

Aspectos da reprodução de Angiospermas

Valéria Forni Martins
valeriafm@gmail.com

Reprodução

- Novo **indivíduo** e recombinação gênica (sexuada).
- Sistemas de reprodução.
- Polinização.
- Dispersão de sementes.

Reprodução assexuada

- Propagação vegetativa ou produção de sementes sem produção e fusão dos gametas (agamospermia).
- Apomixia = propagação vegetativa + agamospermia OU somente agamospermia.
- Mantém o genótipo parental.
- Obrigatória ou facultativa.
- Nas espécies com reprodução assexuada obrigatória, a variabilidade genética surge somente por mutação.
- Cada grupo de indivíduos idênticos geneticamente pode apresentar diferentes morfologias, preferências ecológicas e distribuição em relação a outros grupos : baixa variabilidade genética intrapopulacional e alta variabilidade interpopulacional.

Reprodução assexuada por propagação vegetativa

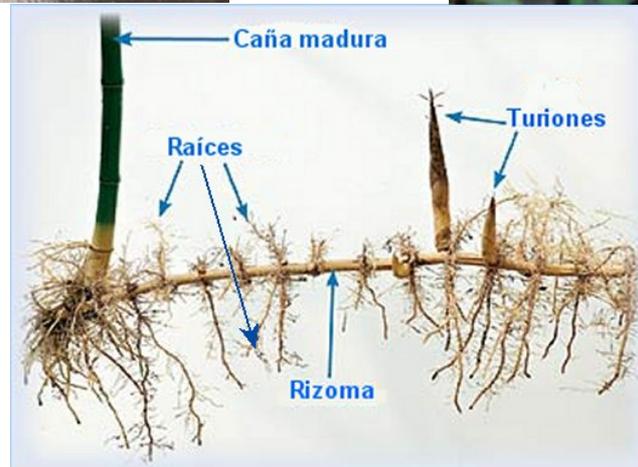
- Principalmente em herbáceas e arbustivas.
- Pode formar clones ligados ou separados do indivíduo parental.



Estolão



Reprodução assexuada por propagação vegetativa



Reprodução assexuada por propagação vegetativa



Reprodução assexuada por agamospermia

- Geralmente, as espécies são poliplóides, podendo ser estéreis.
- Às vezes, há necessidade do estímulo da polinização e do crescimento do tubo polínico: pseudogamia.

Reprodução assexuada por agamospermia

- Relatada em 500 espécies de 40 famílias de Angiosperma (0,1%), principalmente em Poaceae, Rosaceae e Asteraceae.



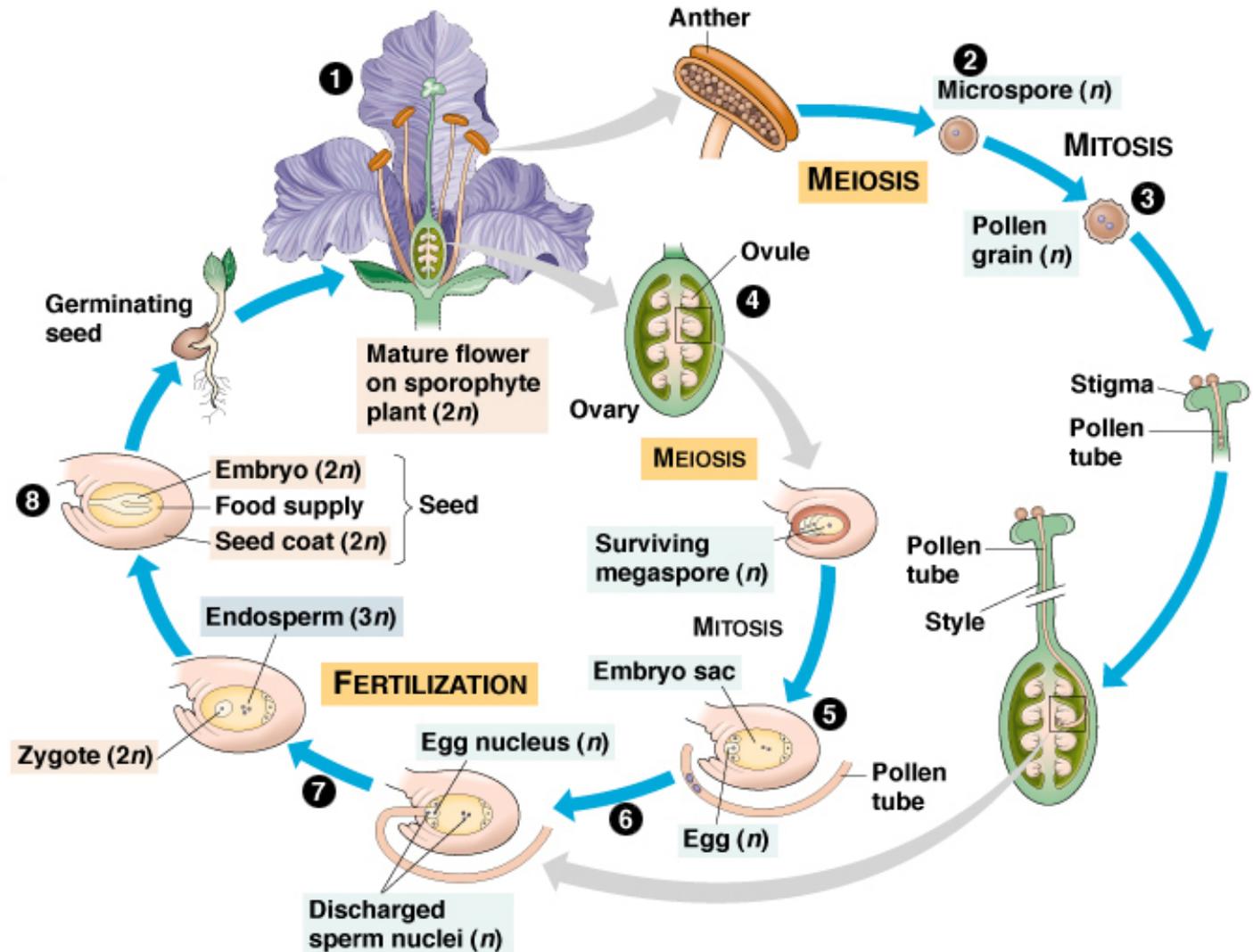
Reprodução assexuada

- Vantagens:
 - Reprodução na ausência de polinizadores.
 - Reprodução de indivíduos estéreis.
 - Menor gasto de energia com a reprodução.
 - Possibilidade de reprodução sexuada.
 - Em ambientes estáveis (adaptação imediata).
- Desvantagens:
 - Acúmulo de mutações desvantajosas.
 - Menor capacidade de ajuste às mudanças do ambiente.

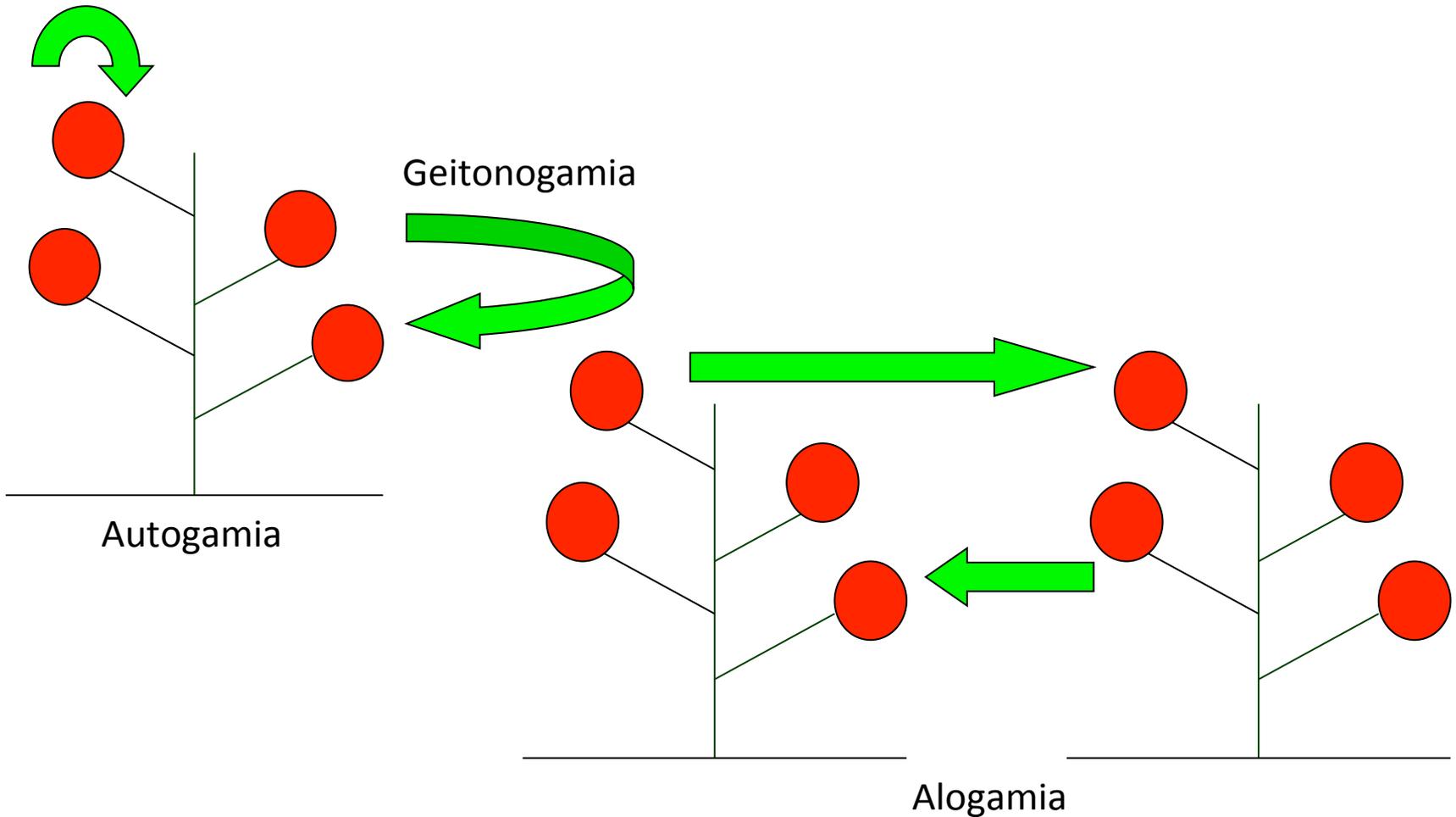
Reprodução sexuada

KEY TO LABELS

- Haploid (n)
- Diploid ($2n$)
- Triploid ($3n$)



Reprodução sexuada



Reprodução sexuada

- Recombinação gênica: maior variabilidade genética.
- Autogamia x alogamia:
 - Estratégia de floração: quanto mais curta e com mais flores, maior a tendência de autogamia.
 - Distribuição das plantas no espaço: quanto mais longe, maior a tendência de autogamia.
 - Características florais.
 - Relação com polinizadores.

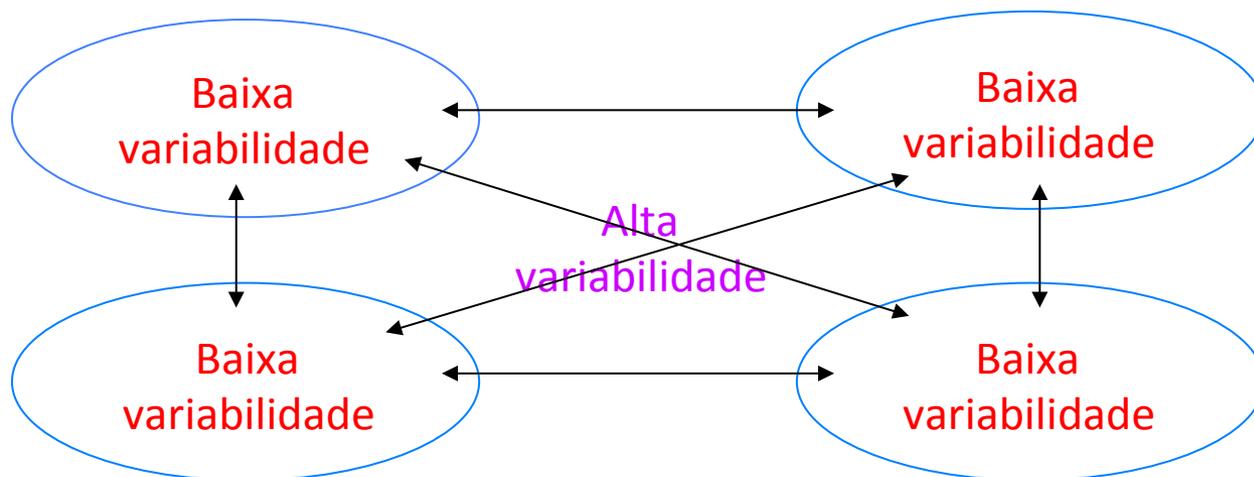
Reprodução sexuada: autogamia

- Flores abertas (casmogamia) ou fechadas (cleistogamia).
- Cleistogamia:
 - Pode promover 100% de autogamia, dependendo da razão entre flores cleistógamas e casmógamas.
 - Produção de flores cleistógamas é relacionada a condições ambientais.
 - Relatada em 287 espécies de 56 famílias de Angiosperma.



Reprodução sexuada: autogamia

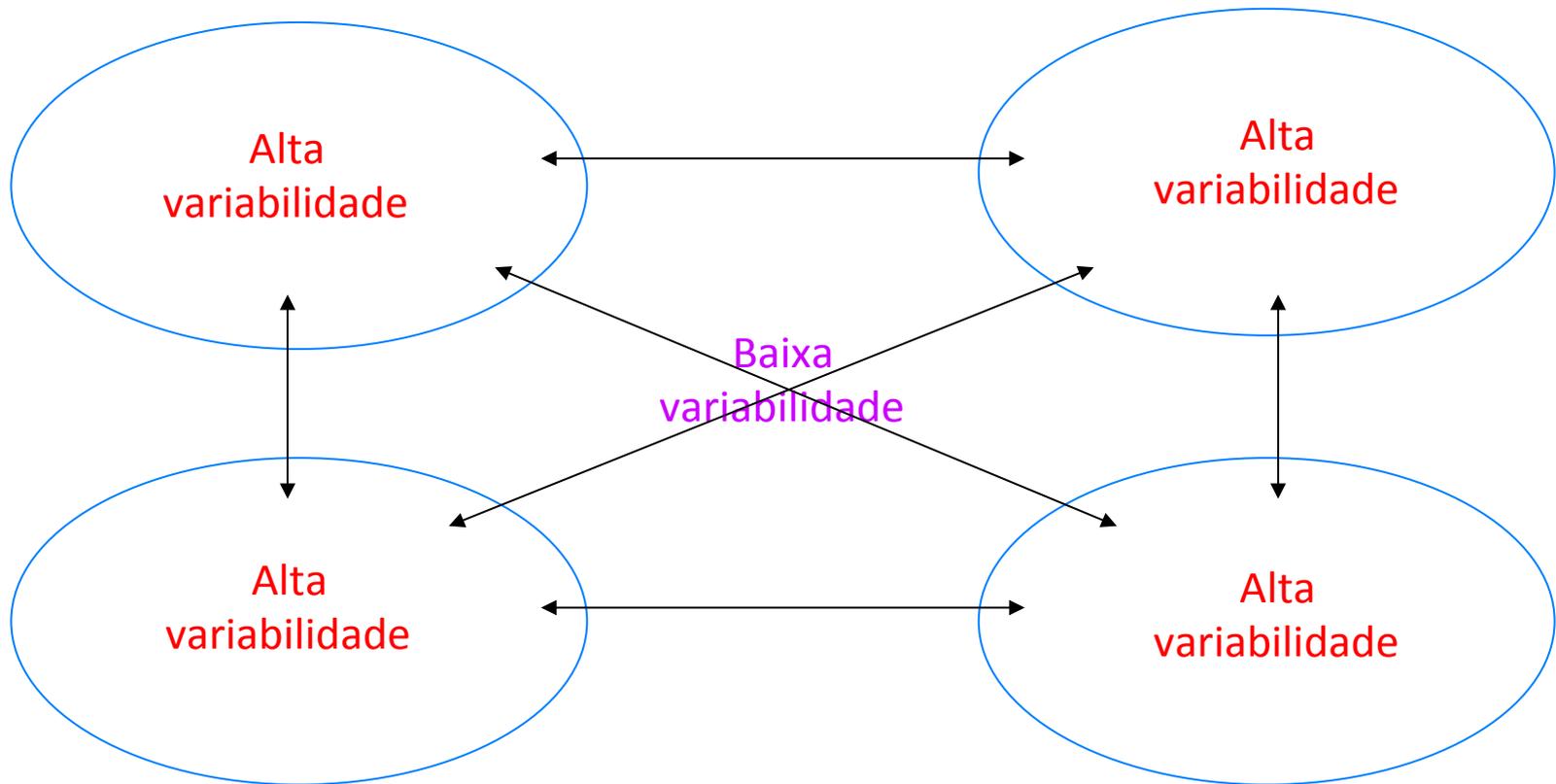
- Baixa variabilidade genética intrapopulacional em relação às espécies alógamas, mas maior do que a das espécies agamospermas devido à recombinação gênica.
- Alta variabilidade interpopulacional em relação às espécies alógamas, mas menor do que a das espécies agamospermas.



Reprodução sexuada: autogamia

- Principal vantagem:
 - Garantia reprodutiva.
- Principal desvantagem:
 - Menor capacidade de ajuste às mudanças do ambiente em relação às espécies alógamas, mas maior do que a das espécies agamospermas.

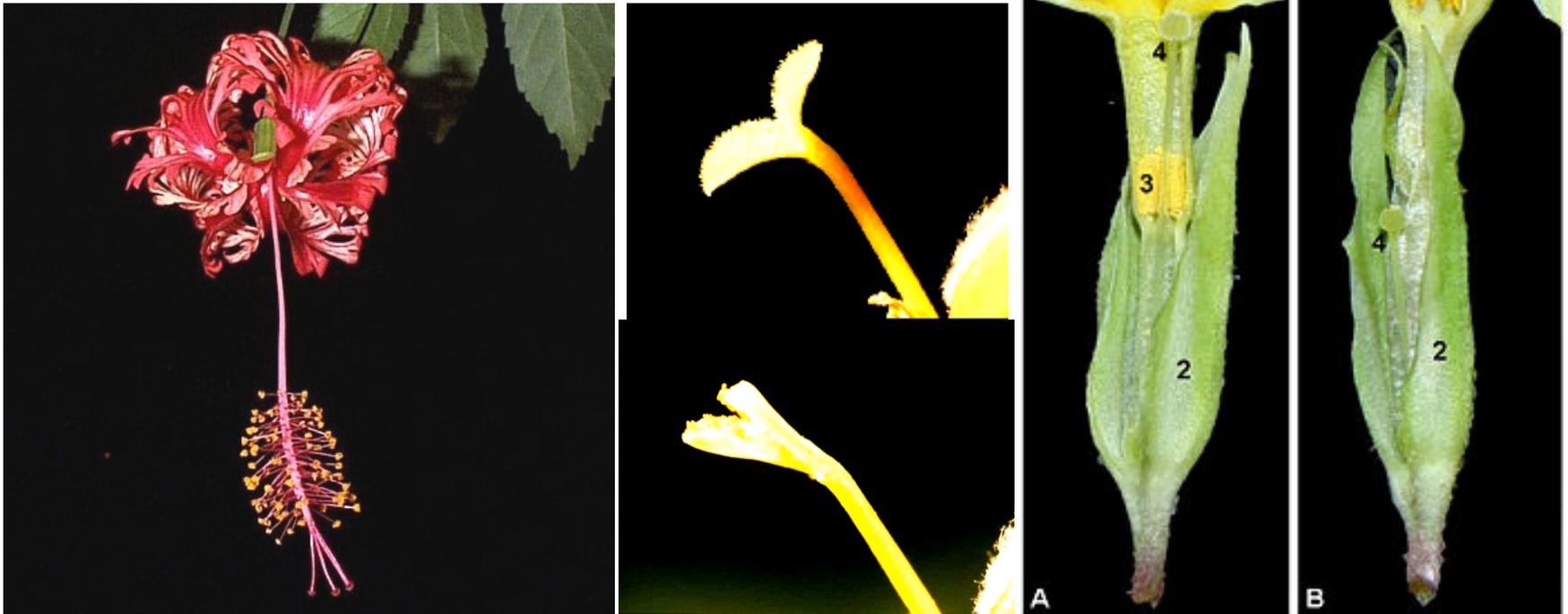
Reprodução sexuada: alogamia



- Impedimentos físicos, temporais e genéticos à autogamia.

Impedimentos físicos à autogamia

- Herkogamia: apresentação e recepção de pólen espacialmente separadas em uma flor ou em um indivíduo.



Impedimentos temporais à autogamia

- Dicogamia: maturação temporal diferenciada entre androceu e gineceu de uma mesma flor, ou entre flores estaminadas e pistiladas de um mesmo indivíduo (protoandria e protoginia).
 - Muito comum em Angiosperma.
 - Maior precisão na prevenção da autogamia.



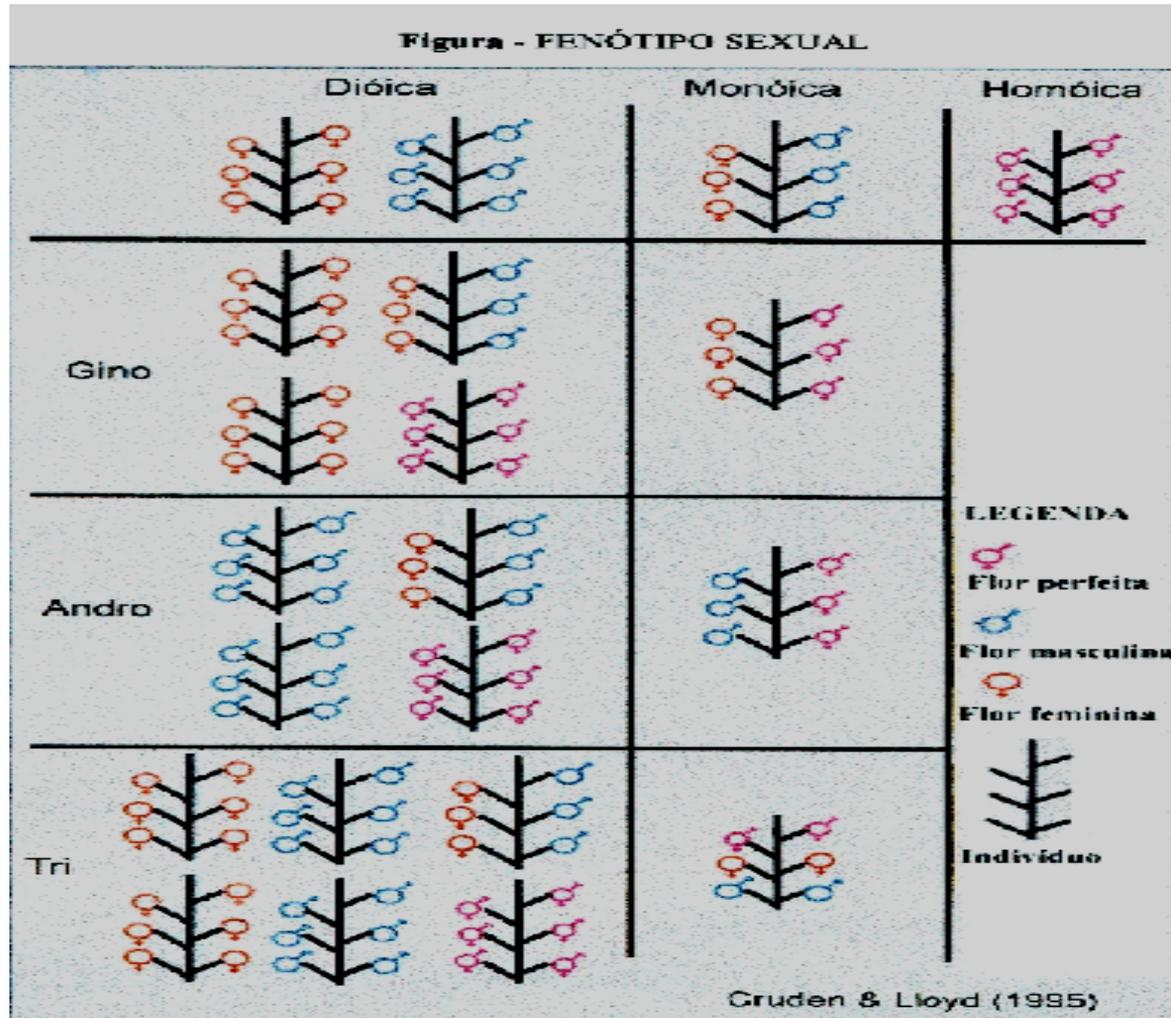
Impedimentos genéticos à autogamia

- Autoincompatibilidade genética: incapacidade de um indivíduo que produz pólen fértil de produzir sementes após autopolinização.
 - Mal desenvolvimento do tubo polínico ou impedimentos na fertilização.
- Reações de incompatibilidade: no grão de pólen, no estigma, no tubo polínico, no estilete ou no ovário pré e pós-fertilização.
- Relatados em centenas de gêneros de 60 famílias de Angiosperma.

Reprodução sexuada: alogamia

- Principal vantagem:
 - Permite maior capacidade de ajuste às mudanças do ambiente, conferindo estabilidade à população a longo prazo.
- Principais desvantagens:
 - Dependência de polinizadores previsíveis no tempo e no espaço.
 - Altos custos com a reprodução.

Sistemas de reprodução



Sistemas de reprodução

- Populações da mesma espécie podem apresentar diferentes sistemas de reprodução.
- Indivíduos podem produzir flores femininas, masculinas ou hermafroditas em diferentes épocas.
- Espécies homóicas podem apresentar dioiccia funcional: atrofia de um dos sexos de todas as flores do mesmo indivíduo, resultando em indivíduos femininos e indivíduos masculinos na população.
- Espécies monóicas muitas vezes apresentam dicogamia, evitando autogamia.

Dioicia

- Geralmente, há maior proporção de indivíduos femininos.
- Espécies dióicas e dióicas funcionais podem apresentar 100% de alogamia, aumentando a variabilidade genética.
- Polinização:
 - 1/3 das espécies é polinizado por engano: flores masculinas abrem primeiro e polinizadores aprendem a visitar a espécie.
 - Algumas espécies têm flores femininas com recurso aos polinizadores.
- Ocorre menos do que os outros sistemas de reprodução.
- Mais comum na flora arbórea tropical.

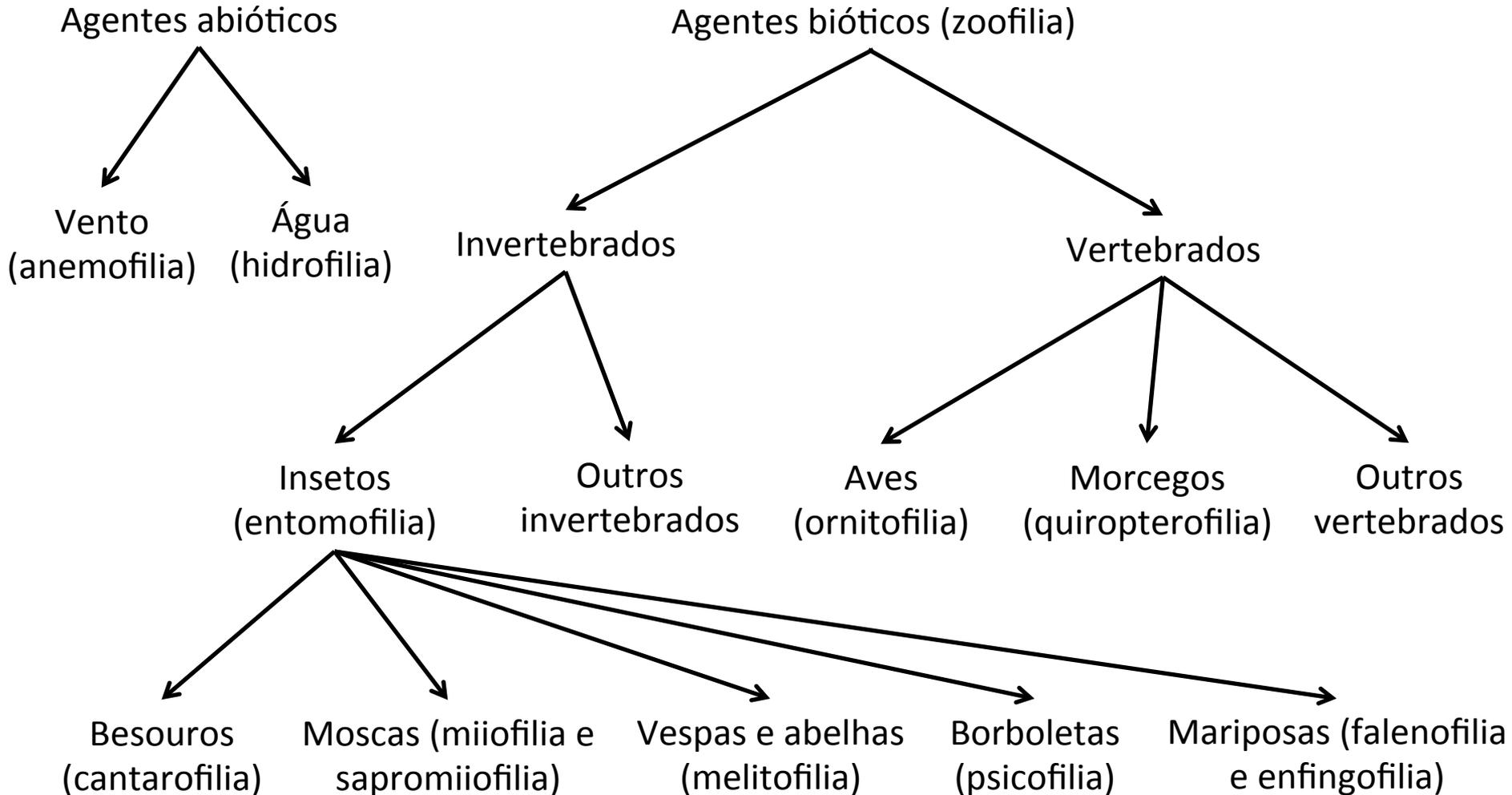
Dioicia

- Principal vantagem:
 - Permite maior capacidade de ajuste às mudanças do ambiente.
- Principais desvantagens:
 - Sistema inflexível.
 - Somente uma parte da população pode formar frutos e sementes (indivíduos femininos).

Síndromes de polinização

- Federico Delpino (1873-74): “características comuns a flores polinizadas por um determinado grupo de agentes polinizadores”.
- Mais recentemente: “conjunto de características florais que convergiram evolutivamente associadas a atração e utilização de grupos funcionais específicos de polinizadores”.

Polinizadores



Polinização abiótica

- Processo ao acaso.
- Flores masculinas com muito pólen: processo antieconômico.
- Flores femininas com estigma plumoso e ampla superfície.
- Flores não apresentam recursos (nectar, cera, odor...) e o pólen tem baixo valor nutricional.
- Flores podem ser pequenas, esverdeadas e não-ornamentadas (às vezes, sem pétalas).

Anemofilia

- Relatada em 12% das Angiosperma.
- Grãos-de-pólen pequenos e leves, sem exsudato viscoso, às vezes consumidos por insetos.
- Comum em áreas abertas: flores antes de folhas em florestas temperadas.
- Flores masculinas com filetes e estames longos, flexíveis e expostos.
- Flores femininas com estilete longo e estigma protuberante.



Hidrofilia

- Relatada em apenas 2% das Angiosperma (31 gêneros de 11 famílias).
- Ocorre em plantas aquáticas e algumas terrestres polinizadas pela chuva.
- O grão de pólen é maior, com substâncias viscosas ou mucilagem, transportado principalmente na superfície da água.
- Muitas plantas aquáticas têm flores que emergem, sendo polinizadas pelo vento ou por insetos.



Polinização biótica

- Ocorre na maior parte das Angiosperma.
- Animais visitam flores em busca de alimento (néctar e pólen), local para acasalamento ou oviposição, proteção, obtenção de cera, óleo, feromônio ou odor, etc.
- Flores apresentam características que indicam a presença de recompensa aos polinizadores: forma, cor, cheiro, horário da antese...
- Morfologia e comportamento do animal resultam na coleta de pólen de uma flor e sua deposição do estigma de outra flor da mesma espécie.
- Pólen pesado e muitas vezes com exsudato viscoso.
- A interação apresenta diferentes graus de especilização: espécie-específica a altamente generalista.

Especialização polinizador x planta



Cantarofilia

- Besouros se alimentam principalmente de pólen e partes florais, e acasalam-se nas flores.
- Recursos bastante acessíveis, mas sem guia de néctar.
- Ovário muito protegido.
- Flores grandes e solitárias em forma de prato.
- Flores pequenas em inflorescências.
- Diferentes cores.
- Odores fortes (adocicados ou de podre) e feromônios (liberados com aumento da temperatura de Araceae).
- Às vezes, há armadilhas nas flores.

Cantarofilia



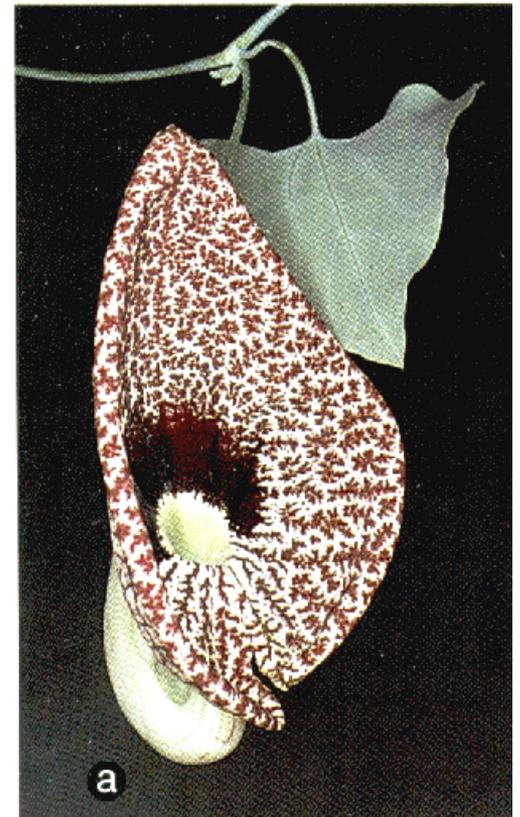
Miiofilia

- Moscas se alimentam de pólen, néctar ou substâncias precursoras de feromônios.
- Recursos bastante acessíveis e com guia de néctar.
- Flores de diferentes cores, em forma de prato ou tubulares.
- Odor imperceptível.



Sapromiiofilia

- Moscas saprófitas se alimentam e/ou ovipõem em matéria orgânica em decomposição, visitando as flores por engano.
- Flores de cor púrpura, opaca e com manchas claras.
- Odor desagradável.
- Sem recurso e sem guia de néctar.
- Armadilhas.
- Janelas claras ou transparentes: facilitam a saída das moscas.



Melitofilia

- Abelhas têm alta dependência de néctar e pólen, às vezes de uma ou poucas espécies de plantas.
- Também coletam cera, óleo e odor.
- Diferentes tamanhos, comprimentos de língua e comportamento.
- 40 mil espécies de abelhas polinizam grande parte das espécies de Angiosperma.
- Grande habilidade para se lembrarem de cores, odores e formas de plantas.
- Aprendem como explorar diferentes flores e conseguem acessar recursos em flores de estrutura complicada, onde outros insetos não são capazes de buscar alimento.

Melitofilia

- Ordenham as anteras para a liberação do pólen.
- Têm pelos e estruturas especiais para o transporte de pólen.
- Grupo melhor adaptado à polinização, principalmente *Apis*.



Melitofilia

- Flores abrem-se durante o dia.
- Variáveis em tamanho e formato (simétricas ou assimétricas).
- Cores vivas, geralmente amarelo ou azul, com reflexão ultra-violeta (nunca vermelho puro) que funciona como guia de néctar.



Melitofilia

- Néctar escondido, mas não profundamente, e em quantidades moderadas.
- Mecanicamente fortes, com plataforma de pouso.
- Odores agradáveis, não muito fortes.



Psicofilia

- Borboletas alimentam-se de néctar e, em alguns casos, pólen.
- Flores abrem-se durante o dia.
- Geralmente são grandes e vistosas, com cores que incluem o vermelho puro, amarelo e azul.
- Tubulares, eretas, simétricas e com anteras fixas.
- Corola com borda inteira ou pouco recortada: plataforma de pouso.
- Néctar em grande quantidade no fundo do tubo floral ou esporão.
- Guias de néctar ou guias de língua mecânicos.
- Odor fraco, agradável.

Psicofilia



Falenofilia e Esfingofilia

- Mariposas alimentam-se de néctar.
- Principalmente noturnas, com olfato desenvolvido e probóscides muito longas.
- Maior parte das espécies paira em frente à flor.



Falenofilia e Esfingofilia

- Flores abrem-se à noite.
- Grandes, brancas ou pálidas, raramente vermelhas.
- Tubulares, horizontais ou pendentes, assimétricas e com anteras versáteis.
- Corola muito lobada: sem plataforma de pouso.
- Odor forte, adocicado, somente à noite.
- Mais néctar que em flores polinizadas por borboletas ou abelhas.
- Néctar no fundo do tubo floral muito longo ou esporão, mais estreito que em flores polinizadas por pássaros.
- Geralmente sem guias de néctar: orientação pelo contorno da flor.

Falenofilia e Esfingofilia



Ornitofilia

- Aves alimentam-se principalmente de néctar.
- Podem pairar no ar, especialmente os beija-flores.
- Beija-flores têm bico forte e grande, e bico e língua longos.



Ornitofilia

- As flores abrem-se durante o dia.
- Grandes ou em inflorescências, tubulares (beija-flores), com cores fortes, frequentemente avermelhadas, e manchas vistosas.
- Não há guia de néctar.
- Néctar muito abundante, no fundo do tubo floral ou em esporão.
- Sistema capilar trazendo o néctar para cima ou evitando que flua para fora da flor.
- Ausência de odor.



Quiropterofilia

- Morcegos alimentam-se principalmente de néctar.
- Hábito noturno.
- Focinho e língua mais longos que os de morcegos insetívoros, e dentes frontais reduzidos ou ausentes.
- Não percebem bem as cores.
- Podem se agarrar, usando as unhas dos polegares.



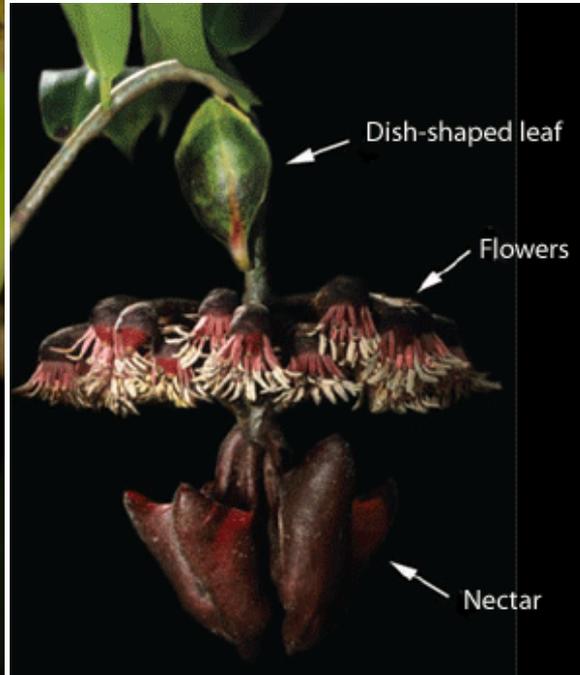
Quiropterofilia

- Flores abrem-se à noite.
- Grandes, solitárias, fortes, vistosas e em forma de sino.
- Pequenas em grandes inflorescências.
- Expostas fora da folhagem, pendentes ou cauliflora.
- Brancas, esverdeadas ou arroxeadas, raramente rosas.
- Grande quantidade de néctar e de pólen, disponíveis por muitas horas.
- Odor forte.



Quiropterofilia

- Guia acústico.



Polinização biótica

- Pode ocorrer “falha no sistema”: polinização acidental e pilhadores.



Síndromes de polinização

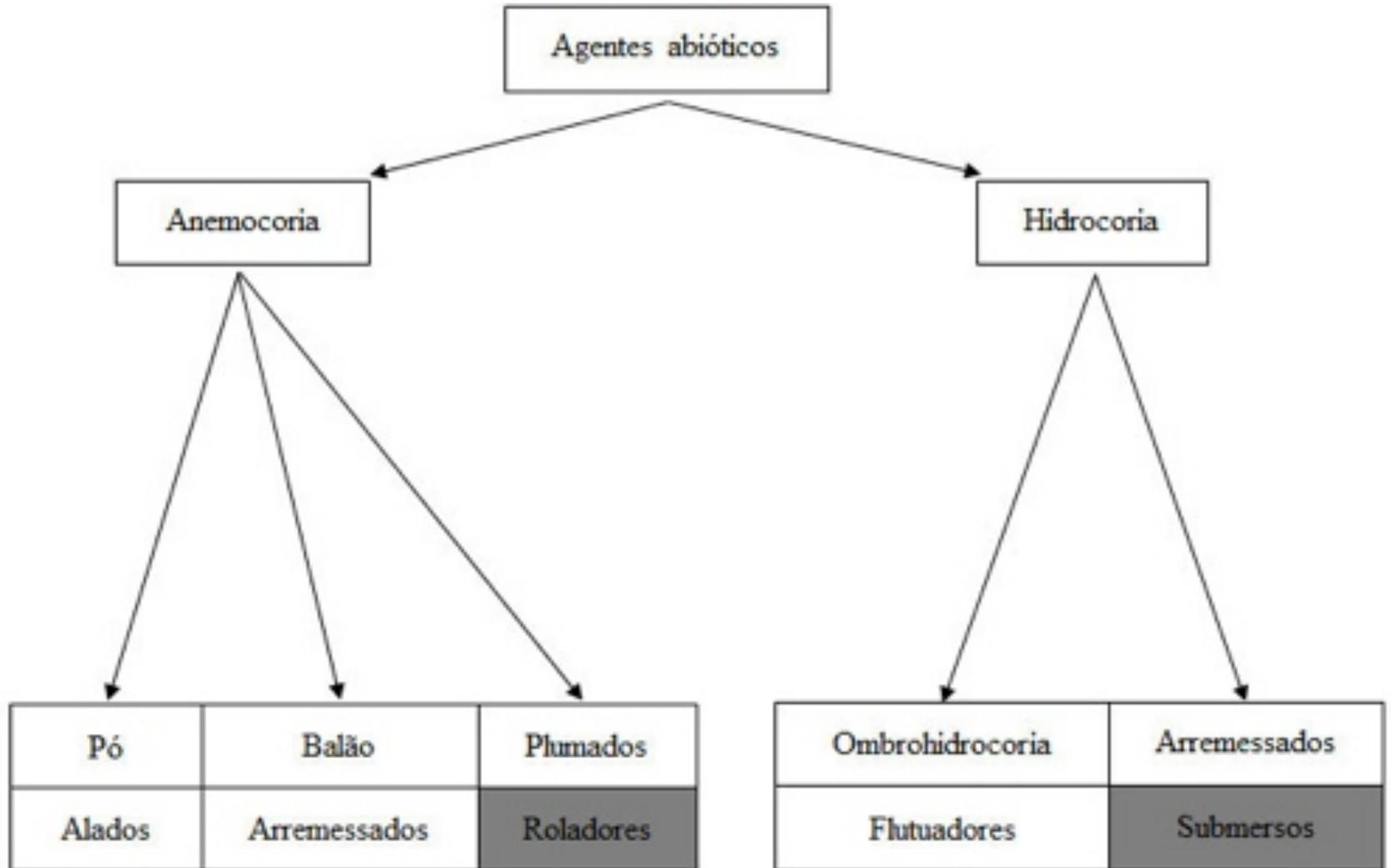
- Associação muito estreita: polinização é um evento complexo, mas associações estreitas raramente ocorrem (não são vantajosas evolutivamente).
- Plantas apresentam características florais de mais de uma síndrome.
- Baixo valor das síndromes em prever o polinizador mais comum de cada espécie.
- Desuso de síndromes: sistemas de polinização.

Síndromes de dispersão

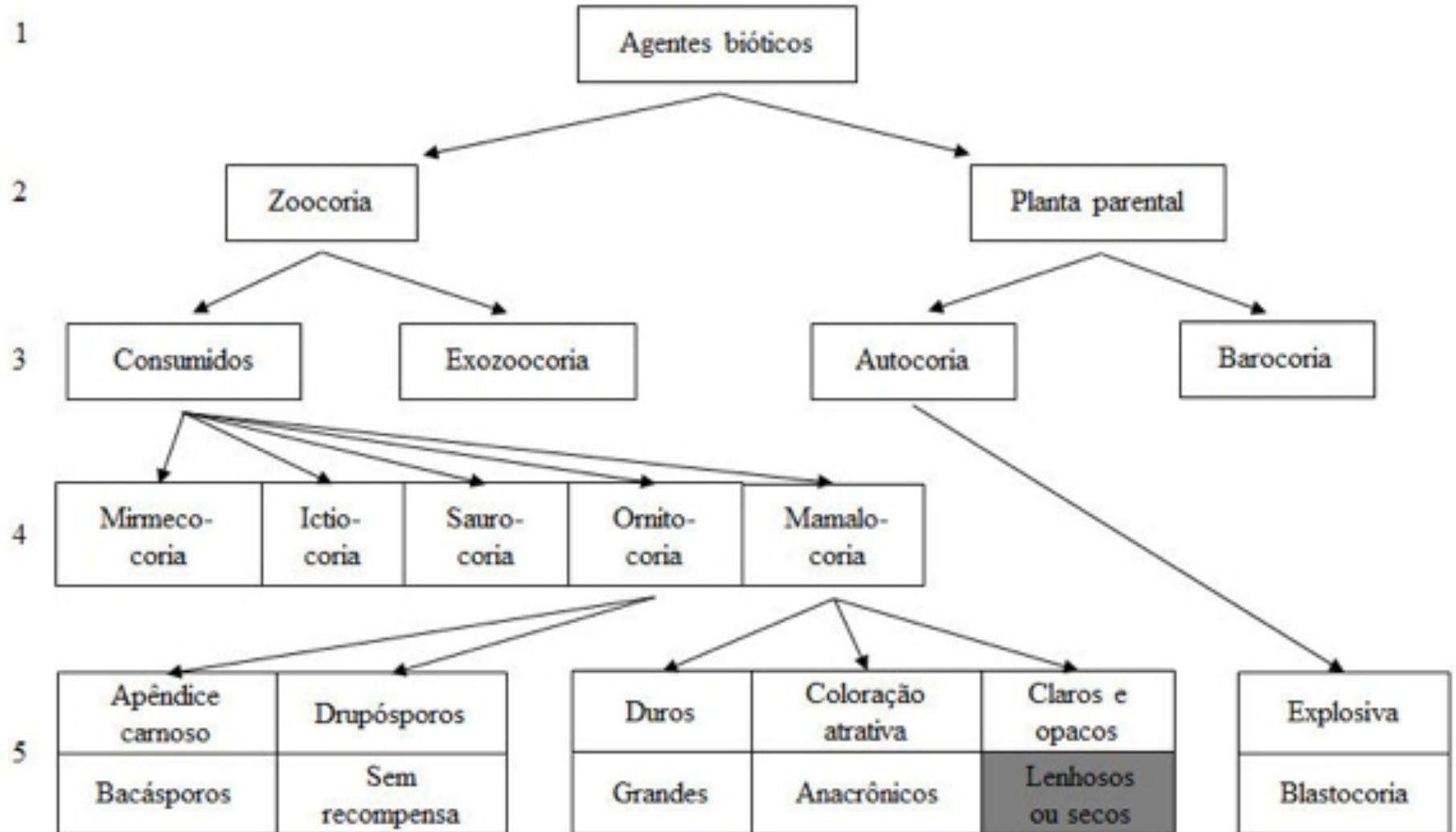
- Não assumem associação estreita: “Conjunto geral de características morfológicas que indicam o grupo mais provável de dispersor” (van der Pijl 1972).
- Amplas, ou restritas e precisas.
- Nem sempre todas as características estão presentes no diásporo.
- Dispersão de sementes é um processo menos exigente do que polinização:
 - Eventos estocásticos.
 - Diásporos são recurso alimentar de fácil acesso: são consumidos por animais que nem sempre são os esperados a partir da síndrome de dispersão.
- São amplamente utilizadas para se inferir qual é o **principal grupo** de agentes dispersores sem observações diretas: determinação exata só é possível com observações de campo.

Dispersores

1
2
3
4
5

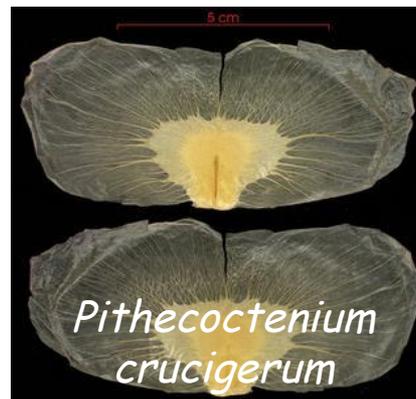
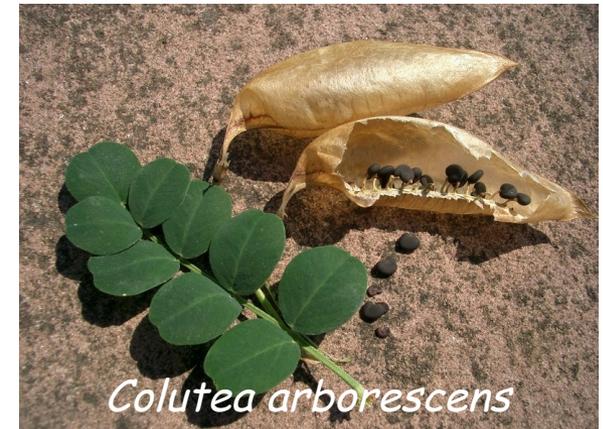


Dispersores



Anemocoria

- **Diásporos** pequenos, numerosos, de cor marrom ou clara e peso variável, provenientes de frutos secos.



Hidrocoria

- Diásporos similares aos anemocóricos, mas em espécies geralmente associadas a ambientes aquáticos.



Sedrum acre



Ocimum basilicum



Bertolonia mosenii



Kalanchoe tubiflora



Nymphoides peltata

doris.fressm.fr © Jean-Pierre COROLLA



Cocos nucifera



Hevea brasiliensis

Autocoria

- Diásporos também marrons ou de cores pálidas provenientes de frutos secos.



Barocoria

- Diásporos com forma aerodinâmica e peso relativamente grande.
- Ausência de outros dispersores?



- *Rhizophora mangle*:

- Monospermia por aborto: evita competição.
- Viviparidade: evita afogamento e hipóxia.
- Diásporos em forma de lança: se enterram no solo próximos à planta parental; conseguem flutuar e têm movimento geotrópico.



Zoocoria

- 60% a 90% das espécies em florestas tropicais.
- Subdividida de acordo com o grupo de animais dispersores.
- O diásporo pode ser carregado por epizoocoria (ou exozoocoria) ou endozoocoria.



- Epizoocoria (ou exozoocoria):
 - Superfície rugosa com mecanismos adesivos.
 - Comum em herbáceas.
 - Desenvolvem-se próximos ao solo.
 - Destacam-se facilmente da planta parental.



- Endozooecoria: dispersão eficiente quanto a semente não é danificada; se ocorre dano, o animal é predador.
 - Tratamento à semente.
 - Comportamento do dispersor.



Tangara cyanocephalla



- Diásporos consumidos pelos animais:
 - Porção carnosa que serve principalmente como alimento aos animais.
 - Geralmente apresentam **coloração atrativa** aos animais.
 - Outras características são muito variáveis.



Mirmecocoria

- Principal característica: sementes com elaiossomo.



Ricinus communis



Croton sp.

Ictiocoria

- Plantas de beira de rio e locais alagados.



Saurocoria

- Algumas tartarugas, jabutis, lagartos e jacarés.
- Geralmente de cor laranja ou vermelha.
- Com odor.

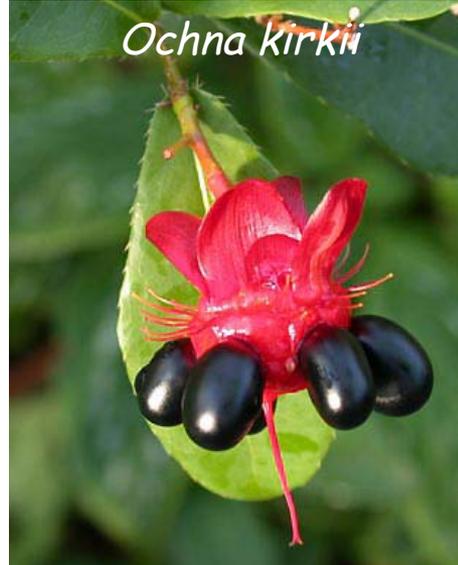


Ornitocoria

- Proteção presente na parte externa contra o consumo prematuro.
- Proteção interna da semente contra digestão.
- Brilho e coloração atrativa quando maduros: vermelho, laranja, preto ou azul escuro; estas cores com tons claros; órgãos auxiliares; folhagem (**contraste**).
- Sem odor.

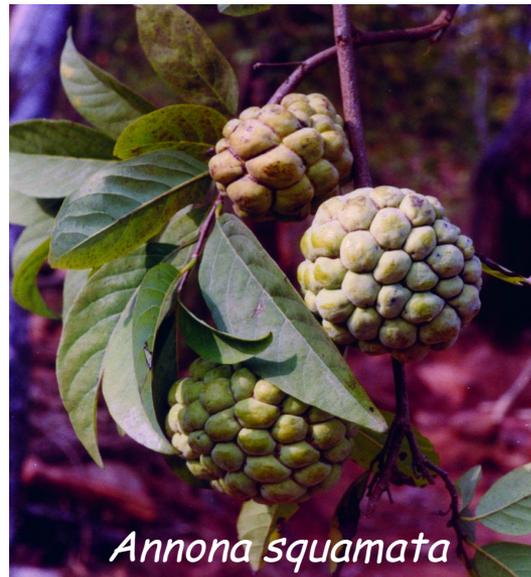
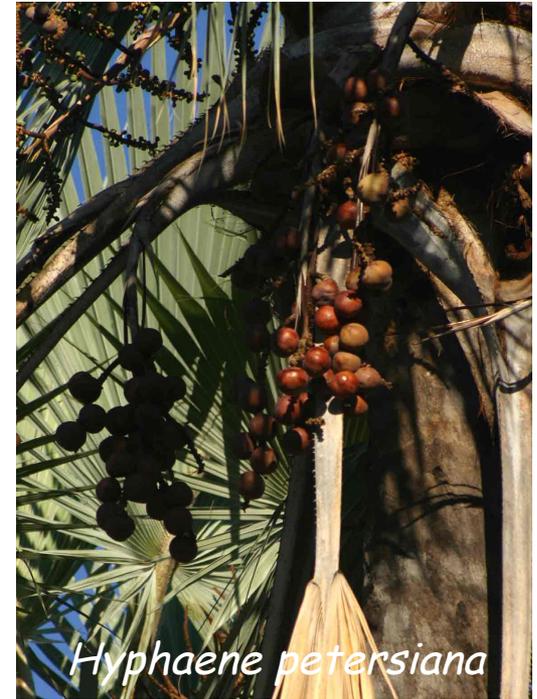


- Grande variação morfológica.



Mamalocoria

- Tamanho geralmente grande.
- Proteção presente na parte externa contra o consumo prematuro.
- Proteção da semente contra danos mecânicos.
- Coloração atrativa nem sempre presente.
- Odor geralmente atrativo.



- Características variam de acordo com o grupos de mamíferos.
- Mamíferos pastadores:
 - Frutos de herbáceas, mas também de *Acacia*.
 - Parte atrativa não se encontra nos diásporos, mas sim na folhagem rica em nutrientes: ingestão acidental.
 - Sementes pequenas e duras, geralmente de frutos lenhosos.



- Quiropteroecoria:
 - Principalmente em Araceae, Clusiaceae, Cucurbitaceae, Moraceae, Piperaceae, Solanaceae e Urticaceae (spp. da antiga Cecropiaceae).



- Desprotegidos e expostos no ramo ou em plantas de fácil acesso.
- Cores opacas e claras: roxo, azul, verde, amarelo, verde-amarelado, branco ou laranja, contrastantes com a folhagem mais escura.
- Odor forte: de podre ou não; nem sempre é perceptível aos humanos.
- Suculentos (polpa aquosa).

Carollia perspicillata e Piper sp.



Platyrrhinus e Diospyros

- Mamíferos da ordem Carnivora:
 - Frutos de plantas herbáceas e spp. de Arecaceae.
 - Odor específico quando maduros.
 - Caem da planta parental quando maduros.
 - Nas cores vermelha, preta, **marrom**, **branca**, **azul** ou **verde**.
 - Maiores do que os dispersos por aves e morcegos.
 - Pesados, ricos em polpa e com muitas sementes.



- Primatocoria:

- Frutos com casca dura ou macia muito coloridas: preto, roxo, rosa, amarelo, laranja ou cinza-esverdeado.
- Grandes sementes com arilo amarelo ou laranja.
- Odor forte, mas não de podre.
- Primatas se alimentam de frutos verdes e maduros.
- Preferência por frutos suculentos.
- Muitas vezes são predadores e dispersores ocasionais.



- *Glicocoria*:

- Roedores são primariamente predadores.
- Diásporos duros, geralmente frutos com casca dura e com uma ou várias sementes.
- Cápsulas vermelhas, verdes ou amarelas com sementes envoltas por uma polpa branca.
- Sementes com estruturas arilóides cerosas e duras.
- Sem odor.



Carya sp.



• Semente é um indivíduo recombinante e sua dispersão beneficia a planta parental de três maneiras:

1- Fuga: diminui a mortalidade dependente de densidade devido a predação e infestação por patógenos de sementes e plântulas, e à competição das plântulas com a planta parental e com indivíduos da coorte, comuns em locais com grande densidade de sementes e plântulas, como próximo da planta parental.

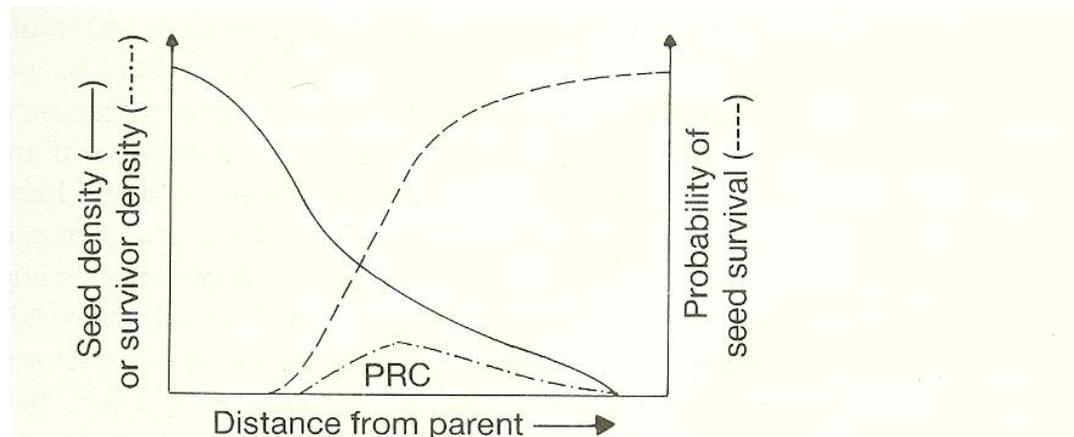
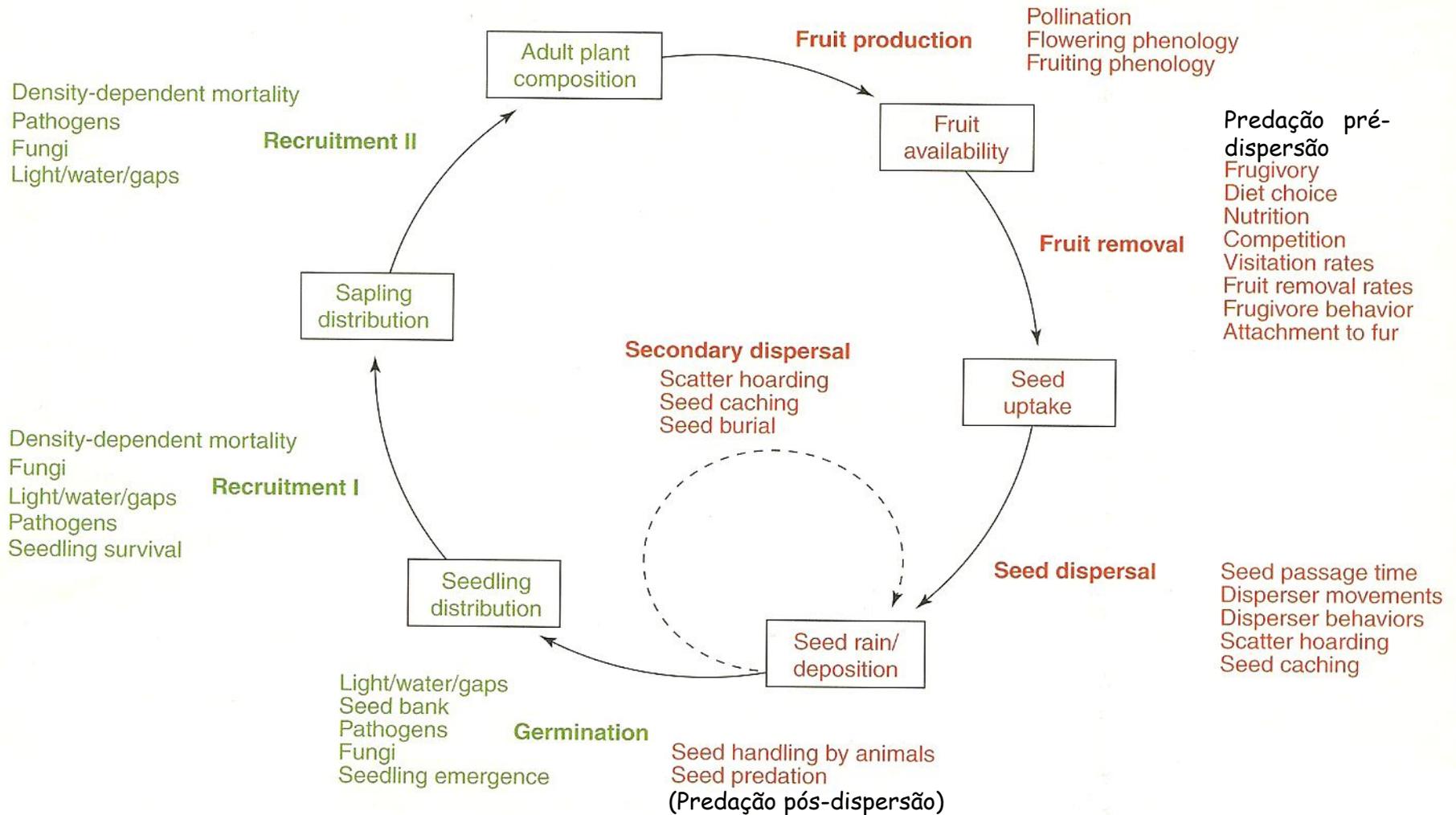


Fig. 4.9. Janzen's (1970) original 'distance hypothesis' model of tree recruitment. Seed density (solid line) is assumed to fall off with distance from the parent. Probability of seed survival (dashed line) is assumed to *increase* with distance from the parent as a result of reduced risk from natural enemies. Consequently, the population recruitment curve (PRC) peaks at some distance from the parent tree. Peak probability of seed survival is always much less than 1.0 (see Chapter 6).

2- Colonização: movimento de sementes para novos habitats; geralmente há armazenamento de sementes em bancos de sementes.

3- Dispersão direcionada: alta deposição de sementes em micro-habitats que são melhores para a sobrevivência de sementes e o estabelecimento de plântulas; comumente observada em formigueiros, latrinas e LEKs.





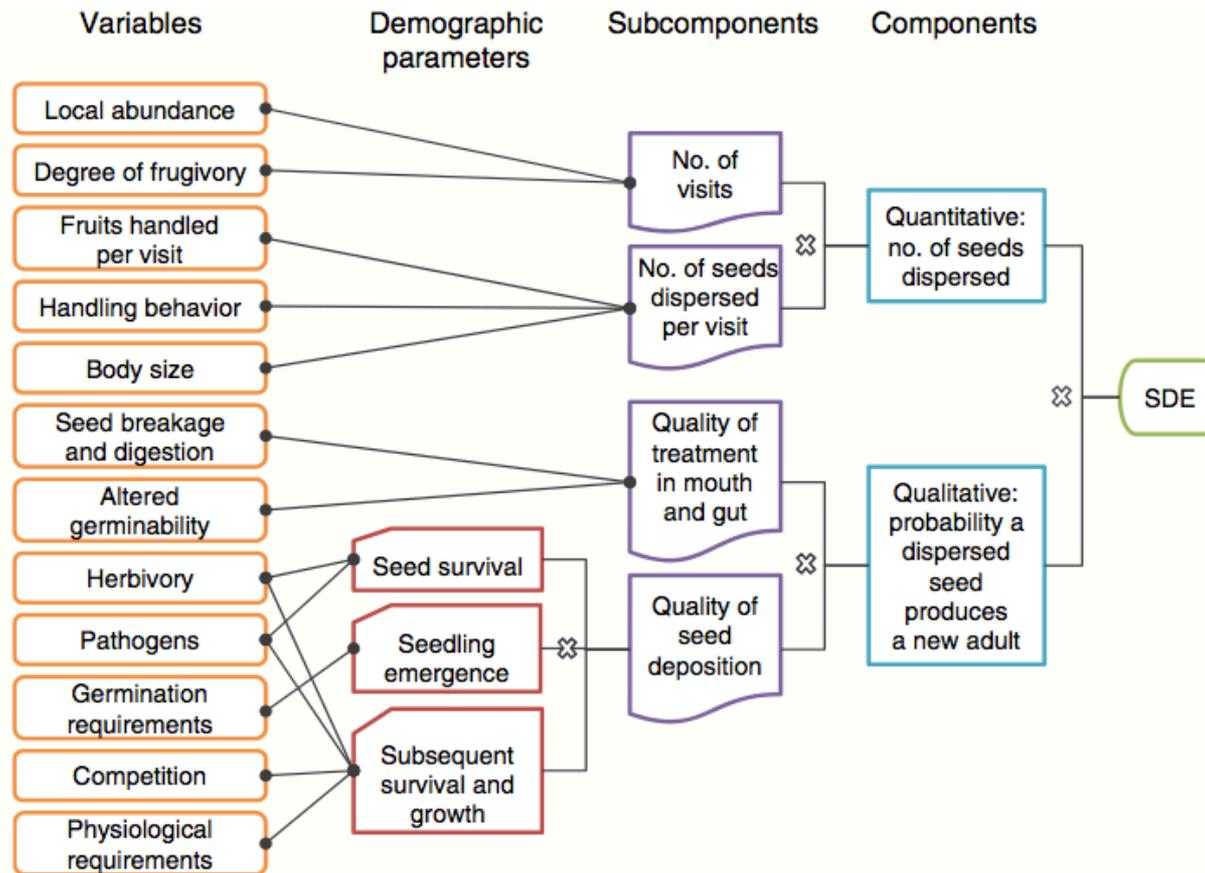


Fig. 2 A hierarchical flow chart representing the determinants of seed dispersal effectiveness (SDE) for a model endozoochorous seed dispersal system. 'Components' and 'subcomponents' provide the major organizing framework for developing studies and calculating SDE. 'Demographic parameters' represent a simplified life table for determining the 'quality of seed deposition.' 'Variables' are representative measurable variables that are relevant to studies of SDE. Boxes connected by right-angled lines with an 'x' represent factors that are, at least in principle, multiplicative (e.g. the number of visits × the number of seeds dispersed per visit = the number of seeds dispersed). Straight lines with closed circles on the ends indicate that the variable affects the 'subcomponent' or 'demographic parameter,' but not multiplicatively.

Pergunta

- O que é efetividade de dispersão de sementes (*seed dispersal effectiveness* – *SDE*)? Explique seus componentes e exemplifique como eles podem ser alterados por agentes dispersores múltiplos.
- Schupp, E.W.; Jordano, P. & Gómez, J.M. 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist* 188:333-353.
- Schupp, E.W. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio* 107/108: 15-29.

**“Plants are merely
the mechanism
by which seeds
produce more seeds.”**

**John Harper
(1925-2009)**

