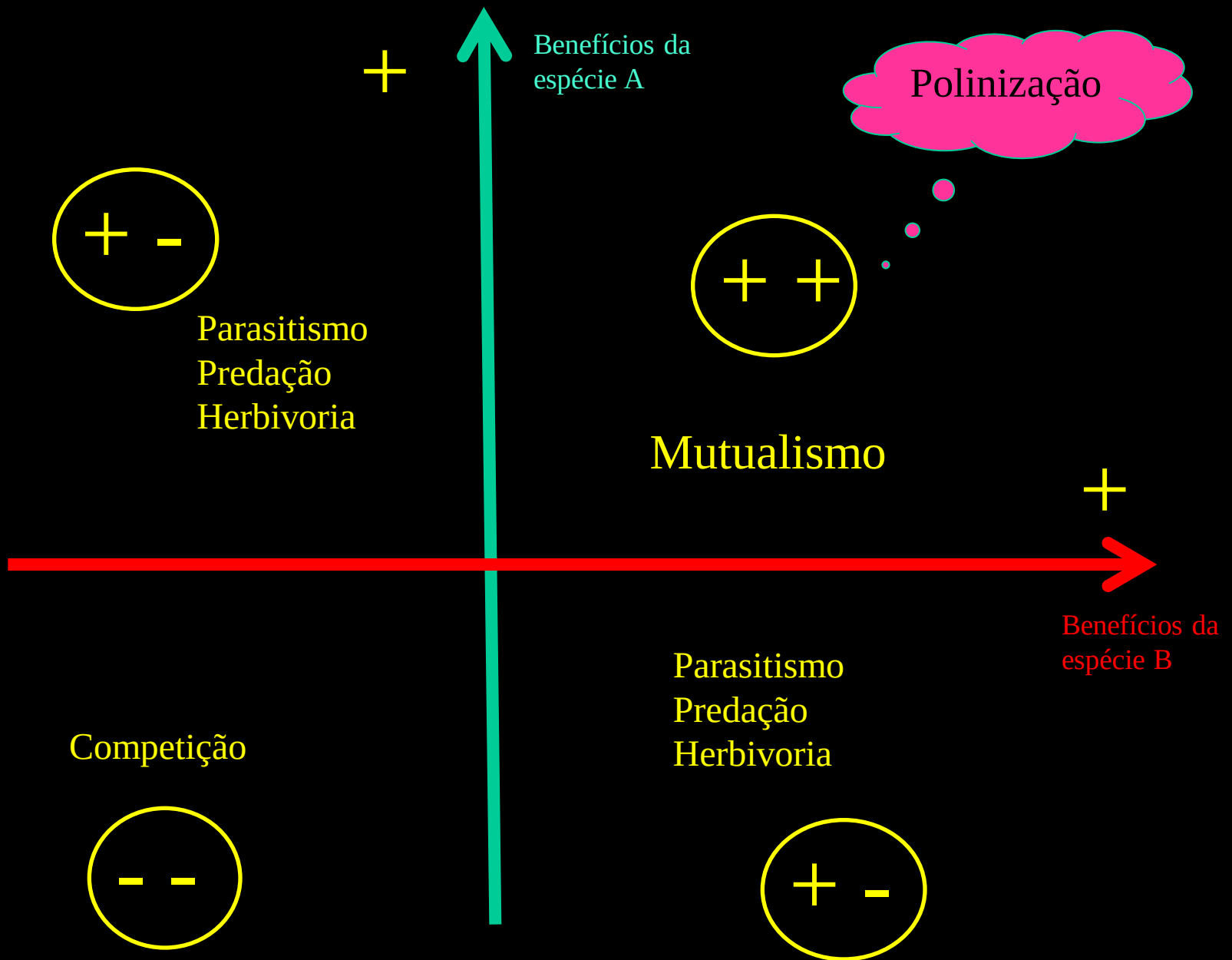


Influência da reabsorção do néctar na reprodução das espécies



Tratamentos	<i>M. jupira</i>	<i>M. urens</i>
Polinização cruzada manual (sem remoção de néctar)	36,4% (20/55)	73,5% (25/34)
Polinização natural (com remoção de néctar pelos visitantes florais)	2,7% (27/997)	11,0% (59/536)

Maior reabsorção de néctar



SISTEMAS DE POLINIZAÇÃO



Recursos florais

RECURSOS FLORAIS NUTRITIVOS

- Pólen = fonte de proteínas
- Néctar = fonte energética (açúcares)

RECURSOS FLORAIS NÃO-NUTRITIVOS

- Óleo = construção de ninhos
- Substâncias odoríferas = atração para cópula
- Resina = construção de ninhos

Polinização pelo Vento

Características das Flores

- Horário de antese
- Recursos florais
- Coloração das flores
- Formato das flores
- Odor
- Características do pólen
- Características do estigma



Chusquea sp.

Polinização por Invertebrados

Polinização por Besouros



Annona muricata



Magnolia sp.

Características das Flores

- Horário de antese
- Recursos florais
- Coloração das flores
- Formato das flores
- Odor
- Características do pólen
- Características do estigma



Nymphaea sp.



Polinização por Moscas

1) Moscas generalistas



Avicennia sp.

Características das Flores

- Horário de antese
- Recursos florais
- Coloração das flores
- Formato das flores
- Odor
- Características do pólen
- Características do estigma



Polinização por Moscas

2) Moscas de línguas longas

Foto: M. Sazima & I. Sazima



Características das Flores

- Horário de antese
- Recursos florais
- Coloração das flores
- Formato das flores
- Odor
- Características do pólen
- Características do estigma

3) Sapromiophilia



Polinização por Borboletas



Características das Flores

- Horário de antese
- Recursos florais
- Coloração das flores
- Formato das flores
- Odor
- Características do pólen
- Características do estigma



Polinização por Mariposas



Nicotiana sp.

Posoqueria sp.



Foto: M. Sazima & I. Sazima

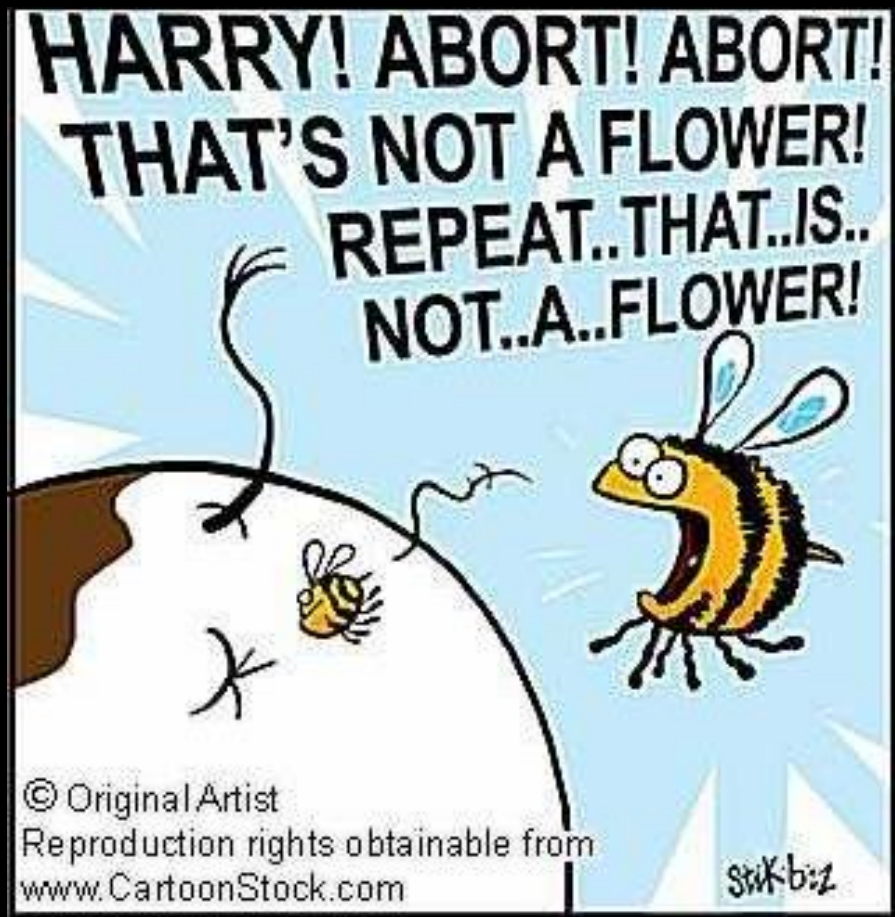
Características das Flores

- Horário de antese
- Recursos florais
- Coloração das flores
- Formato das flores
- Odor
- Características do pólen
- Características do estigma

Polinização por Abelhas



André Rech



Características das Flores

- Horário de antese
- Recursos florais
- Coloração das flores
- Formato das flores
- Odor
- Características do pólen
- Características do estigma



Recurso: Néctar



Ipomoea sp.

Passiflora sp.



Foto: M. Sazima & I. Sazima



Senna sp

Recurso: Pólen



Tibouchina sp



Oxaea flavescens



Xylocopa frontalis



Exomalopsis diminuta



Vivian Zambon

Pseudaugochloropsis graminea

Recurso: Óleo



Stigmaphyllon ciliatum
Malpighiaceae
G. Dáida



© TopTropicals.com



http://www.discoverlife.org/mp/20p?see=I_JSA145&res=640

Recurso: Fragrância

Vanilla sp.



<http://4.bp.blogspot.com/>

Cyphomandra sp.



Sazima, M. et al. P1. Syst. Evol. 187:51-88 (1993)

Polinização por Vespas



Polinização por Vertebrados

Polinização por Aves



Características das Flores

- Horário de antese
- Recursos florais
- Coloração das flores
- Formato das flores
- Odor
- Características do pólen
- Características do estigma

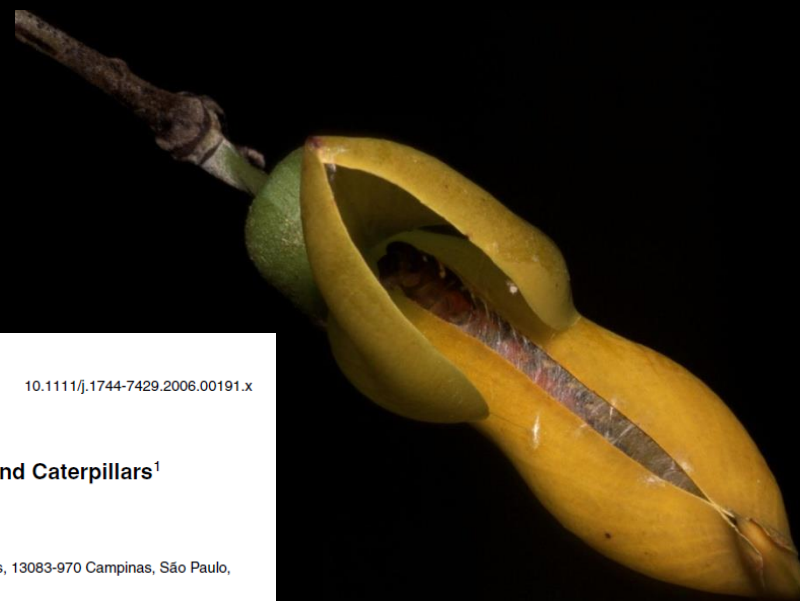
Aechmea sp.

Foto: M. Sazima & I. Sazima



Aechmea sp.

Foto: M. Sazima & I. Sazima



BIOTROPICA 38(5): 674–678 2006

10.1111/j.1744-7429.2006.00191.x

SHORT COMMUNICATIONS

Bird Pollination of Explosive Flowers While Foraging for Nectar and Caterpillars¹

Kayna Agostini², Marlies Sazima

Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Caixa Postal 6109, Universidade Estadual de Campinas, 13083-970 Campinas, São Paulo, Brasil

and

Ivan Sazima

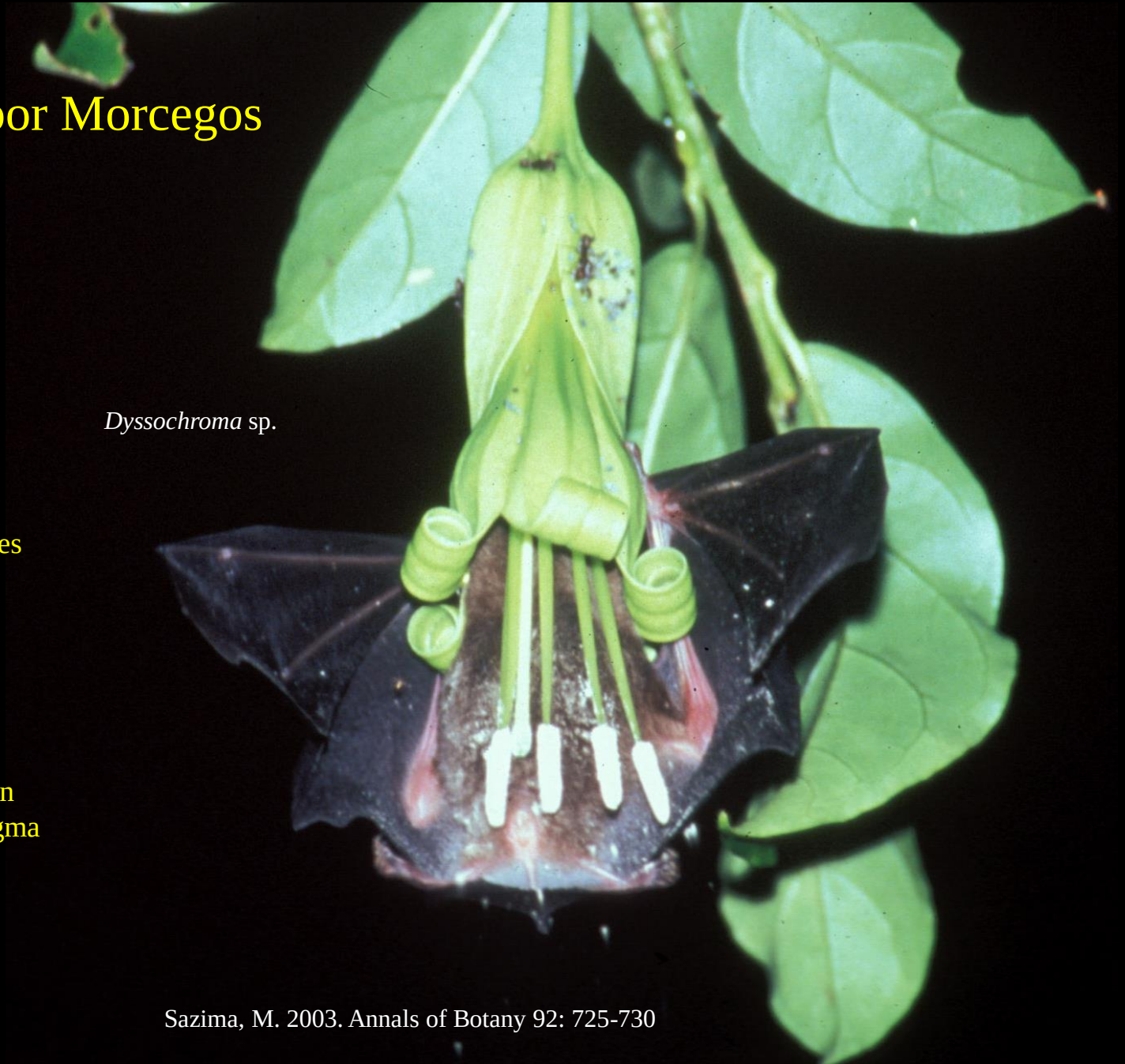
Departamento de Zoologia e Museu de História Natural, Caixa Postal 6109, Universidade Estadual de Campinas, 13083-970 Campinas, São Paulo, Brasil

Polinização por Morcegos

Dyssochroa sp.

Características das Flores

- Horário de antese
- Recursos florais
- Coloração das flores
- Formato das flores
- Odor
- Características do pólen
- Características do estigma



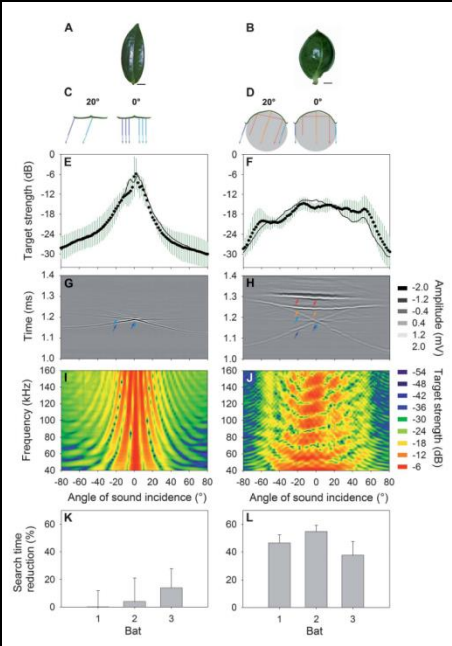




Mucuna holtonii



Marcgravia evenia



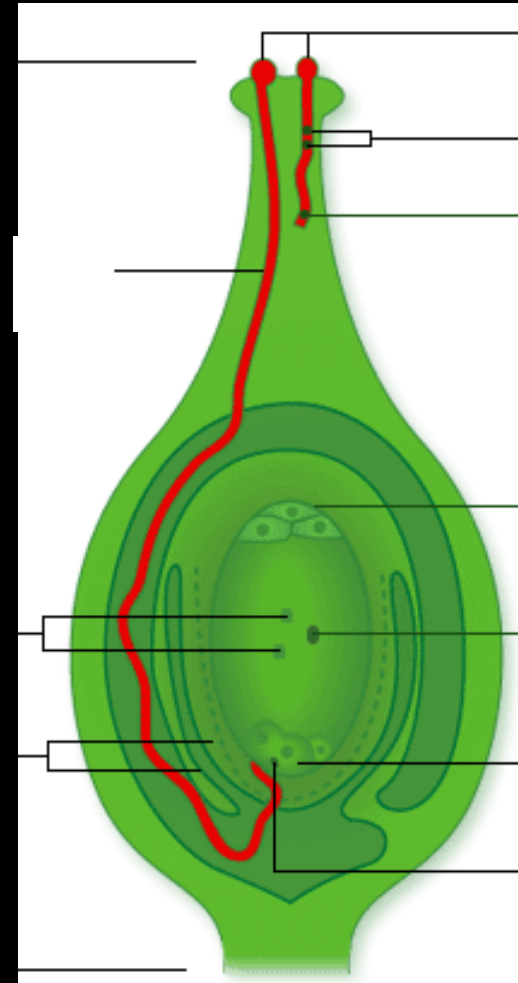
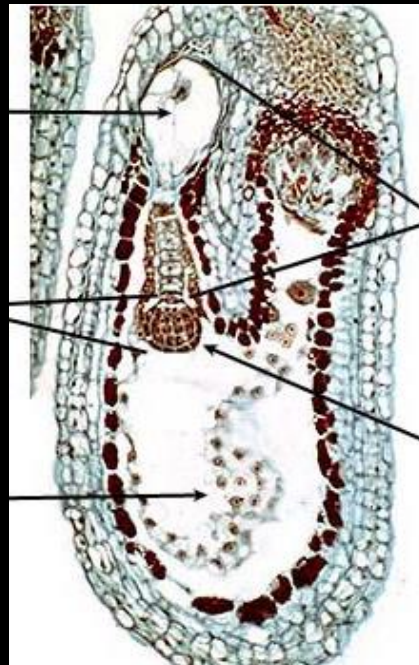
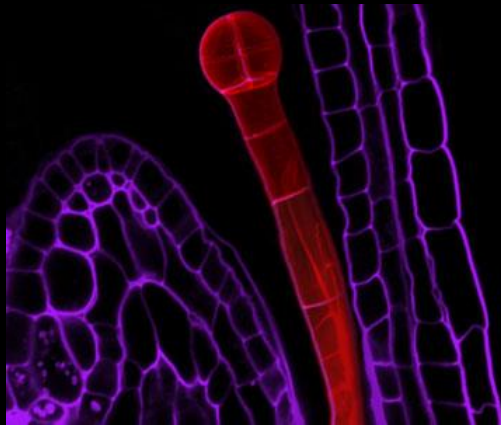
Simon, R. et al. 2011. Floral acoustics: conspicuous echoes of a dish-shaped leaf attract bat pollinators. Science 333: 631.

Espécies que se encaixam em vários sistemas de polinização

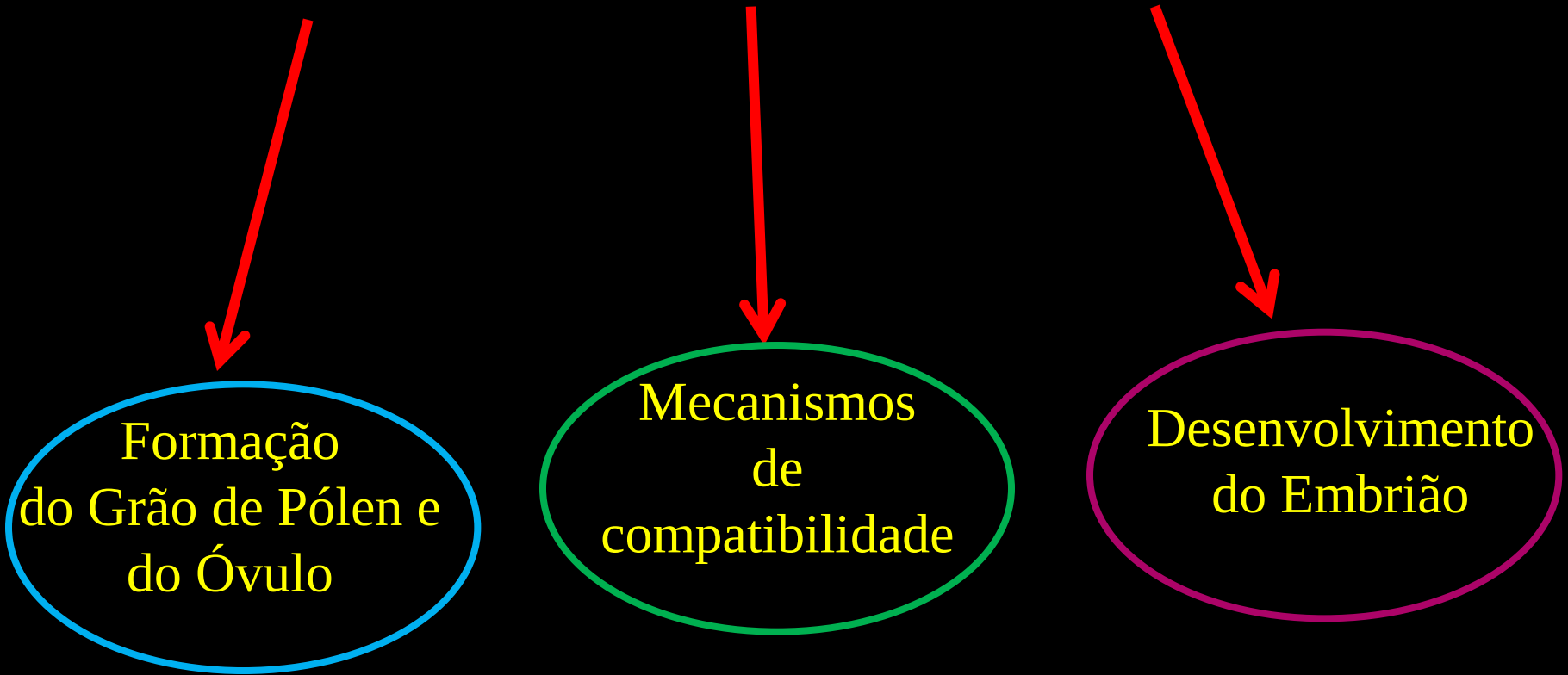
Amorim FW, Galetto L & Sazima M. 2013. Beyond the pollination syndrome: nectar ecology and the role of diurnal and nocturnal pollinators in the reproductive success of *Inga sessilis* (Fabaceae). Plant Biology 15: 317-327



Processo de fecundação



Para que a formação de sementes e frutos seja bem sucedida, vários obstáculos devem ser vencidos, entre eles:

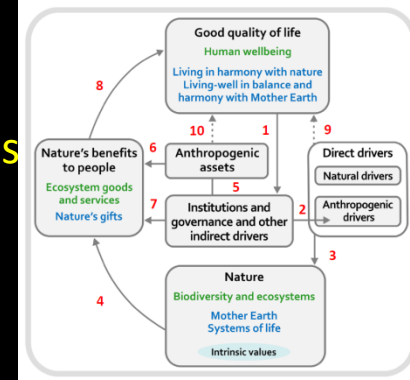


Polinização em Agroecossistemas



SERVIÇO DE POLINIZAÇÃO = SERVIÇO ECOSSISTÊMICO

Interação Ecológica que fornece benefícios aos seres humanos
(Costanza 2018, IPBES 2016)



Serviço de Provisão

Fornecimento confiável e diversificado de frutas, sementes, mel e outros produtos agrícolas



Serviço de Regulação

Manutenção das populações de plantas nativas sustentar a biodiversidade e as funções ecossistêmicas



Serviço Cultural

Fornece valores culturais relacionados ao conhecimento tradicional



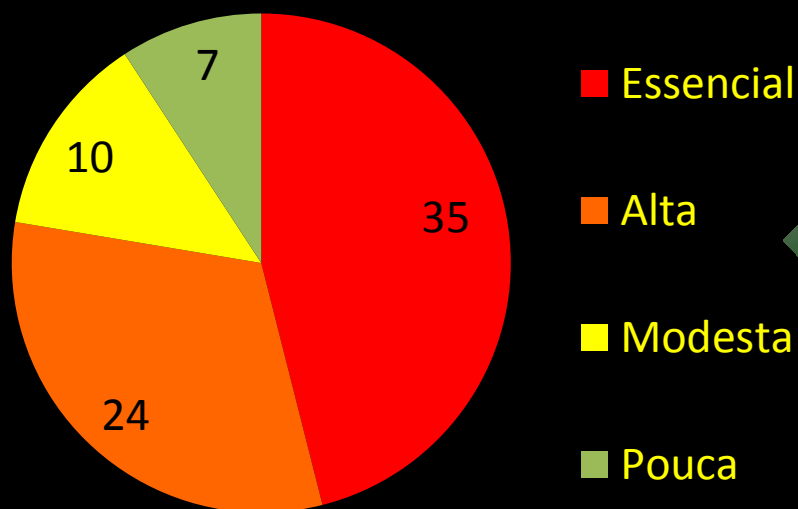
**76% das plantas
utilizadas para
produção de alimentos
no Brasil**



**depende do serviço
ecossistêmico de
polinização realizado
por animais**

O valor monetário do serviço ecossistêmico de polinização para a produção de alimentos está estimado em R\$ 43 bilhões anuais no Brasil.

Dependência da Polinização (%)



Maués



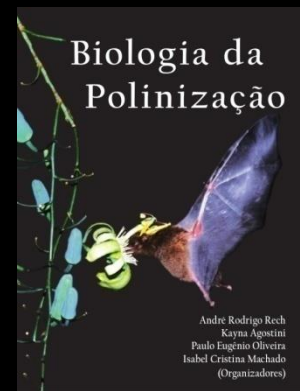
Agentes que podem ser ameaças para os sistemas de Polinização tanto naturais como agrícolas

Global pollinator declines: trends, impacts and drivers

Trends in Ecology and Evolution Vol.25 No.6

Simon G. Potts¹, Jacobus C. Biesmeijer², Claire Kremen³, Peter Neumann⁴, Oliver Schweiger⁵ and William E. Kunin²

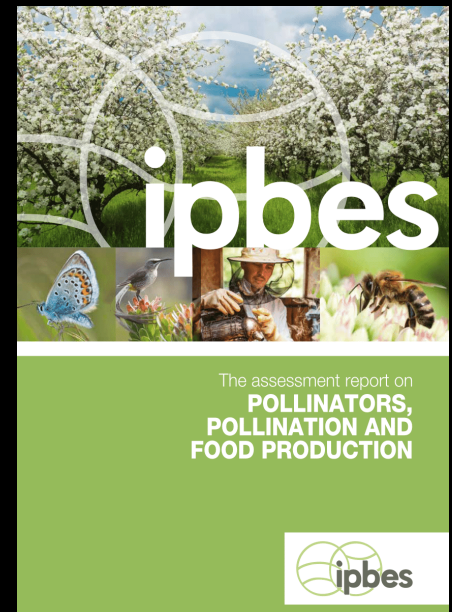
- 1) Mudança no uso da terra: perda de habitat e fragmentação (agricultura intensiva e em larga-escala);
- 2) Uso indiscriminado de agroquímicos;
- 3) Poluição ambiental;
- 4) Espécies exóticas;
- 5) Organismos geneticamente modificados;
- 6) Pragas e patógenos
- 7) Mudança climática global com interferência nos ciclos biogeoquímicos;
- 8) E a interação entre uma ou mais ameaças listradas acima (Alves-dos-Santos et al., 2014)



* Capítulo 23 *

Conservação dos polinizadores

Isabel Alves dos Santos¹, Marcelo Aizen² e Cláudia Inês da Silva^{3,4}



Oportunidades disponíveis



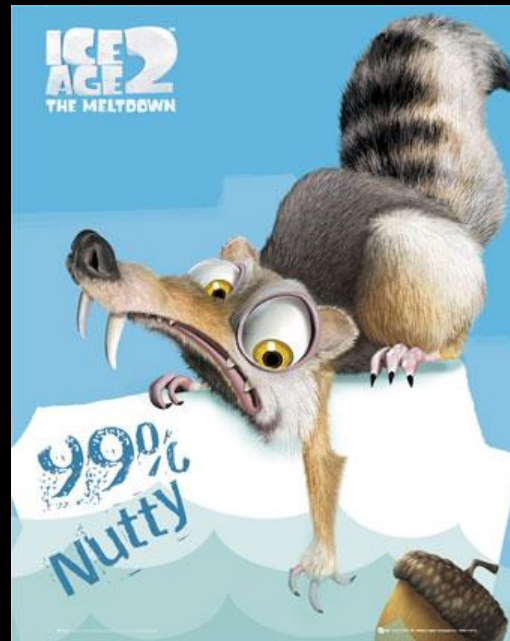
**Produtividade e
Valor Agregado**



Moreira 2018

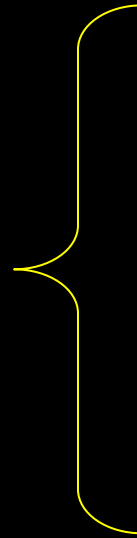


Frugivoria e Dispersão de Sementes



1) Definições

-Frugivoria



- dispersores legítimos
- consumidores de polpa
- predadores de semente

-Dispersão de sementes

2) Características dos frutos consumidos por frugívoros

- design do fruto

- nutrientes

- metabólitos secundários e composição química

- cor, odor, substâncias oleíferas, som

3) Características das plantas importantes para dispersão de sementes

-estrato na vegetação e localização da planta

-número de frutos produzidos

-cores dos frutos

4) Importância da dispersão



5) Quem dispersa sementes?

- vertebrados
- invertebrados
- agentes abióticos
- a própria planta
- plantas que não dispersam (Atelecoria)

6) Síndromes de dispersão

Van der Pijl (1982) x Herrera (2002)

Síndromes de dispersão segundo van der Pijl (1982)

-Dispersão passiva (Epizooecoria)

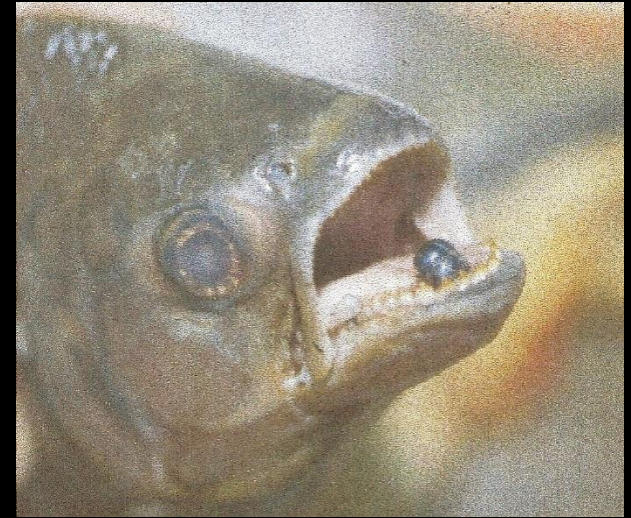


-Diszoecoria (estocagem)

-Endozoecoria (ingestão)

Ictiocoria obrigatória

- frutos pesados, caem quando maduros
- afundam rapidamente
- não possuem outro dispersor
- frutos com proteção ou sementes duras



Ictiocoria facultativa

- alta flutuabilidade
- sementes pequenas
- podem ser dispersos pela água

Batraquiocoria

Único caso, portanto não há síndrome definida



Saurocoria

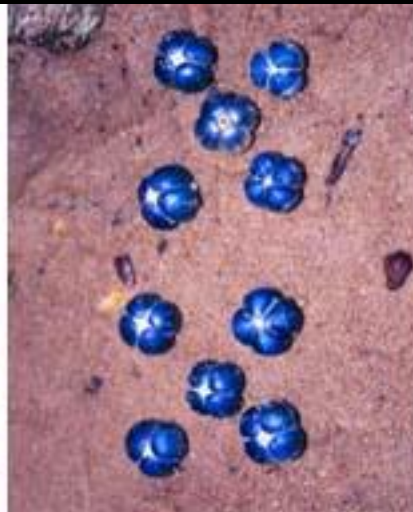
- sementes pequenas e numerosas
- odor ácido, fermentado
- cor variada (roxo, vermelho, amarelo)
- basicarpia ou caulicarpia
- comuns em ilhas oceânicas, onde aves frugívoras são raras



Ornitocoria



- frutos pequenos
- frutos com display de atração
- frutos de fácil acesso

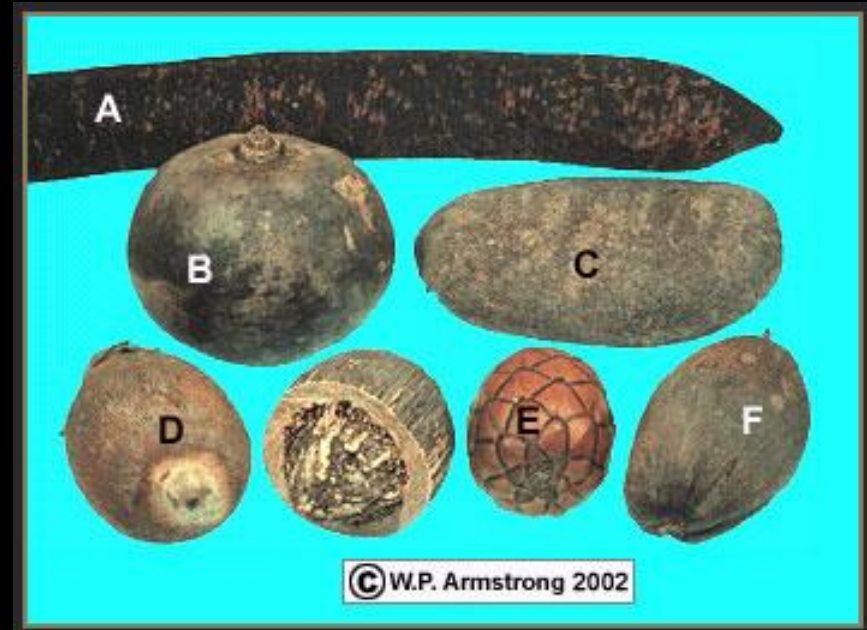
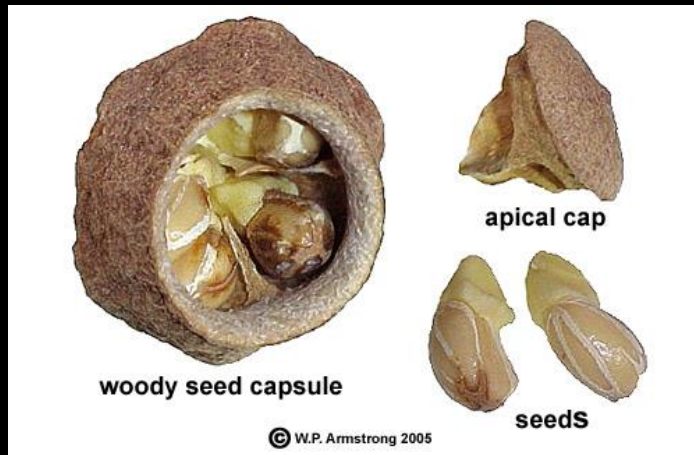


Mamalocoria (Mamíferos não voadores)

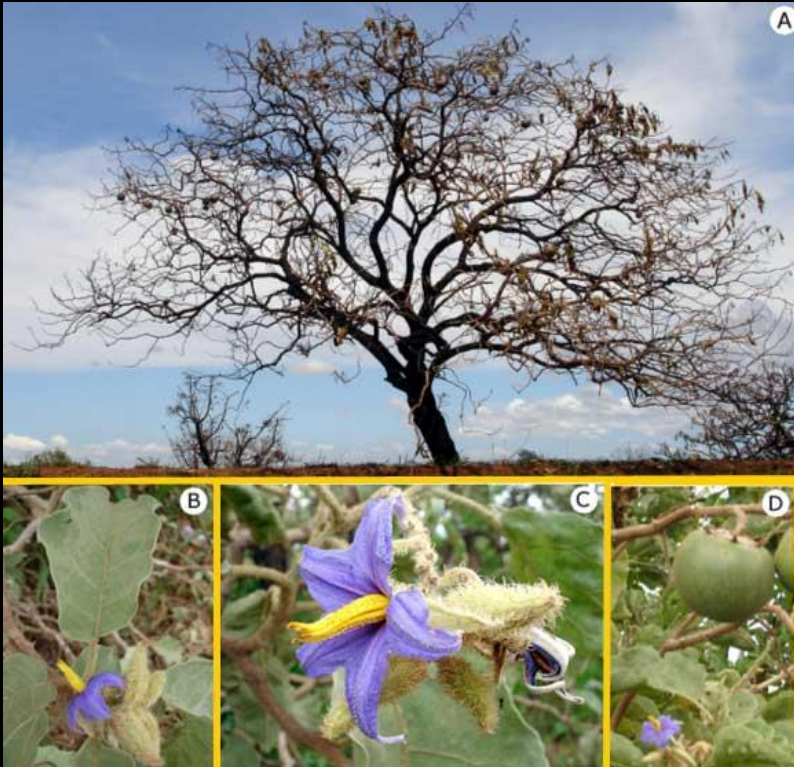


-pericarpo duro para
proteger a semente
da ação mecânica
dos dentes

-não possuem
coloração conspícua



Mamalocoria: o caso da lobeira



Quiropterocoria

- fácil acesso para captura em vôo
- frutos verdes ou marrons
- odor rançoso
- frutos indeiscentes



Mirmecoria

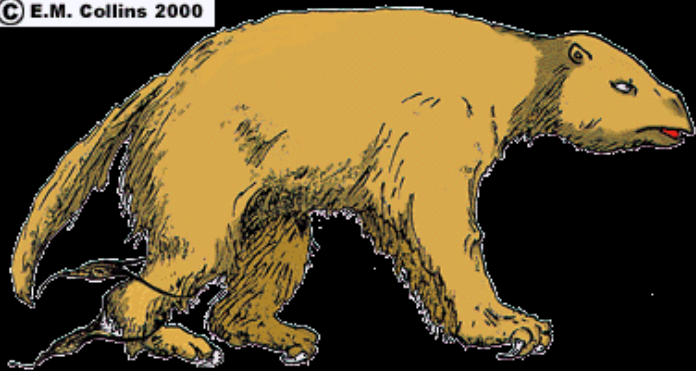
- síndrome recente
- sementes possuem elaiossoma
- frutos são geralmente autocóricos e depois mimecóricos
- distribuição agrupada de plântulas



Dispersão pela megafauna



© E.M. Collins 2000



Anemocoria

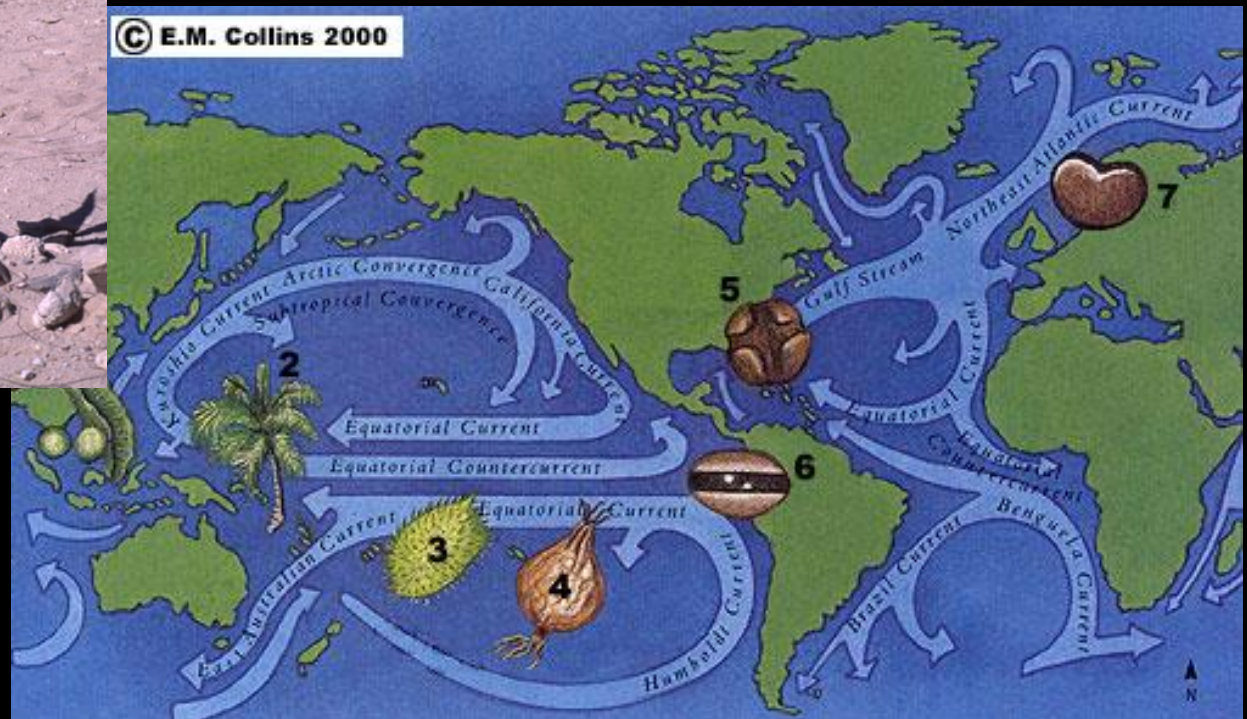
-frutos com alas ou plumas



Hidrocoria

-frutos leves que boiam

-frutos zoocóricos podem ser secundariamente dispersos por água



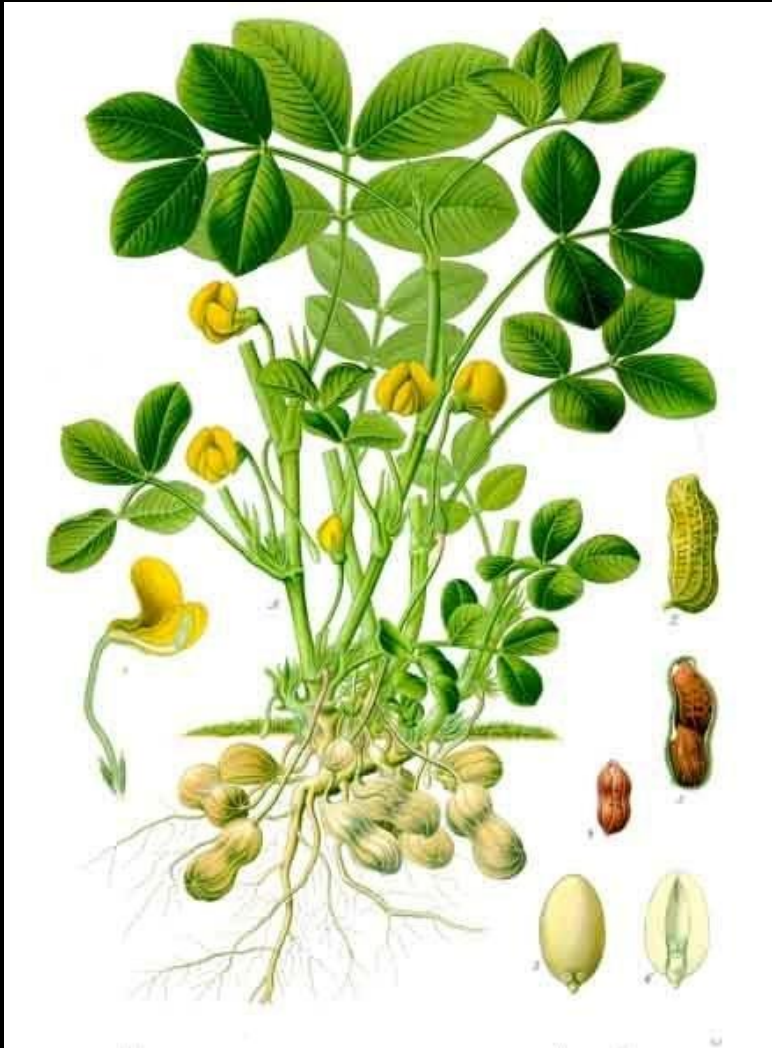
Dispersão por frutos explosivos (Autocoria)



Ateleocoria

-não há dispersão

-microsítios específicos para germinação



Segundo Herrera (2002)

-Passiva

- externa = adesão em pelos e penas
- interna = ingestão accidental da semente enquanto consome a polpa ou outro alimento

-Ativa

- externa = estocagem
- interna = ingestão, escolha do fruto

7) Podemos dizer que dispersão é uma interação mutualística resultante de um processo coevolutivo?

NÃO

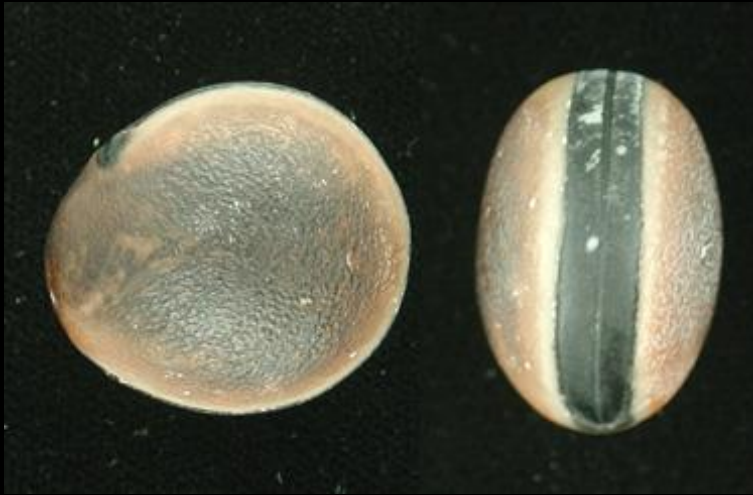
- não há local específico onde as sementes devem chegar
- organismos não dispersores de sementes interferem na remoção dos frutos pelos dispersores
- ação de dispersores secundários sobre as sementes
- influência de plantas vizinhas na escolha de frutos pelos dispersores
- baixo teor de proteína (nitrogênio) nos frutos obriga os dispersores a complementarem sua dieta com outros itens alimentares

Estudo de caso

Anatomia do fruto e da semente de *Mucuna urens*

(Leguminosae, Faboideae) e sua relação com a biologia da dispersão





- sementes de *M. urens* são hidrocóricas (van der Pijl 1982) – sea beans ou drift seeds
- sementes rígidas
- camada impermeável protegendo o embrião
- tolera alta concentração de sal.
- alta quantidade de compostos secundários
- morrem quando chegam na praia raramente germinam

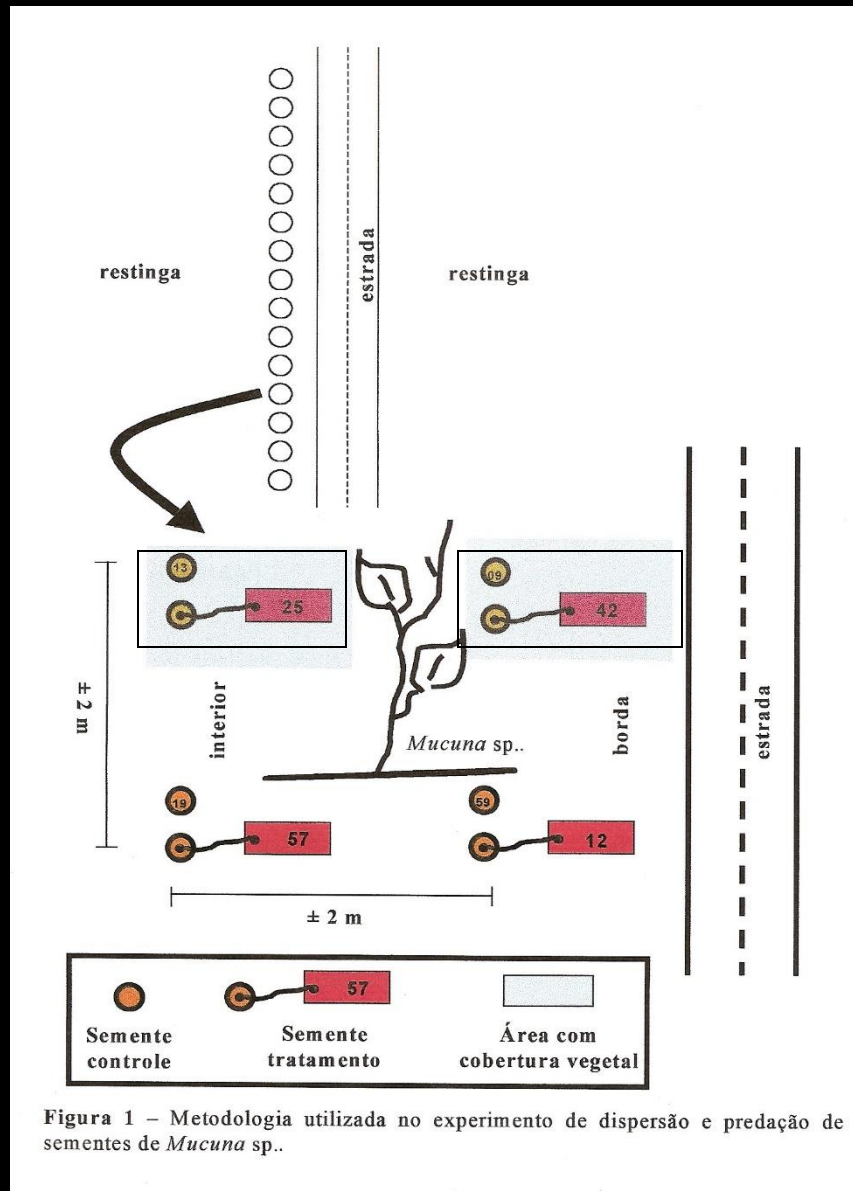


Mucuna urens são
trepadeiras,
encontradas em
restinga nas bordas
da mata e também da
rodovia.

Como estas sementes
chegaram neste
local?



Material e métodos para estudo de dispersão



Material e métodos para estudo da anatomia de frutos e sementes

- sementes e frutos foram fixados em FAA 50
- Desidratação em série etílica (70%, 96%, 100%)
 - Incluídas em resina plástica
 - Seccionadas em micrótomo rotativo manual
- Coradas com Azul de Toluidina 0.05%, pH 4.7
 - Fotografadas em microscópio de luz

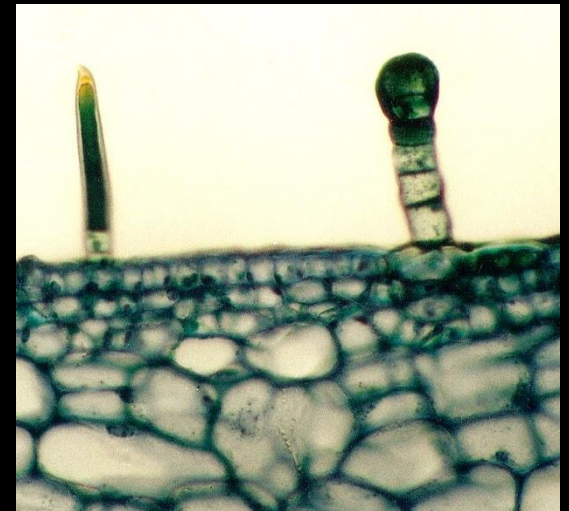
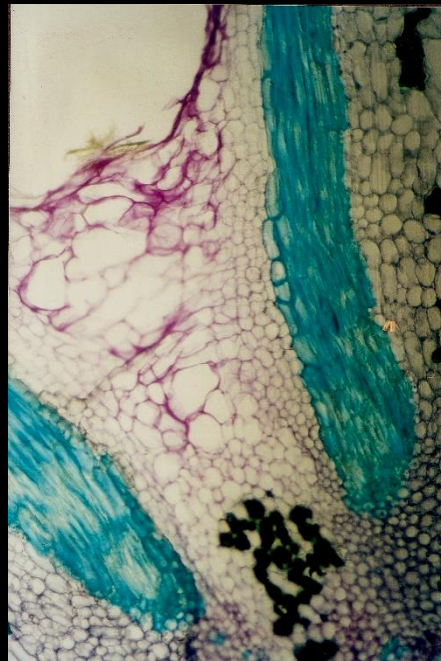
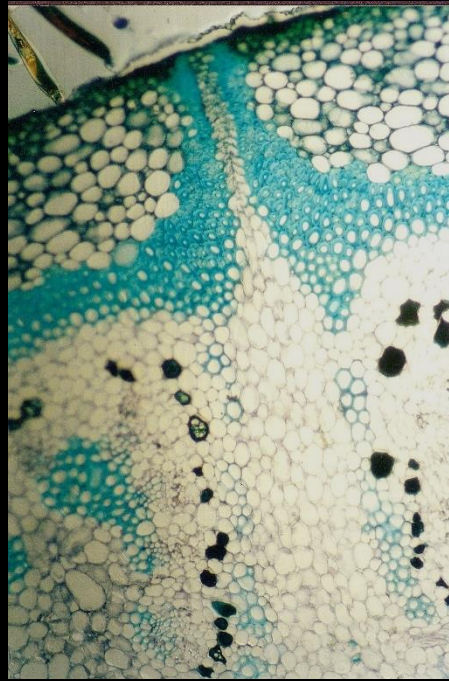
Resultados e discussão

-Dispersão

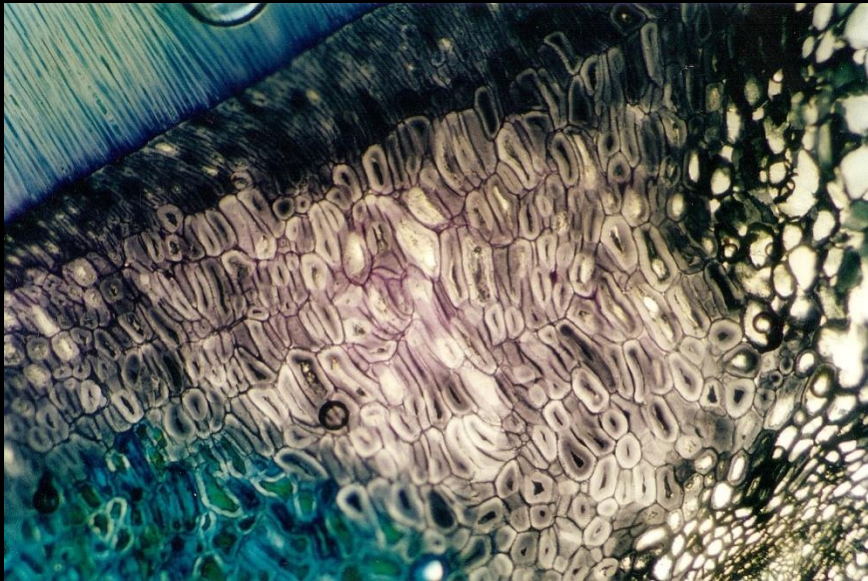
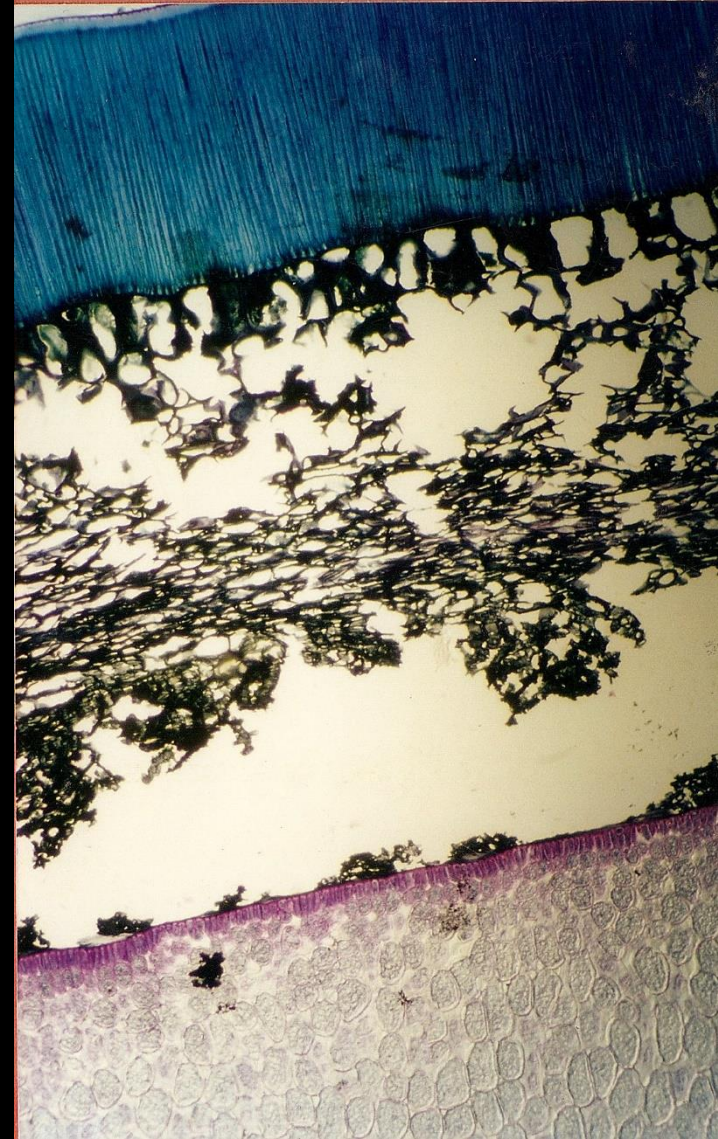
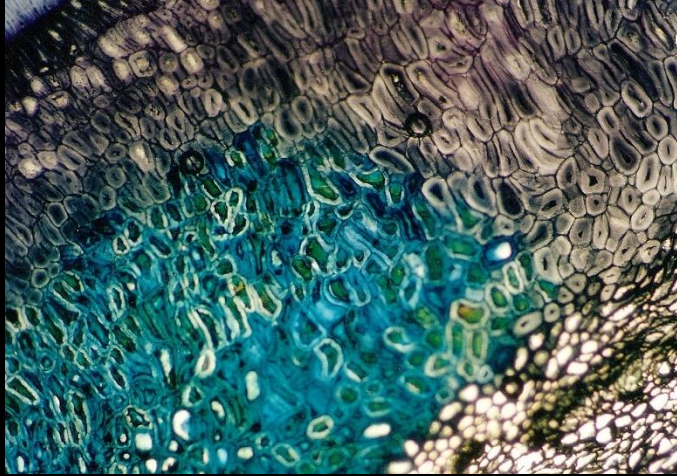
- 6.67% das sementes foram dispersas
 - sementes com marcas de dentes
- sementes removidas de uma única estação
(rota de forrageamento)
- destino da semente não pode ser avaliado
(fio de nylon cortado)



-Anatomia do fruto

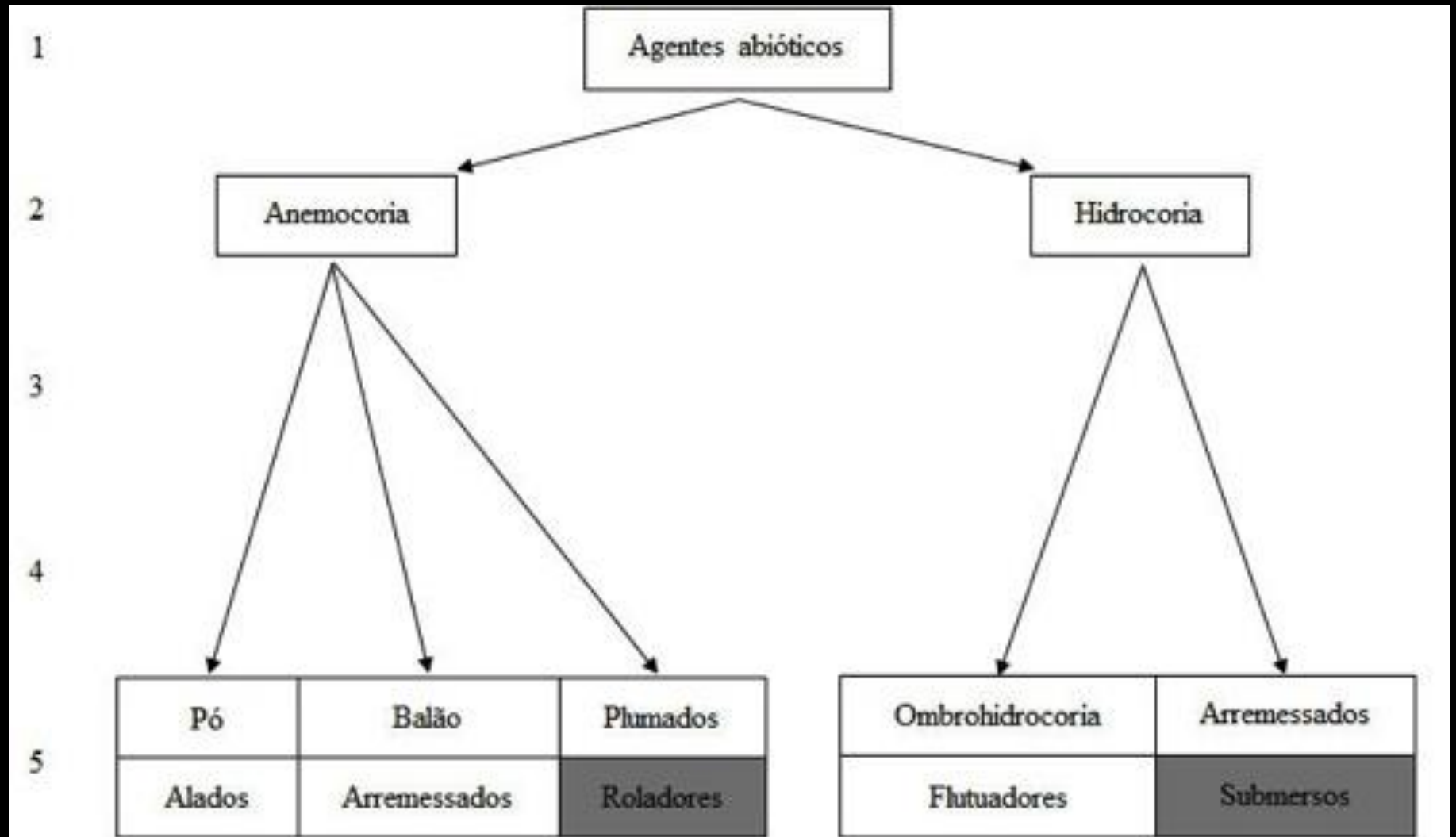


-Anatomia da semente



Obrigada !

Dispersores



Dispersores

