



Interações mutualísticas animais-plantas

Marco A. R. Mello

Contexto

- Disciplina: Ecologia Animal
- Nível: núcleo avançado da Bio
- Versão: pós-graduação
- Bagagem: interações interespecíficas, mutualismo, comunidades, serviços ambientais
- Foco: estado-da-arte



Prólogo

Negativo vs. Positivo

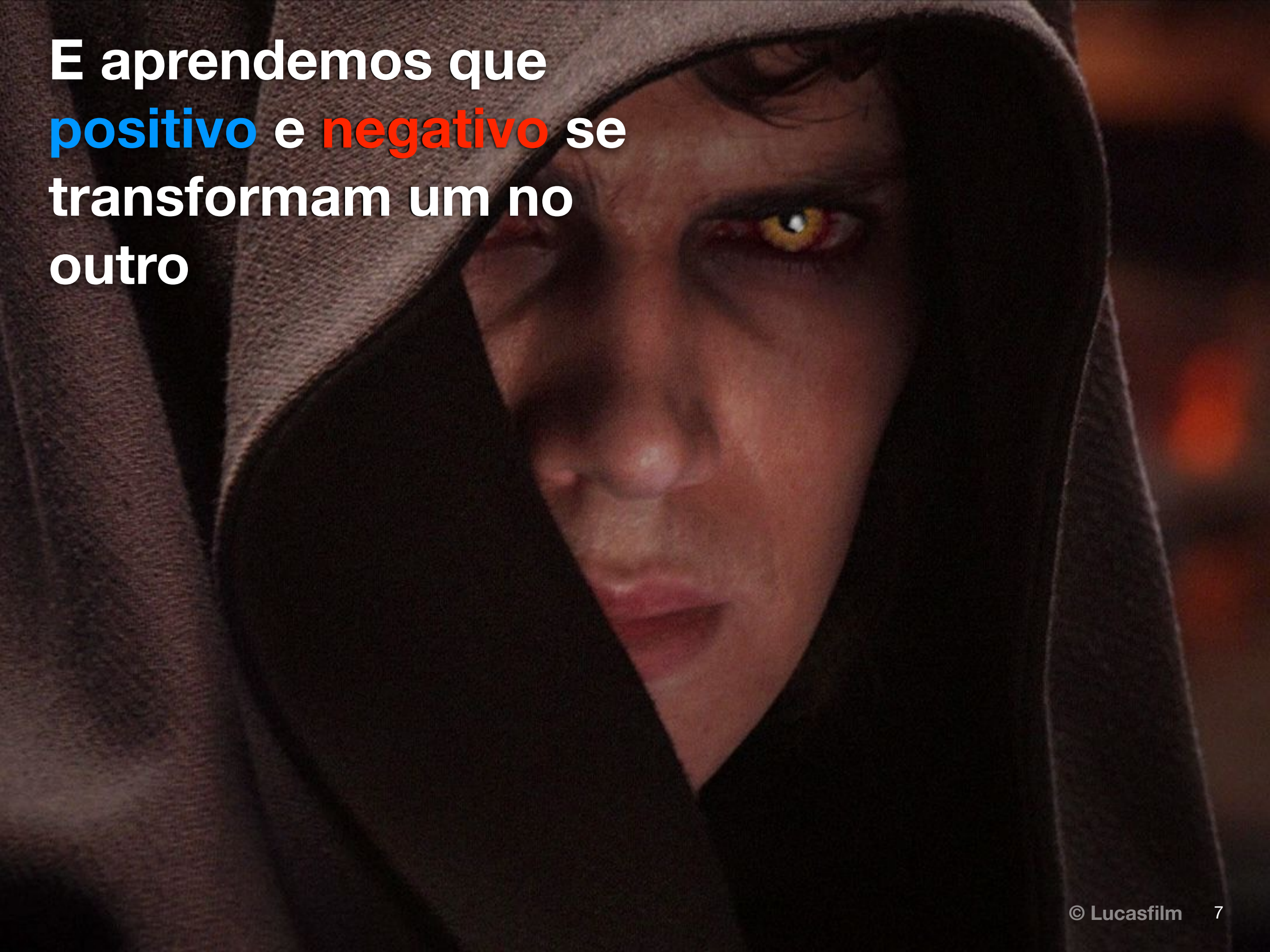


Na Ecologia, durante
muito tempo focamos
apenas o **negativo**



Redescobrimos o
positivo nas últimas
décadas



A close-up, low-angle shot of a character's face, partially obscured by a dark hood. The character has a striking yellow eye with a red and black pattern around it. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, creating a somber and intense atmosphere. The background is dark and out of focus, with some warm, orange-toned light sources visible on the right side.

E aprendemos que
positivo e **negativo** se
transformam um no
outro

Objetivo da aula

Discutir o estado-da-arte no estudo do mutualismo entre animais e plantas



Mutualismo animal- planta

1. As origens
2. Benefícios, eficácia e mudanças
3. Mutualismos duais
4. Dualidade mutualismo-antagonismo
5. Aplicações práticas

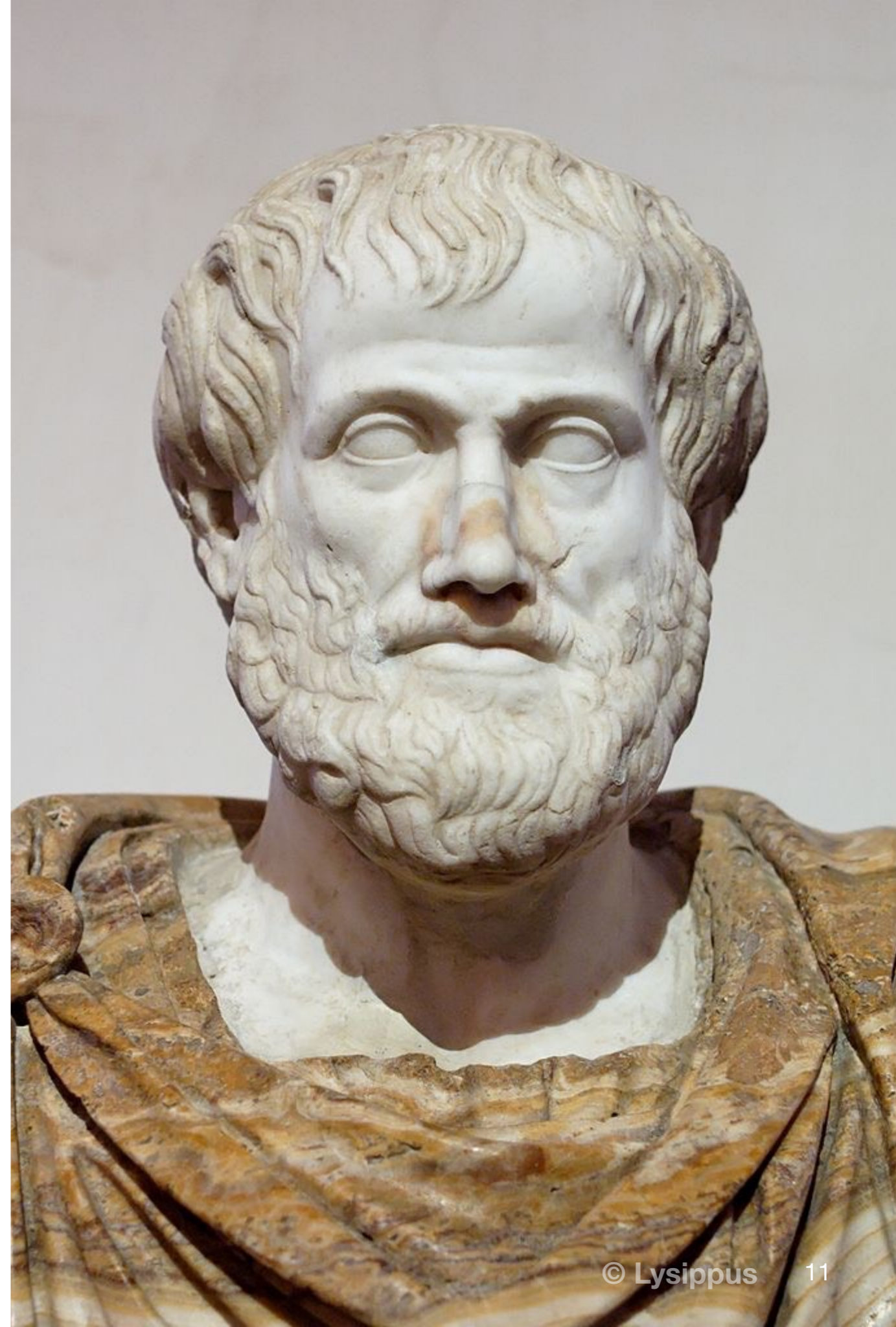


Estudamos o mutualismo
há muito tempo

Aristoteles

Relação entre visitas por abelhas e reprodução de plantas

(Trabalho publicado por seu discípulo Teofrasto no séc. III a.C.)

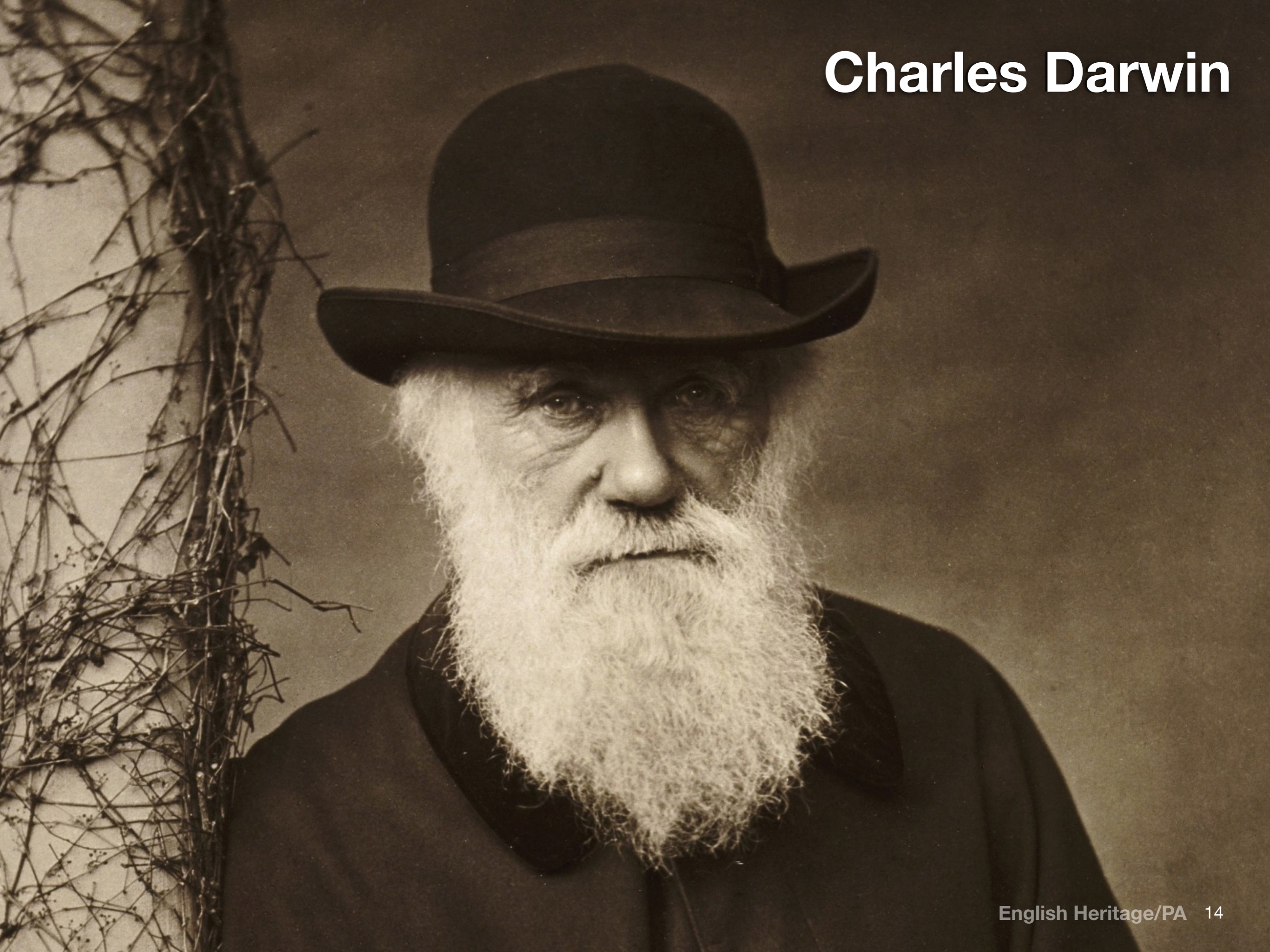


Fast forward >>>

Colina Downe, Inghilterra



Charles Darwin



“É interessante contemplar uma **colina emaranhada**, vestida com muitas plantas de vários tipos, com pássaros cantando nos arbustos, com vários insetos voando por ela, e com vermes rastejando pela terra úmida, e refletir que essas formas elaboradas, tão diferentes umas das outras, e dependentes umas das outras de uma maneira tão complexa, foram produzidas por leis que atuam em torno de nós.”

- Primeira frase do último parágrafo do livro “Sobre a origem das espécies” (Darwin 1859)

“É interessante contemplar uma **colina emaranhada**, vestida com muitas **plantas** de vários tipos, com **pássaros** cantando nos **arbustos**, com vários **insetos** voando por ela, e com **vermes** rastejando pela terra úmida, e refletir que essas formas elaboradas, tão diferentes umas das outras, e dependentes umas das outras de uma maneira tão complexa, foram produzidas por leis que atuam em torno de nós.”

- Primeira frase do último parágrafo do livro “Sobre a origem das espécies” (Darwin 1859)

“É interessante contemplar uma **colina emaranhada**, vestida com muitas **plantas** de vários tipos, com **pássaros** cantando nos **arbustos**, com vários **insetos** voando por ela, e com **vermes** rastejando pela terra úmida, e refletir que essas formas elaboradas, tão diferentes umas das outras, e **dependentes** umas das outras de uma maneira tão **complexa**, foram produzidas por leis que atuam em torno de nós.”

- Primeira frase do último parágrafo do livro “Sobre a origem das espécies” (Darwin 1859)

sistema

“É interessante contemplar uma colina emaranhada, vestida com muitas plantas de vários tipos, com pássaros cantando nos arbustos, com vários insetos voando pela mata, e com vermes rastejando pela terra. É difícil perceber que essas formas elaboradas, tão diferentes umas das outras, e dependentes umas das outras de uma maneira tão complexa, foram produzidas por leis que atuam em torno de um princípio.”

história natural

data science

teoria

- Primeira frase do parágrafo do livro “Sobre a origem das espécies” (1859)

*A colina emaranhada:
Um sistema formado por
organismos de diferentes
espécies conectados entre si
por vários tipos de
interações → Teia da Vida*

Os fios da Teia da Vida

Polinização





Dispersão de sementes

Nectários extraflorais



Mirmecofitismo

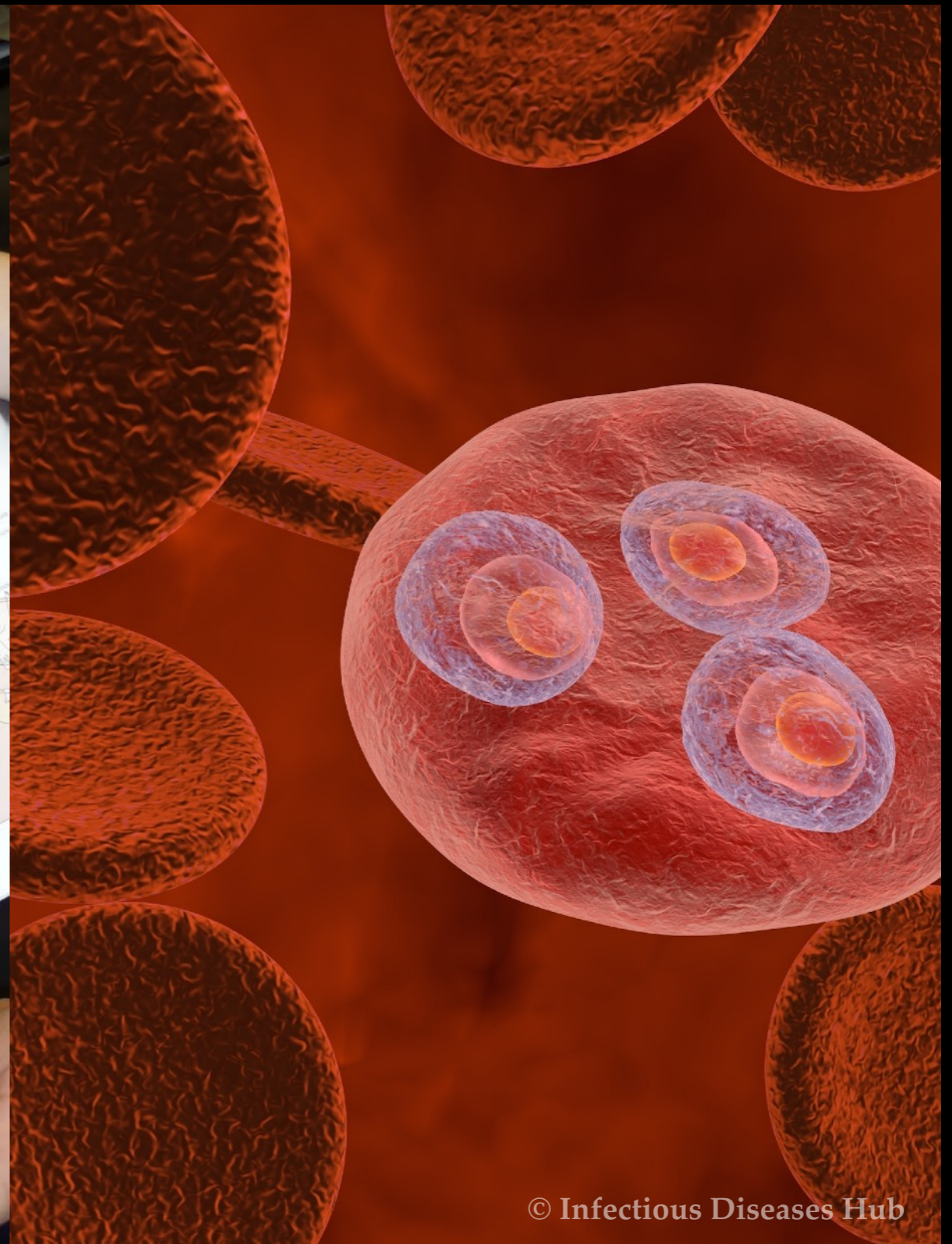


Um esclarecimento:
simbiose vs. mutualismo

Simbiose: alta intimidade, contato duradouro

Mutualista (ruminantes)

Antagonista (malária)



Mirmecofitismo pode ser interpretado como uma simbiose mutualista



Trofobiose



Mutualismo de nutrientes: aranhas e bromélias

(Romero et al. 2006 Ecology)



Mutualismo de nutrientes: morcegos e plantas carnívoras

(Grafe et al. 2011 BiolLet)



É possível prever quem
interage com quem?

A teoria das síndromes de interações

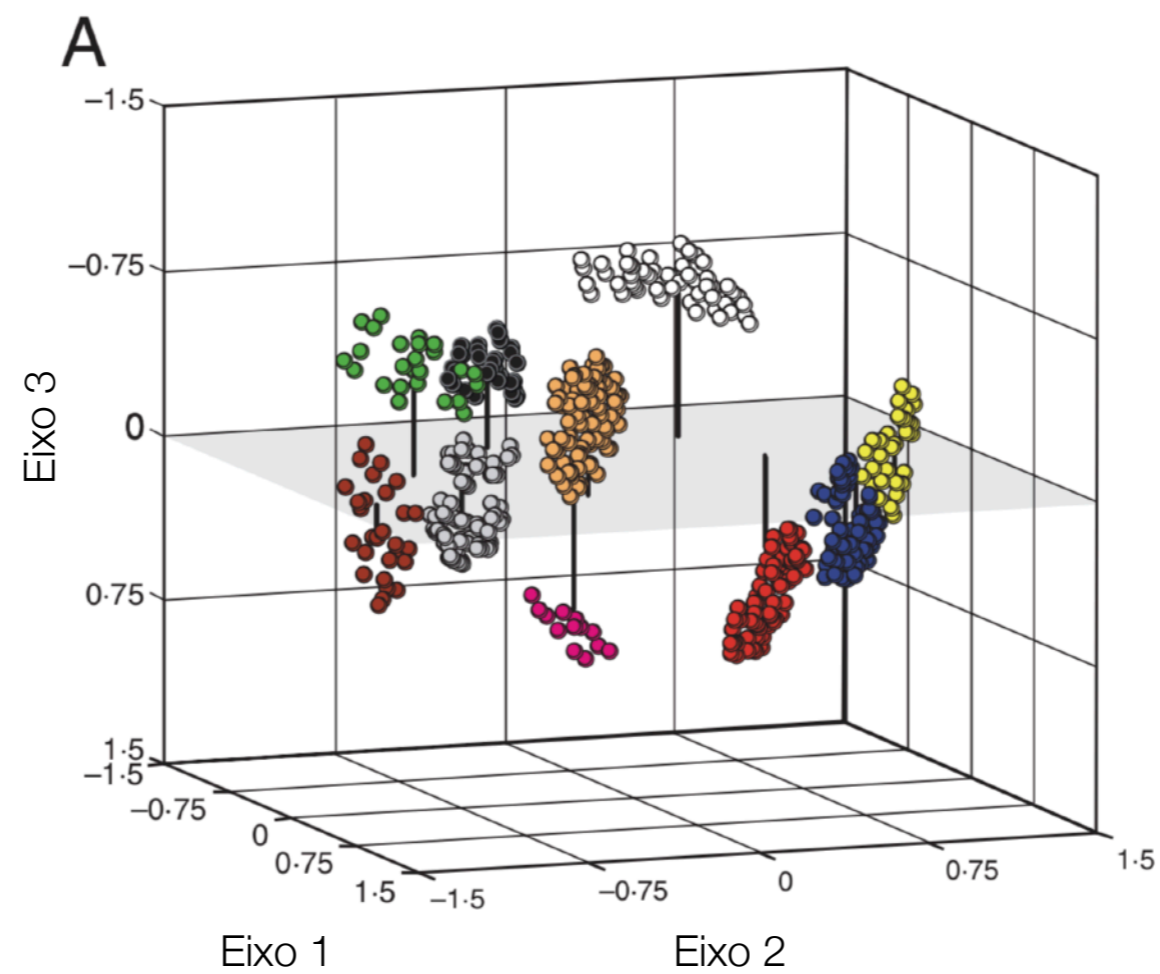
(Faegri & van der Pijl 1972, van der Pijl 1973)



Testando as síndromes de interações

(Ollerton et al. 2009 An.Bot.)

Teórico (●)

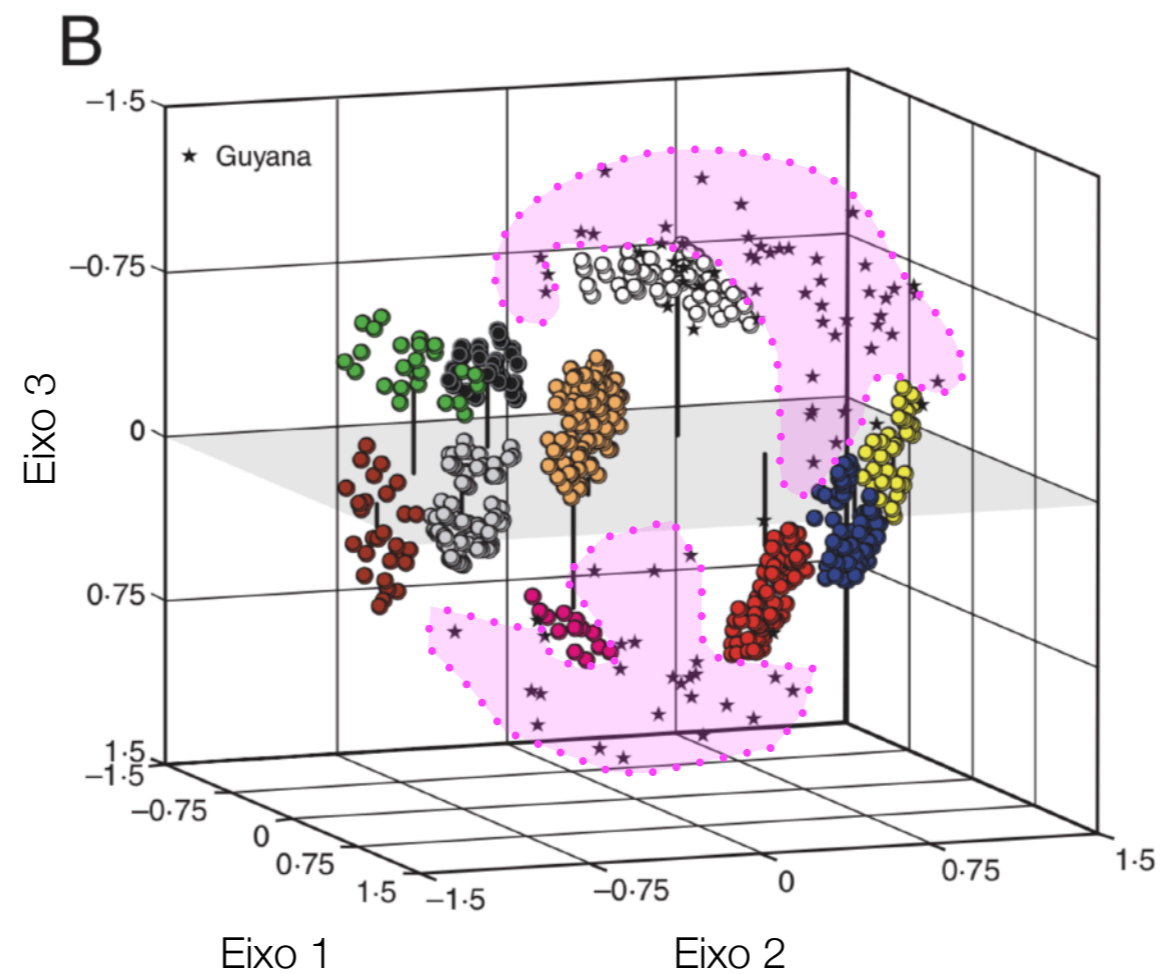


Conjuntos de características, além de não serem parcimoniosos, não predizem bem a natureza

(Ollerton et al. 2009 An.Bot.)

Teórico (●)

Empírico (*)



Mensagem central

O estudo do mutualismo entre animais e plantas é bem antigo e envolve vários tipos de interações, cujos padrões são complexos



Mutualismo animal-planta

1. As origens
2. Benefícios, eficácia e mudanças
3. Mutualismos duais
4. Dualidade mutualismo-antagonismo
5. Aplicações práticas



Mutualismo e outros tipos de interações

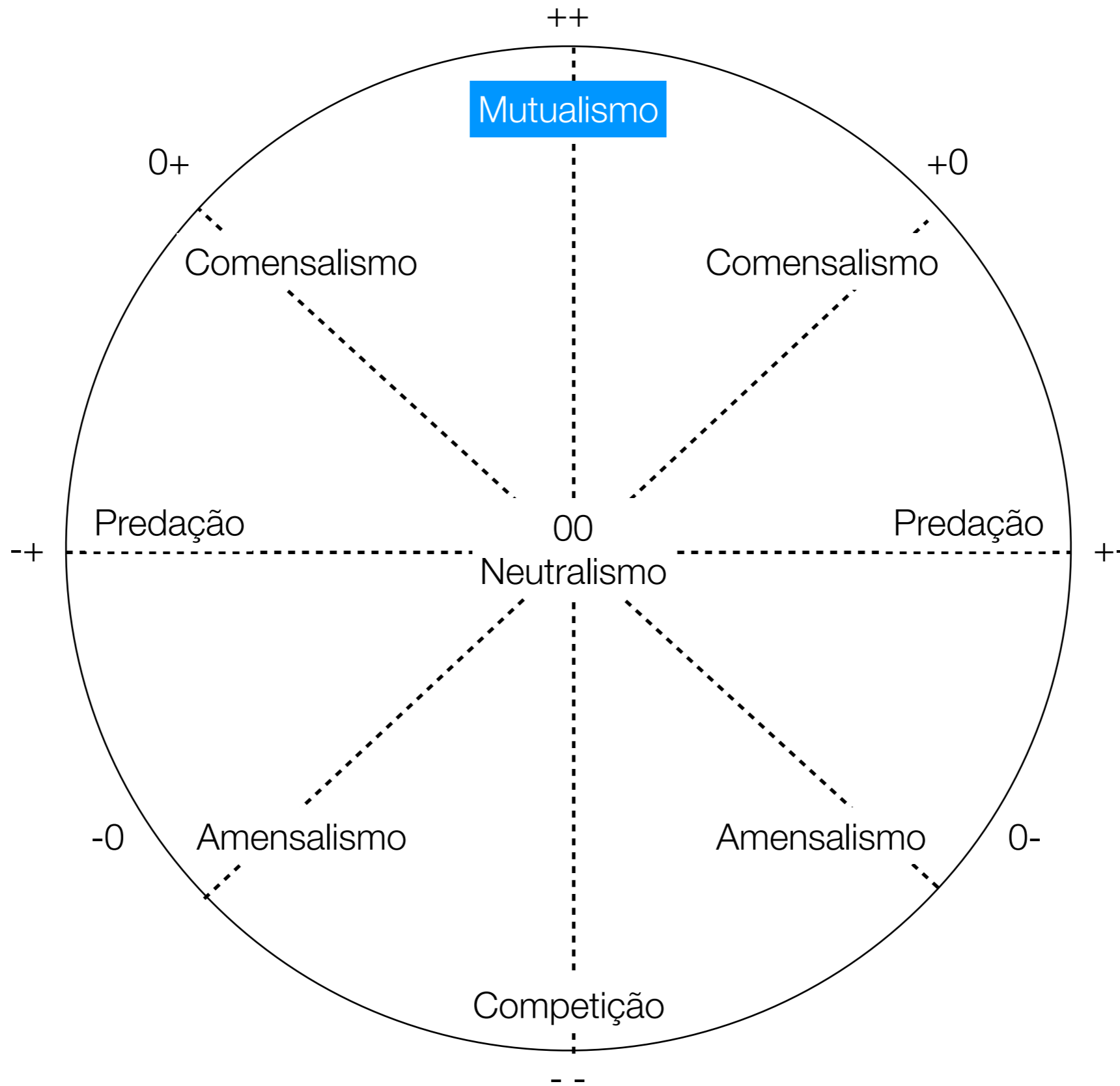
Tipos de interações

(Boucher 1988: The Biology of Mutualism)

		Espécie 1		
		+	-	0
Espécie 2	+	mutualismo		
	-	predação parasitismo	competição	
	0	comensalismo	amensalismo	neutralismo

Compasso de interações

(Bronstein 2015: Mutualism)

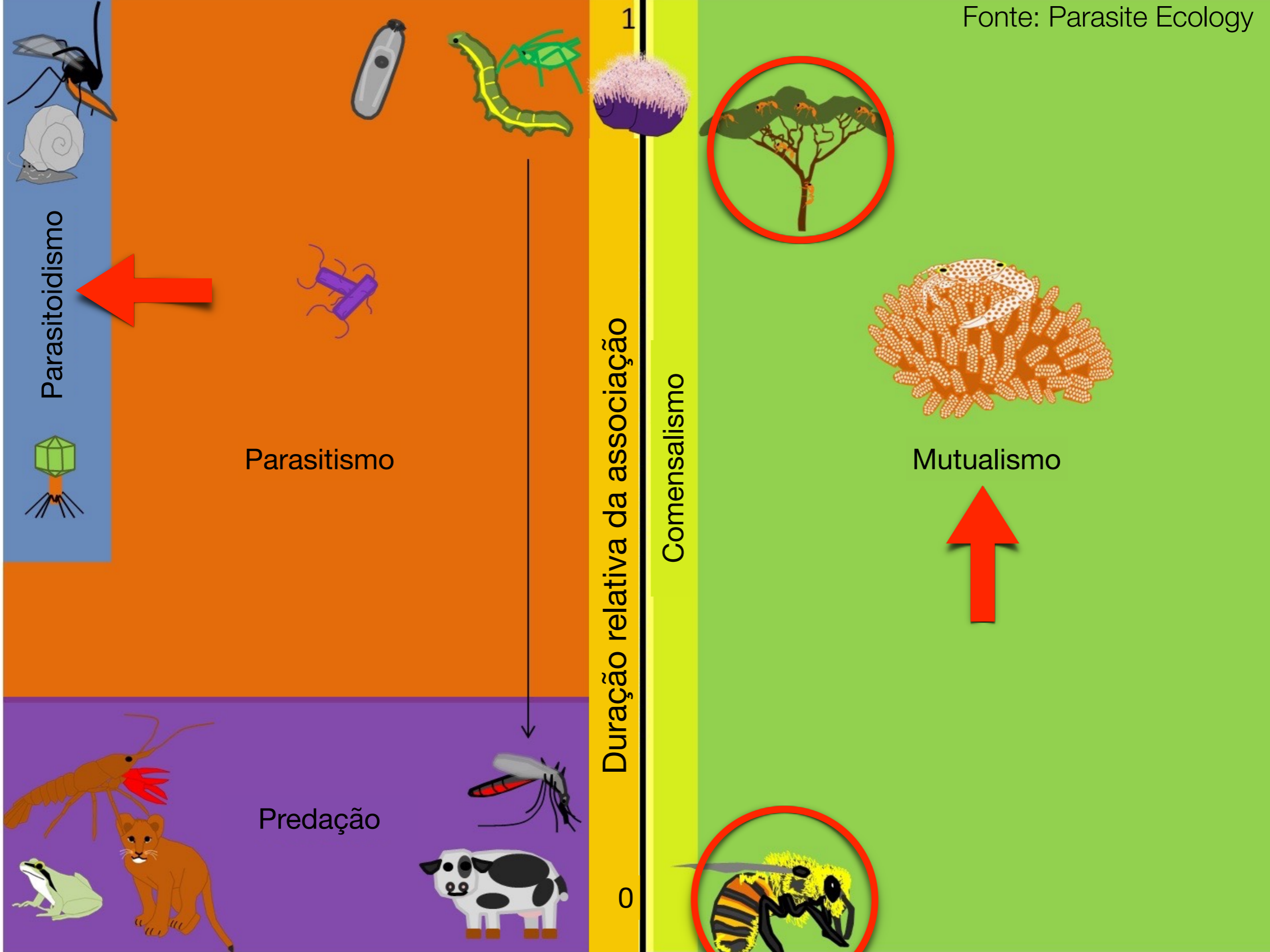




Efeito líquido **negativo** sobre o
hospedeiro

**Efeitos sobre a aptidão
do hospedeiro**

Efeito líquido **positivo** sobre o
hospedeiro



Efeito líquido **negativo** sobre o hospedeiro

Efeitos sobre a aptidão do hospedeiro

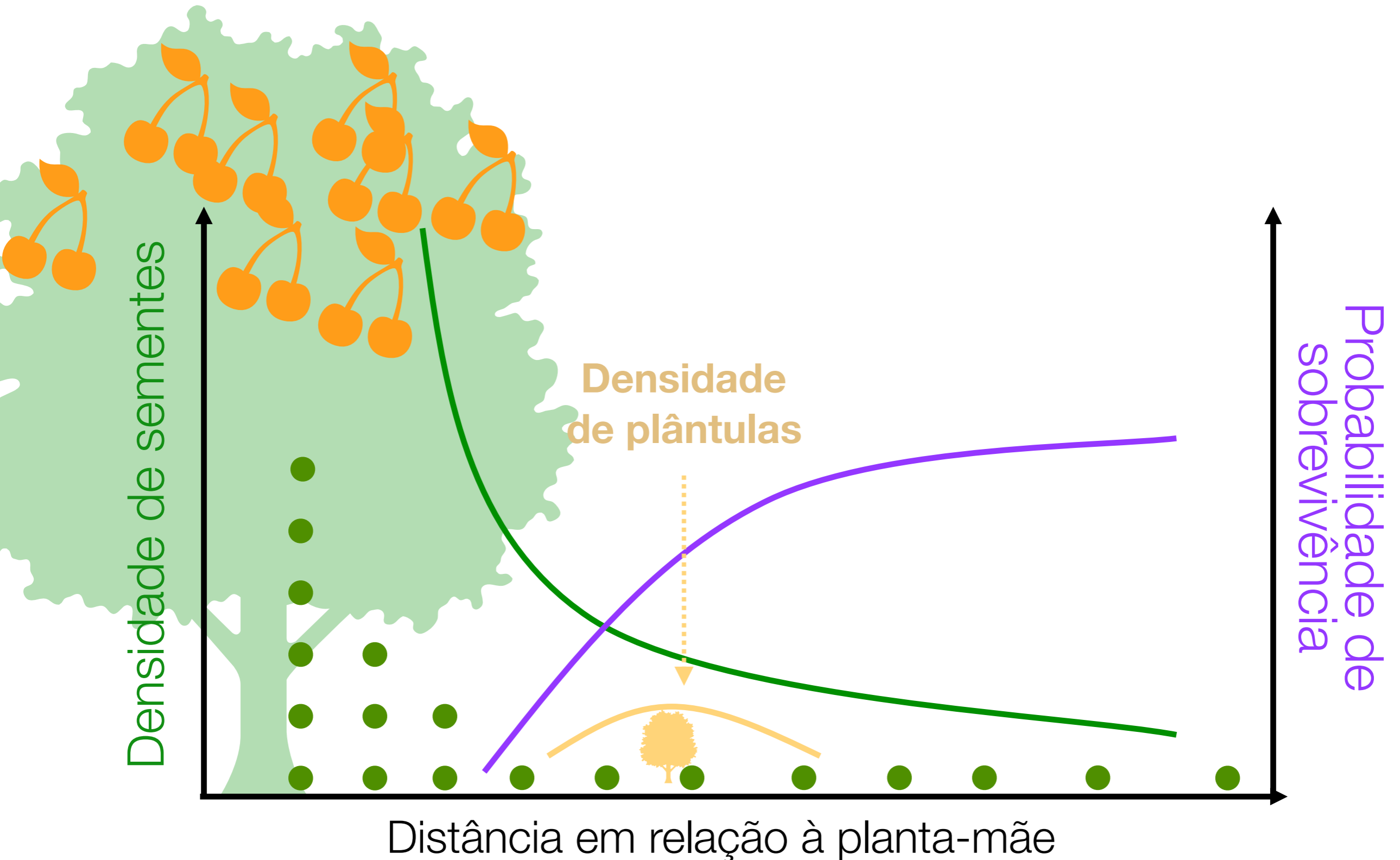
Efeito líquido **positivo** sobre o hospedeiro

O que as plantas ganham com a parceria com os animais?



Benefícios da dispersão para as plantas: hipótese da fuga

(Janzen 1970, Connell 1971)



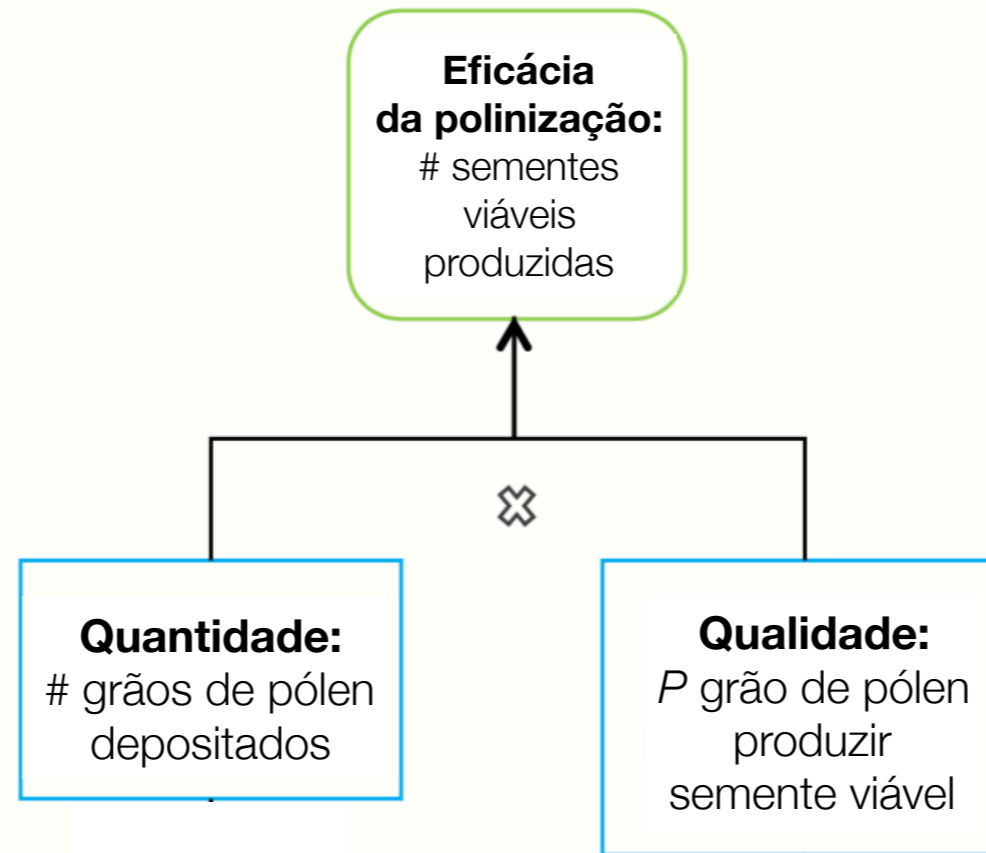
Arcabouço de eficácia do mutualismo

(Schupp et al. 2017)

**Eficácia
da polinização:**
sementes
viáveis
produzidas

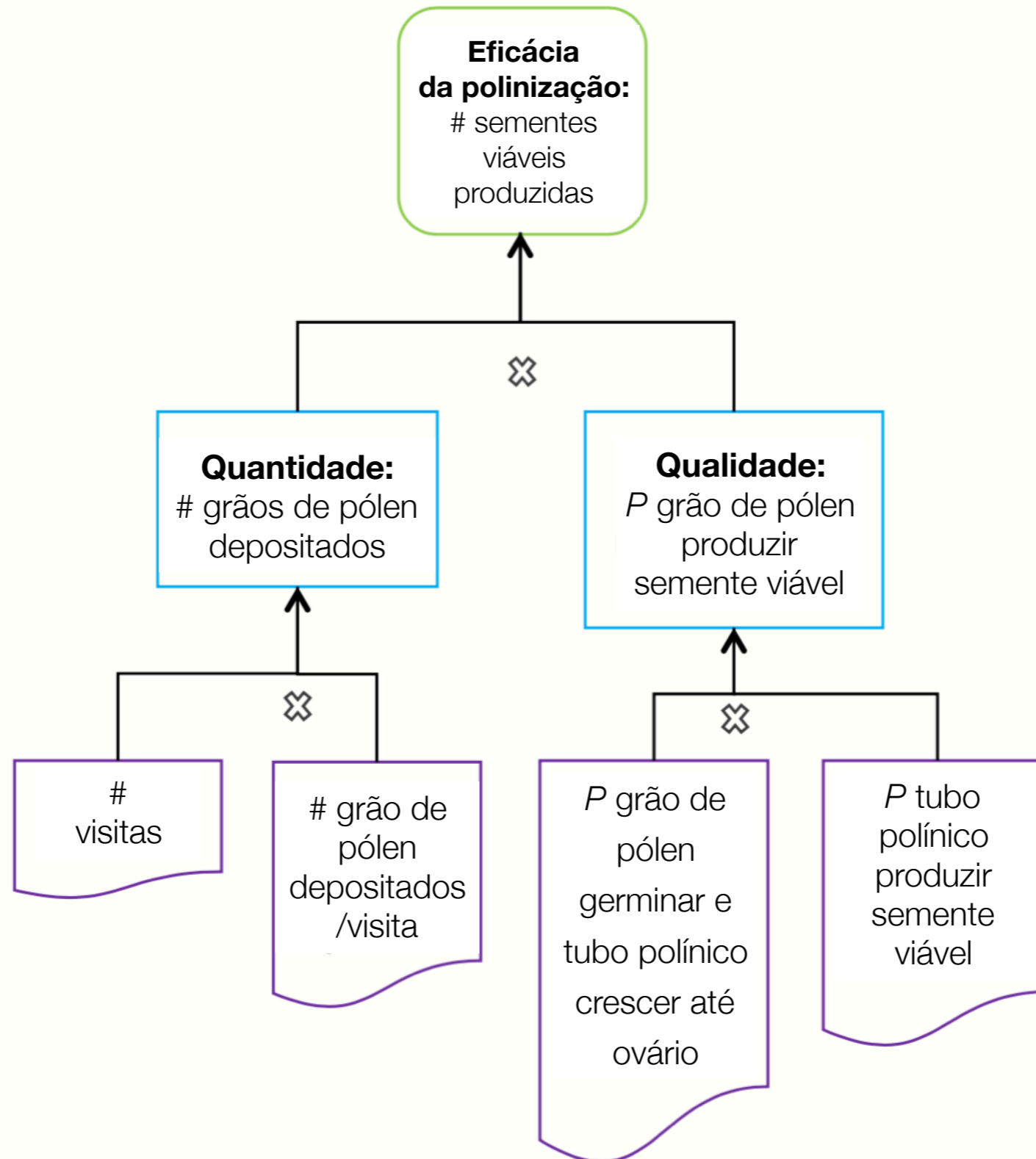
Arcabouço de eficácia do mutualismo

(Schupp et al. 2017)



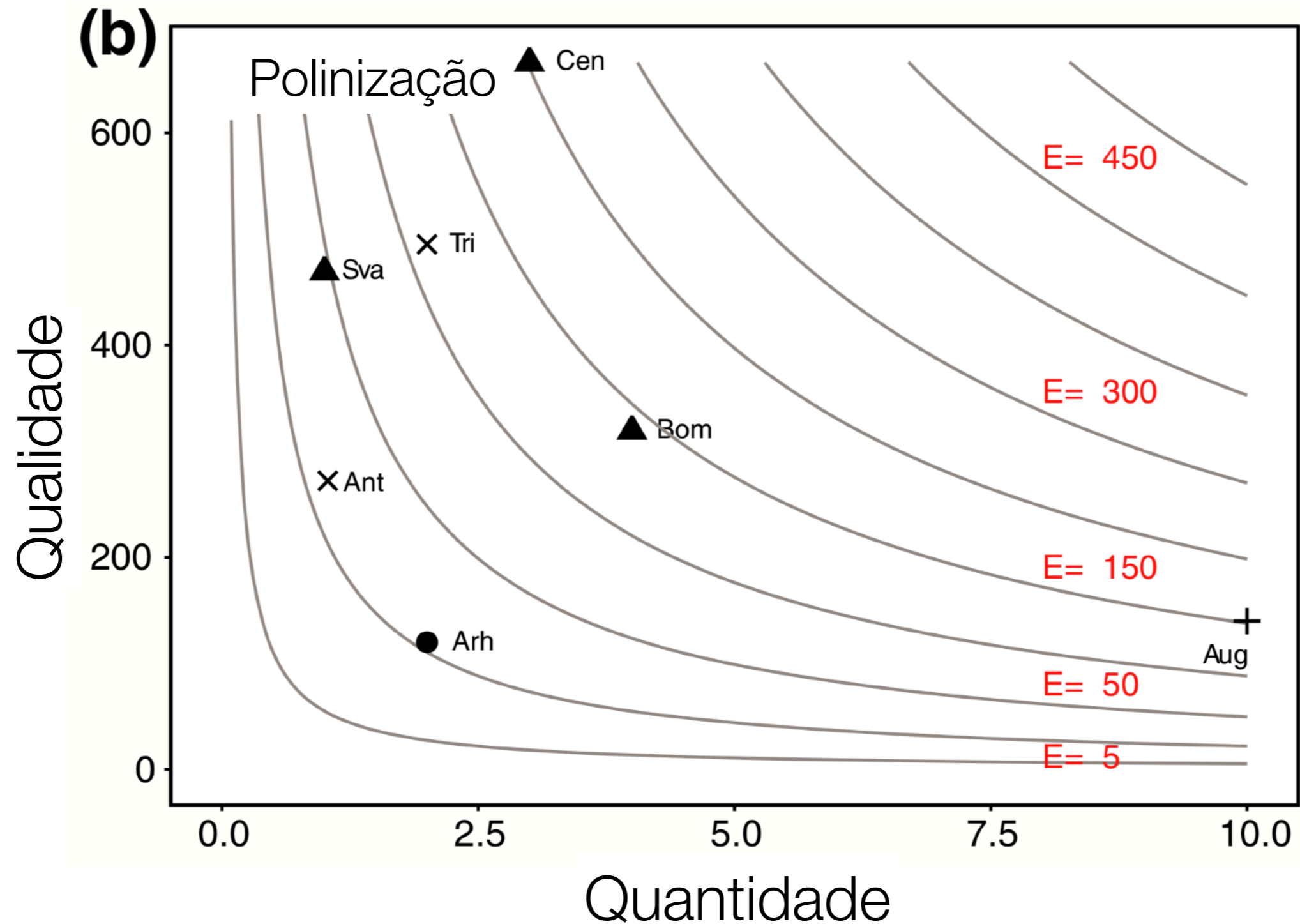
Arcabouço de eficácia do mutualismo

(Schupp et al. 2017)



Isoclinas de eficácia: quantidade vs. qualidade

(Schupp et al. 2017)



A colina emaranhada de Darwin




Como desemaranhar uma colina
com muitas espécies?



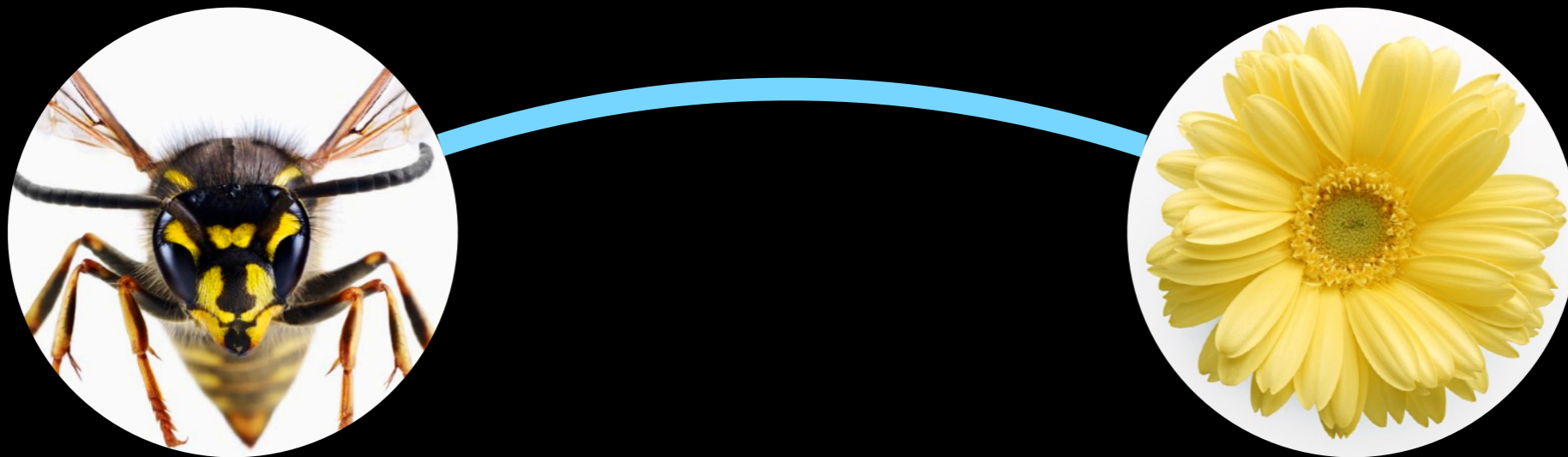
Ciência de redes aplicada à Ecologia

(Euler 1741 ComAcadSciPet, Camerano 1880 AcadSciTor,
Lindeman 1942 Ecology, Jordano 1987 AmNat, Bascompte 2009
Science, Barabasi 2016 Network Science)

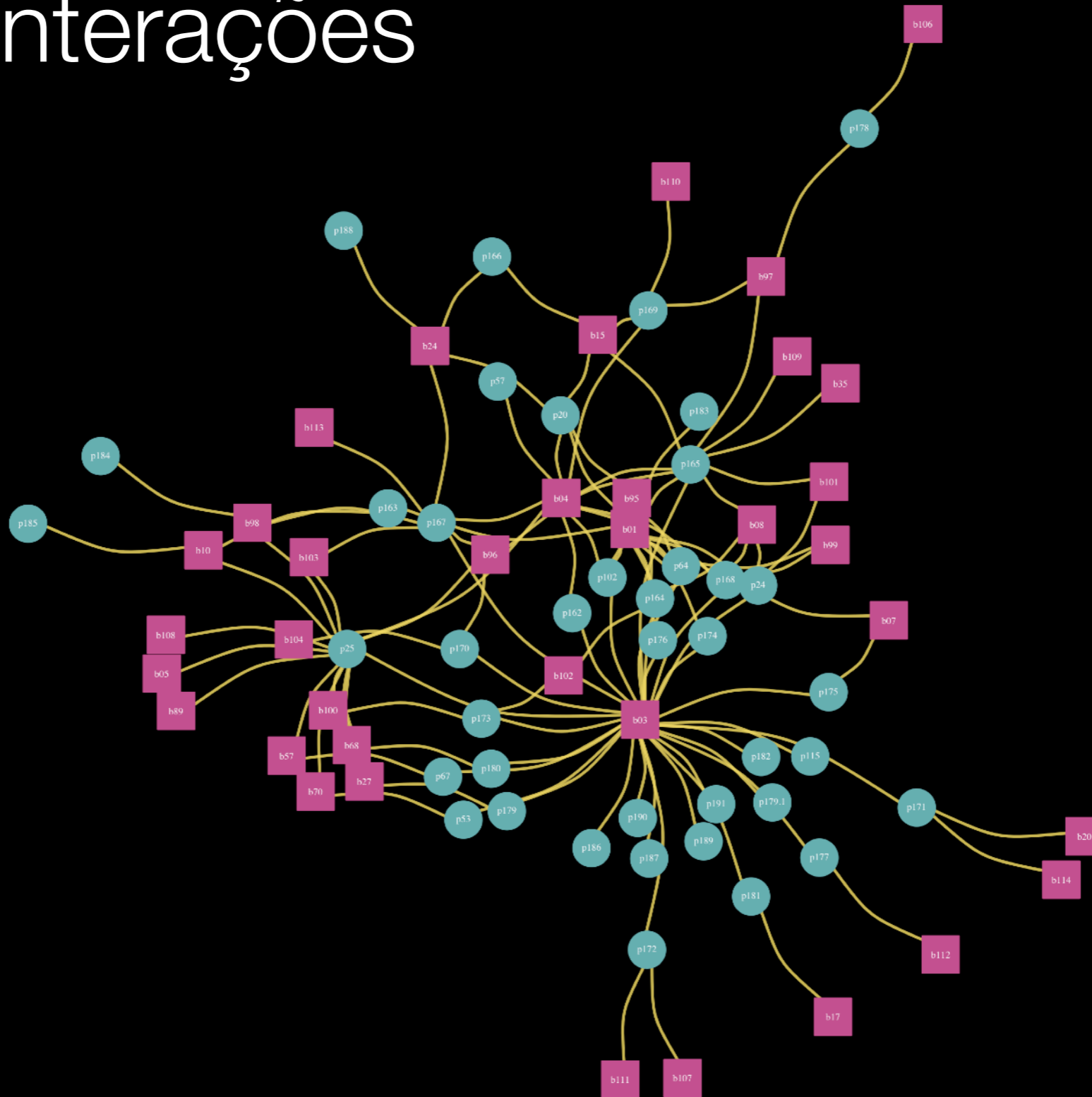


**A base é a história
natural dos animais
e plantas envolvidos**

Rede monocamada: 1 tipo de interação

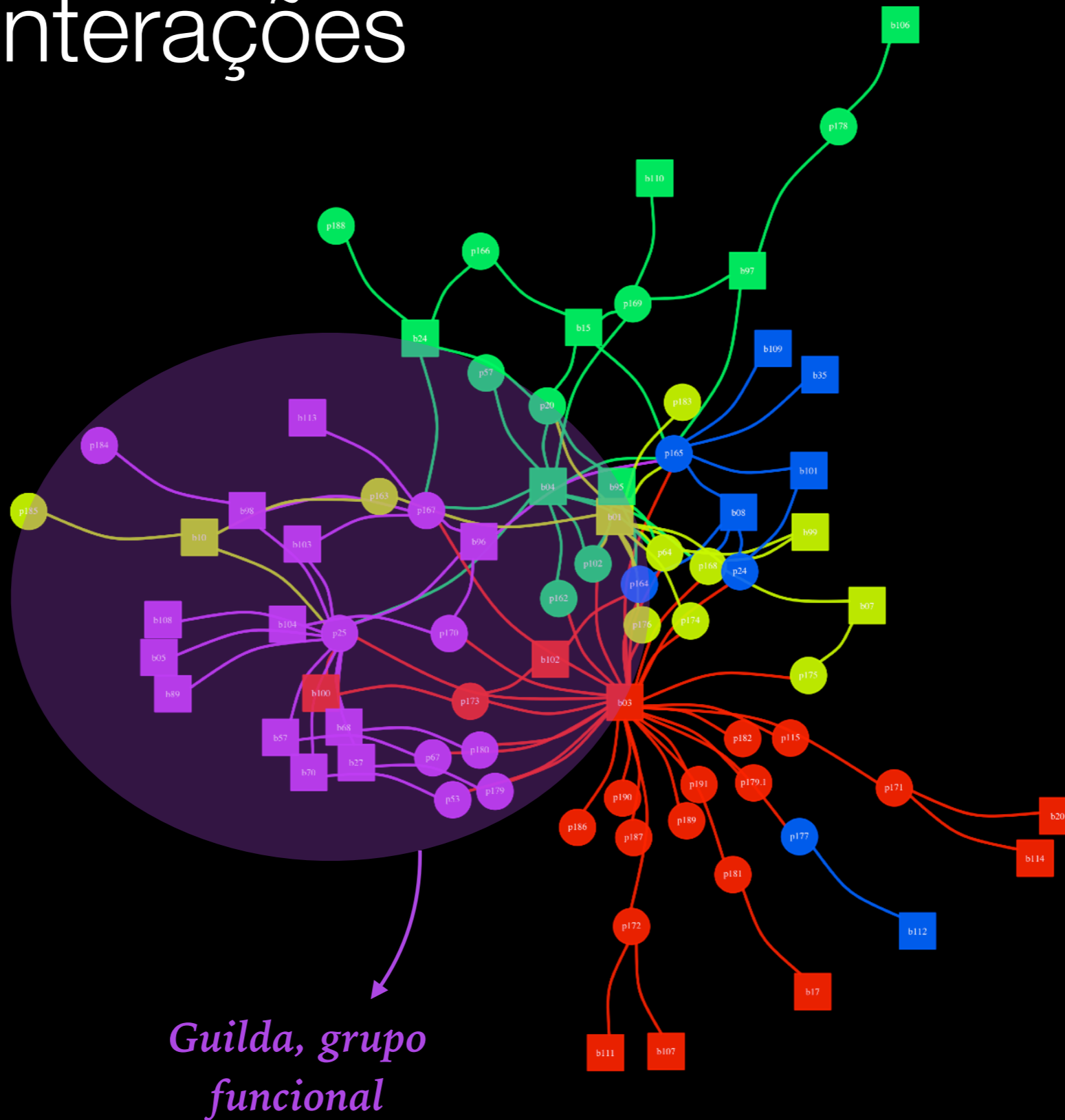


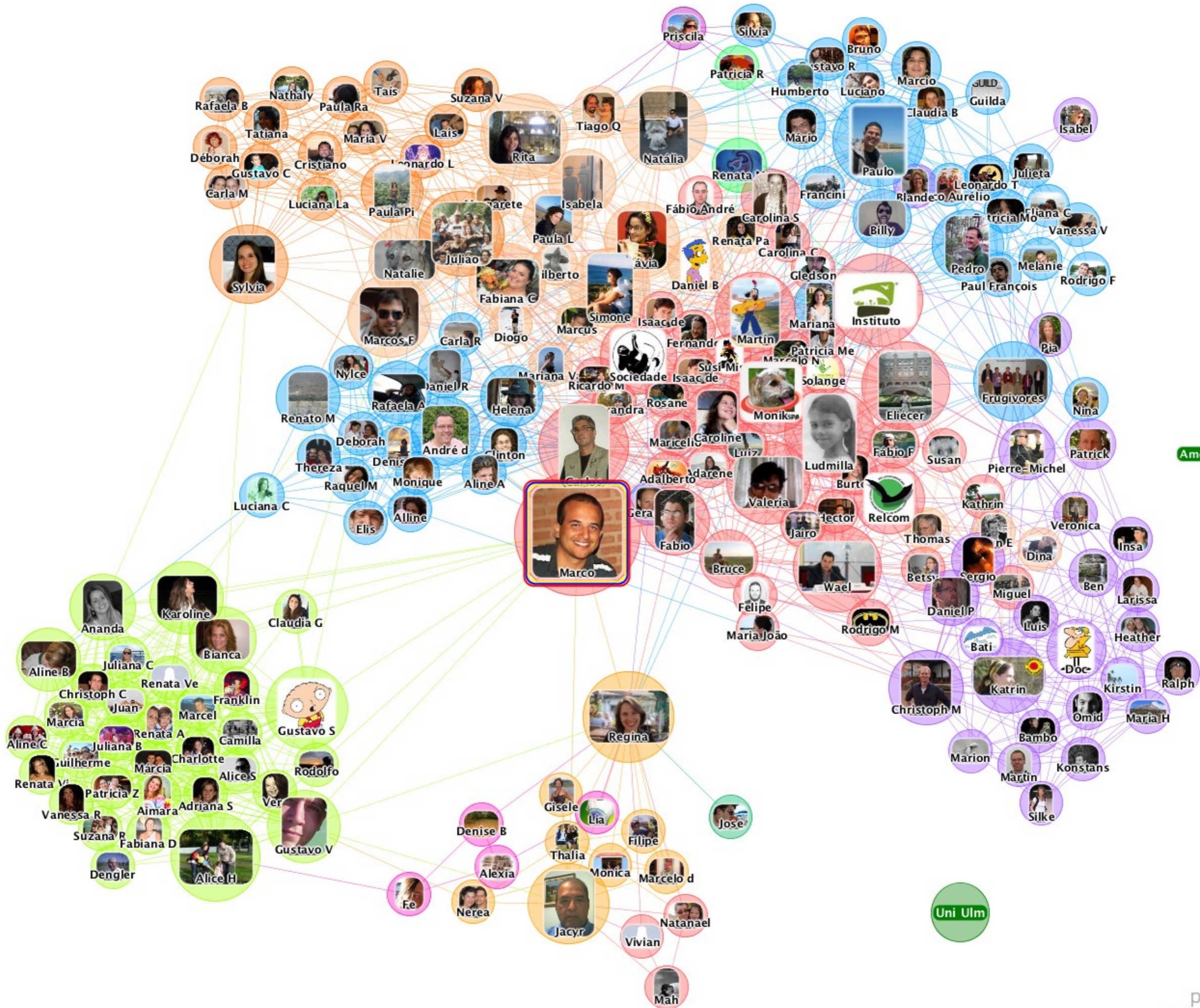
Rede de interações



- *animais*
- *plantas*

Rede de interações

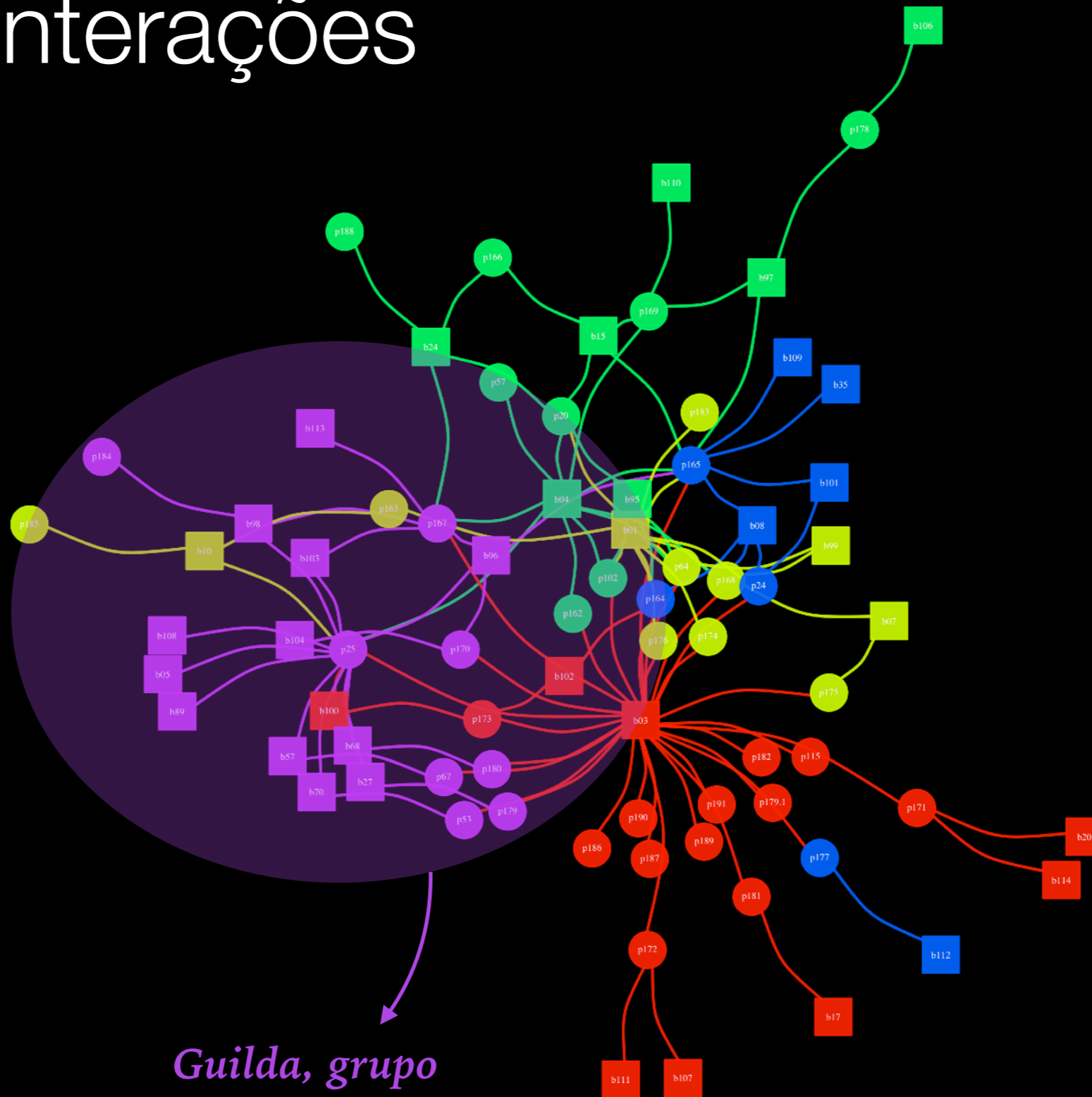




American Museum

Uni Ulm

Rede de interações



■ animais

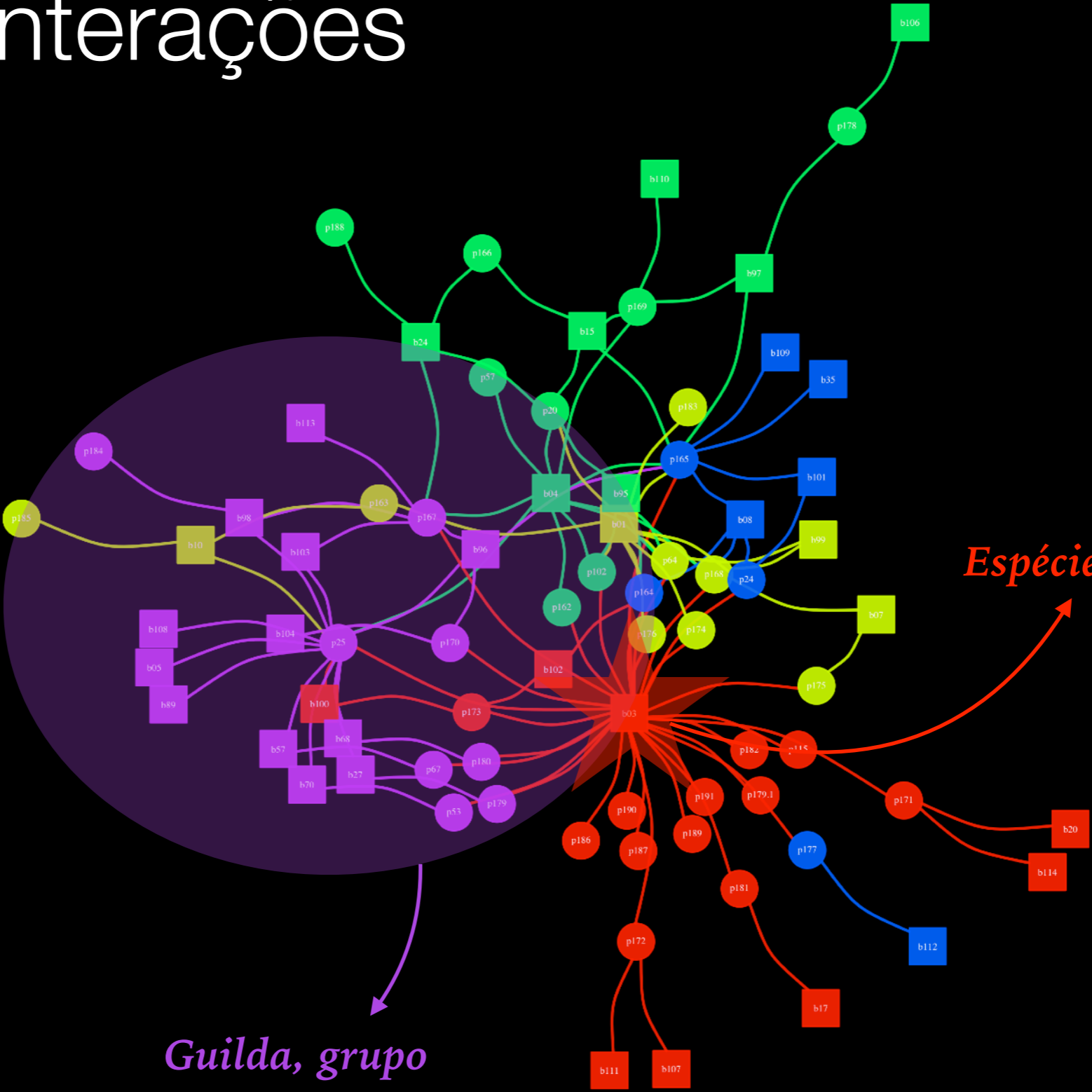
● plantas

Métricas de modularidade

Guilda, grupo funcional

Módulo

Rede de interações



- animais
- plantas

Espécie-chave

Métricas de modularidade

Guilda, grupo funcional

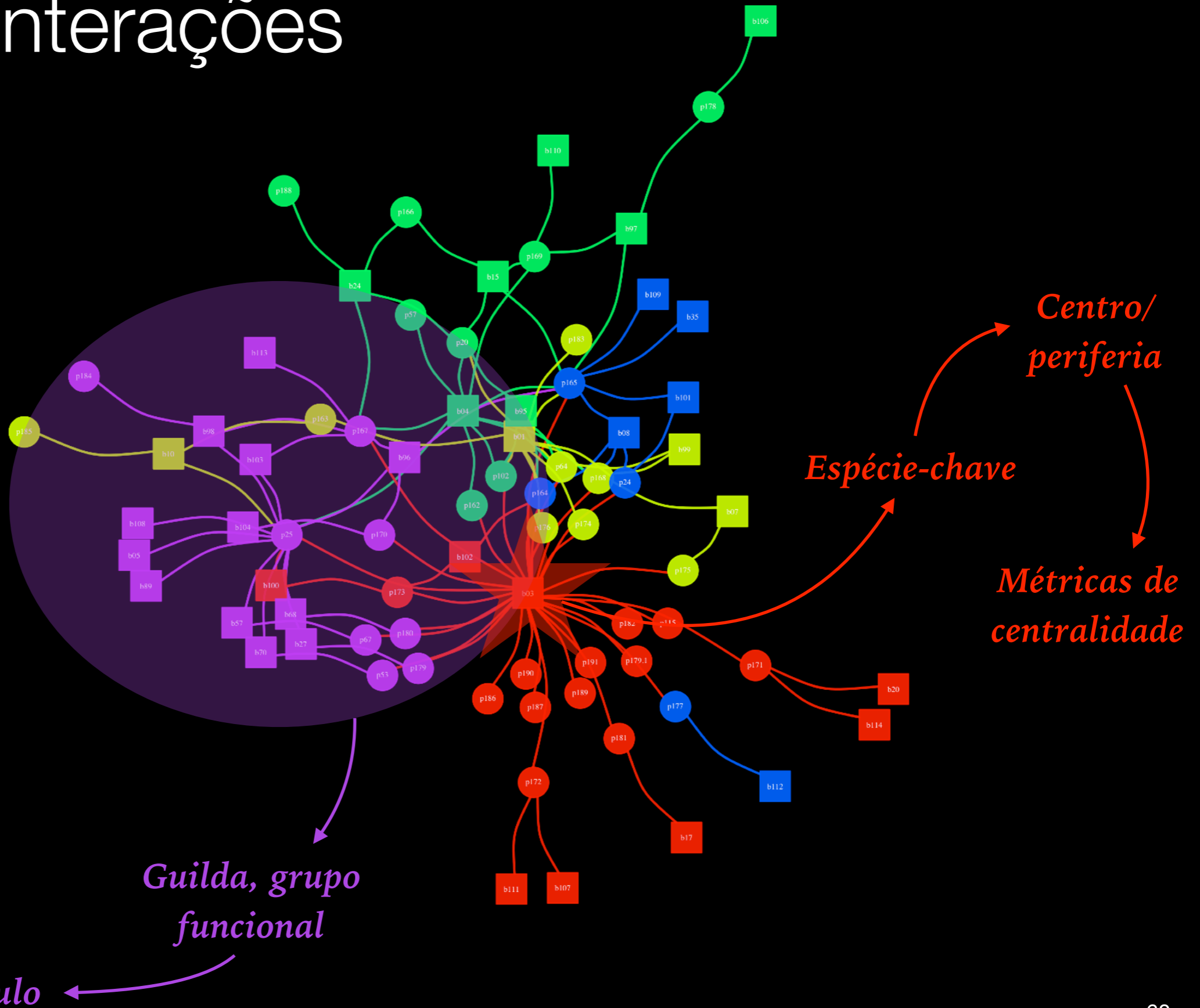
Módulo

Espécies-chave

(Paine 1966, 1969)



Rede de interações



Efeitos diretos e indiretos



Xanthopan morganii praedicta

A orquídea de Darwin

(*Angraecum sesquipedale*)

Darwin previu a existência de um polinizador especializado com base nas características da flor



Morcegos beija-flor (*Anoura fistulata*)

(Muchhala 2006 Nature)

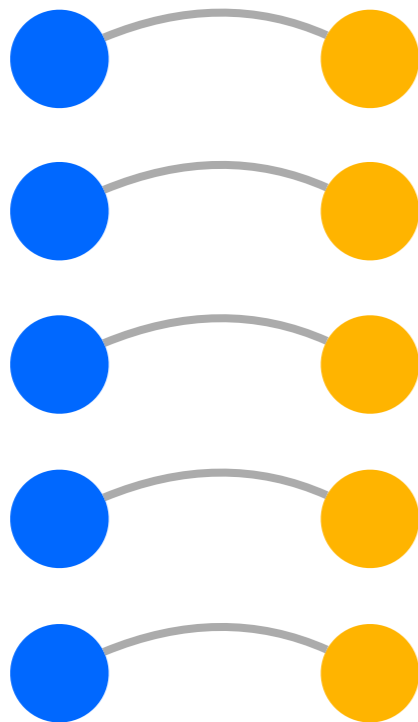
Muchhala previu a
flor com base no
morcego

Centropogon nigricans



Tipos de coevolução

Chave-fechadura



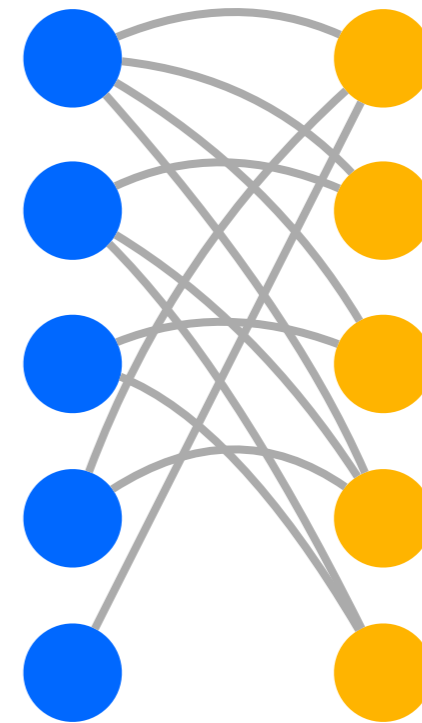
espécie ↔ espécie

tribo ↔ tribo

gênero ↔ gênero

família ↔ família

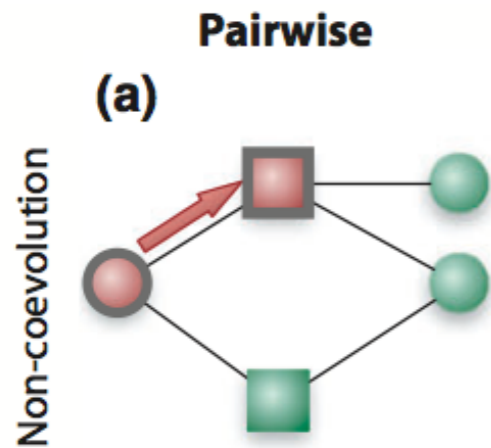
Difusa



Vários clados uns
com os outros

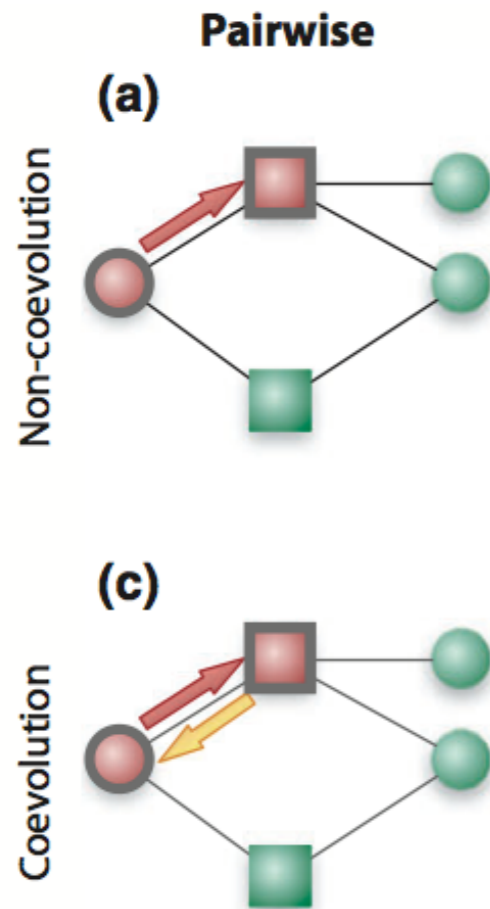
Coevolução em redes mutualistas animal-planta

(Guimarães et al. 2011 Ecol.Lett)



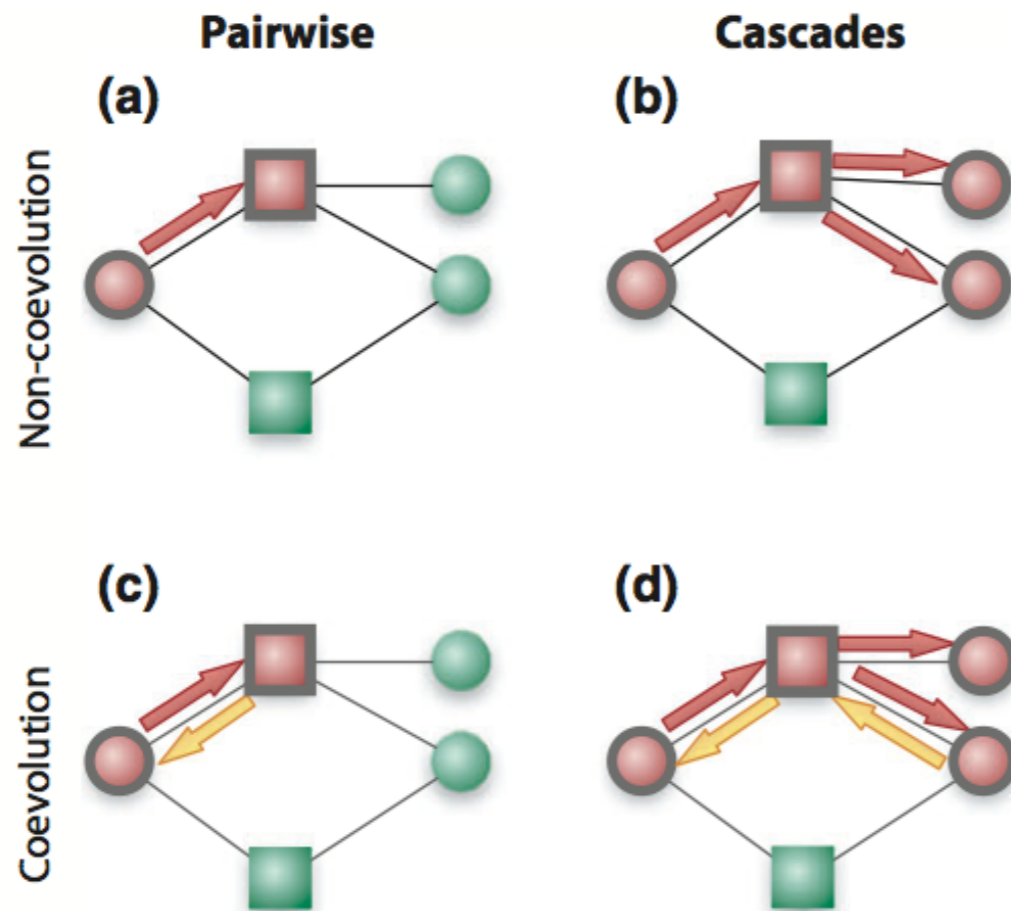
Coevolução em redes mutualistas animal-planta

(Guimarães et al. 2011 Ecol.Lett)



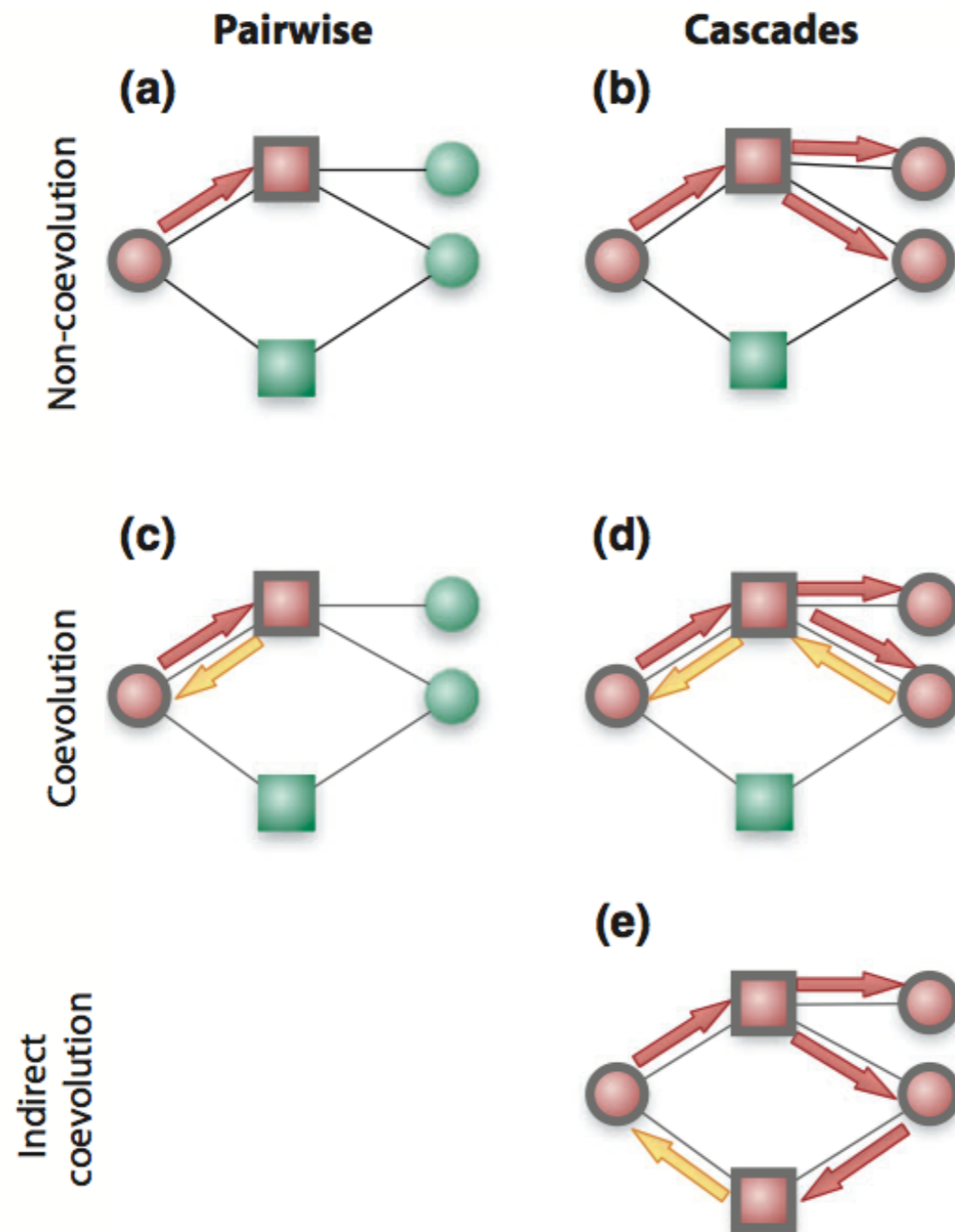
Coevolução em redes mutualistas animal-planta

(Guimarães et al. 2011 Ecol.Lett)



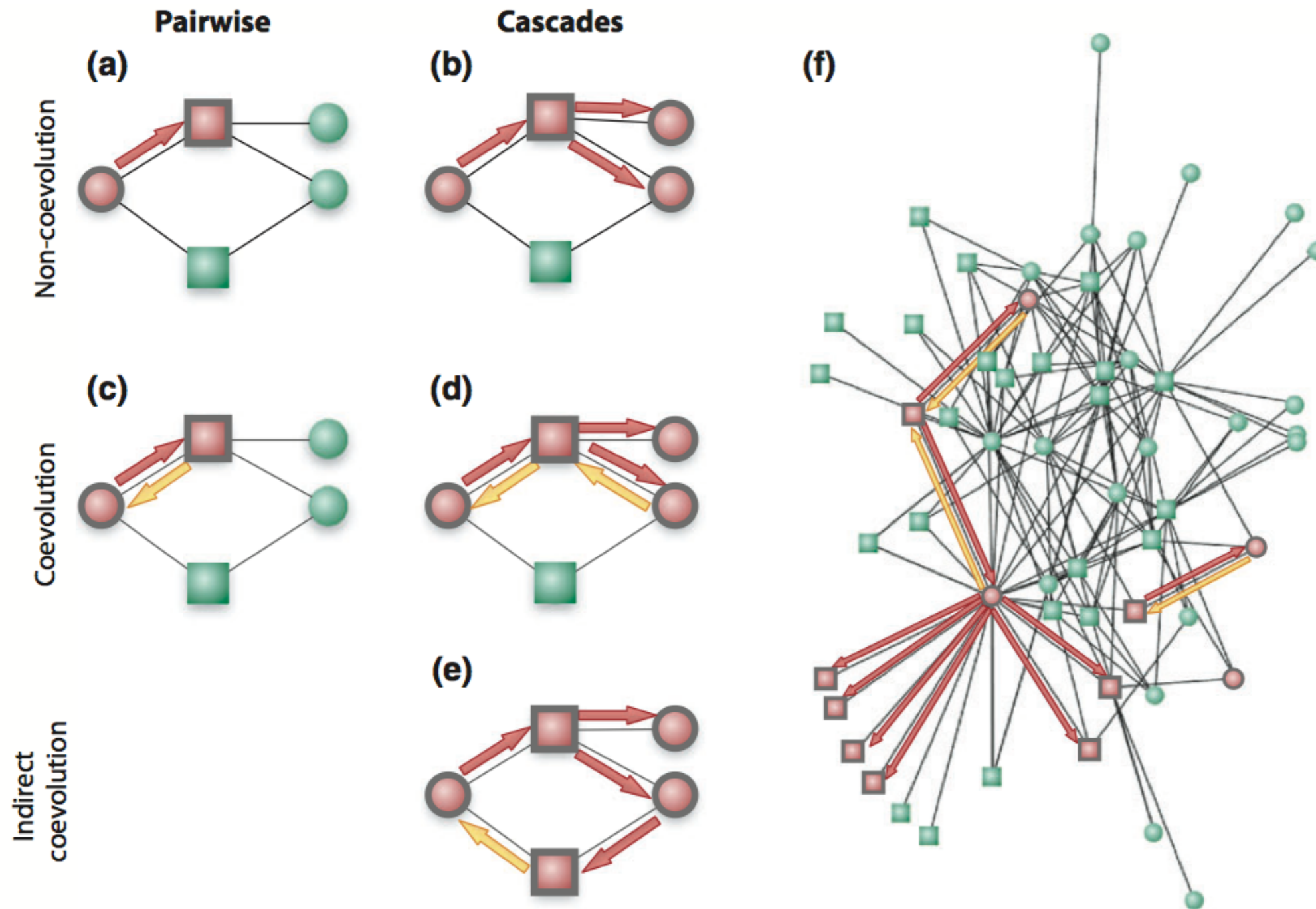
Coevolução em redes mutualistas animal-planta

(Guimarães et al. 2011 Ecol.Lett)



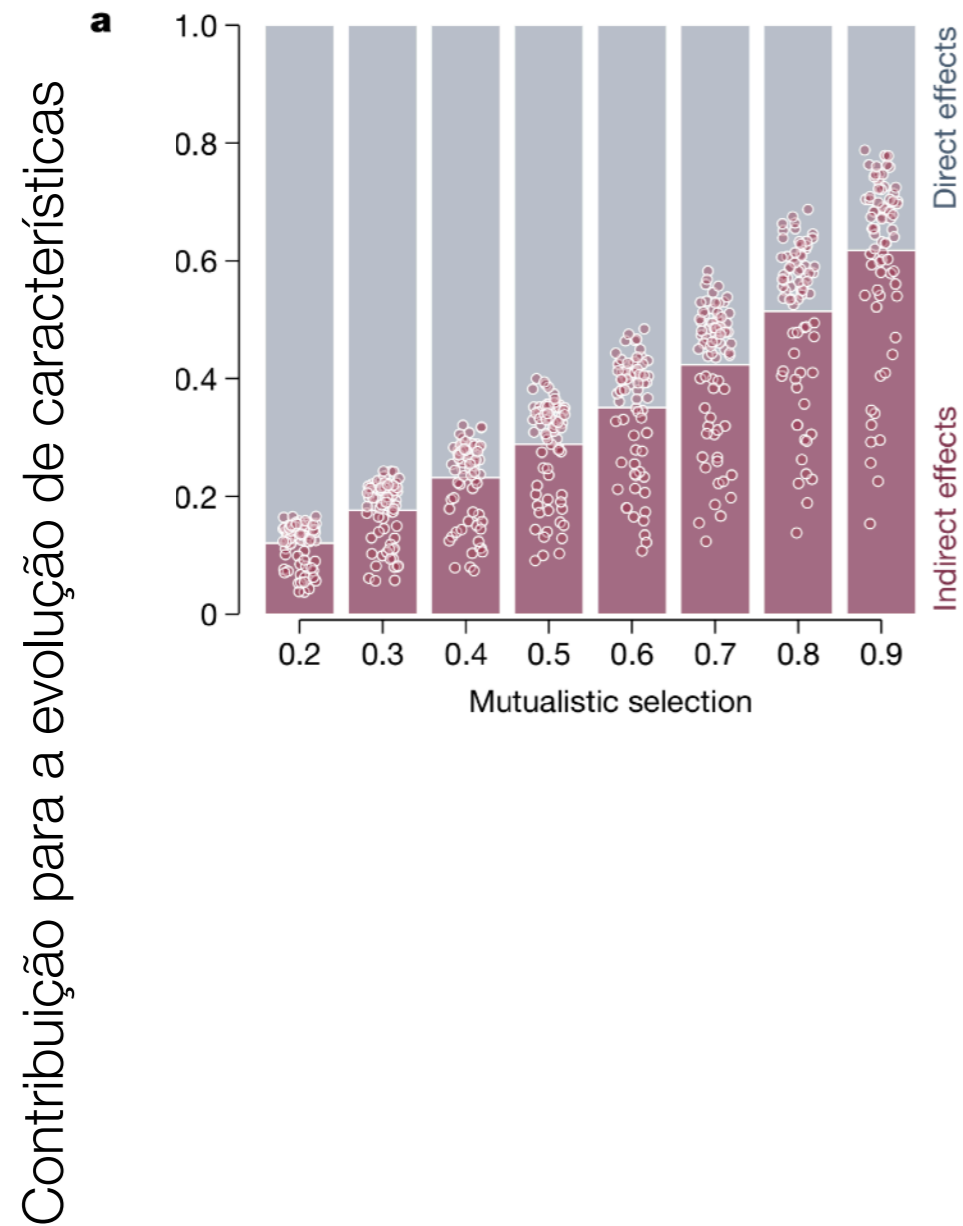
Coevolução em redes mutualistas animal-planta

(Guimarães et al. 2011 Ecol.Lett)



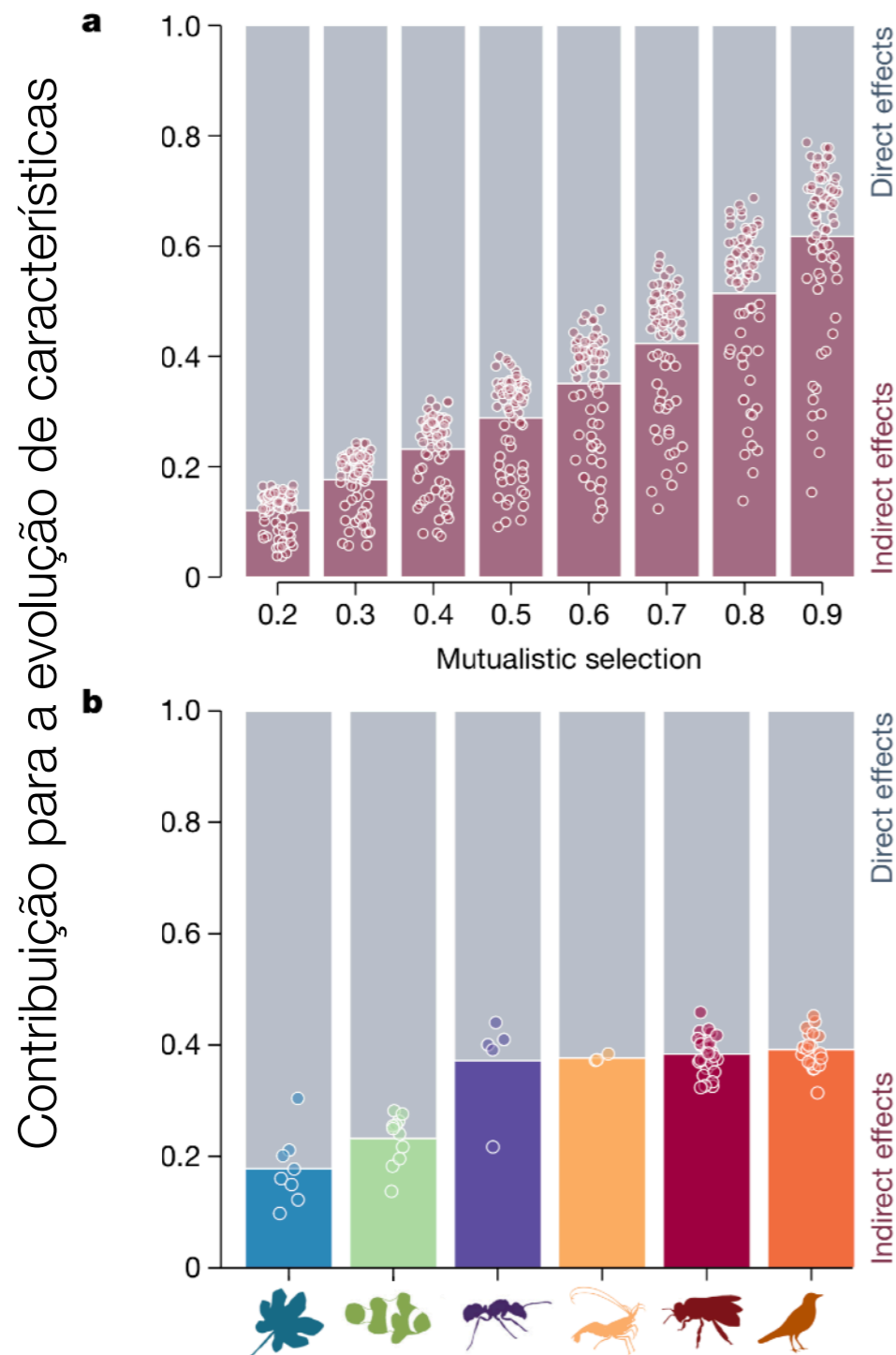
Contribuição de efeitos indiretos para mudanças coevolutivas

(Guimarães et al. 2017 Nature)



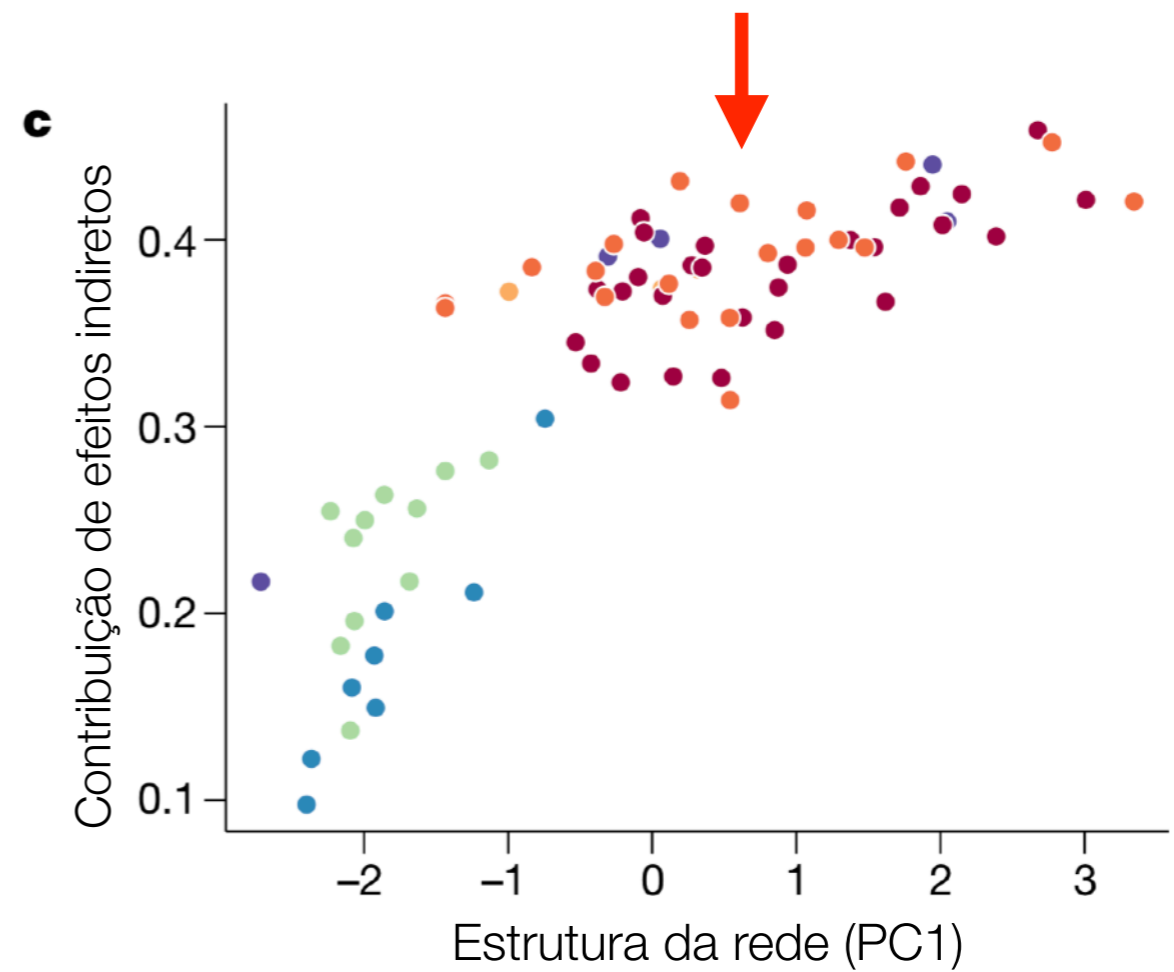
Contribuição de efeitos indiretos para mudanças coevolutivas

(Guimarães et al. 2017 Nature)



Variações entre localidades:
mosaico geográfico coevolutivo?

(Thompson 1994, 2005)



Mensagem central

A eficácia dos mutualistas e as mudanças coevolutivas sofridas por ambos os lados dependem dos benefícios e custos envolvidos no sistema



Mutualismo animal-planta

1. As origens
2. Benefícios, eficácia e mudanças
- 3. Mutualismos duais**
4. Dualidade mutualismo-antagonismo
5. Aplicações práticas

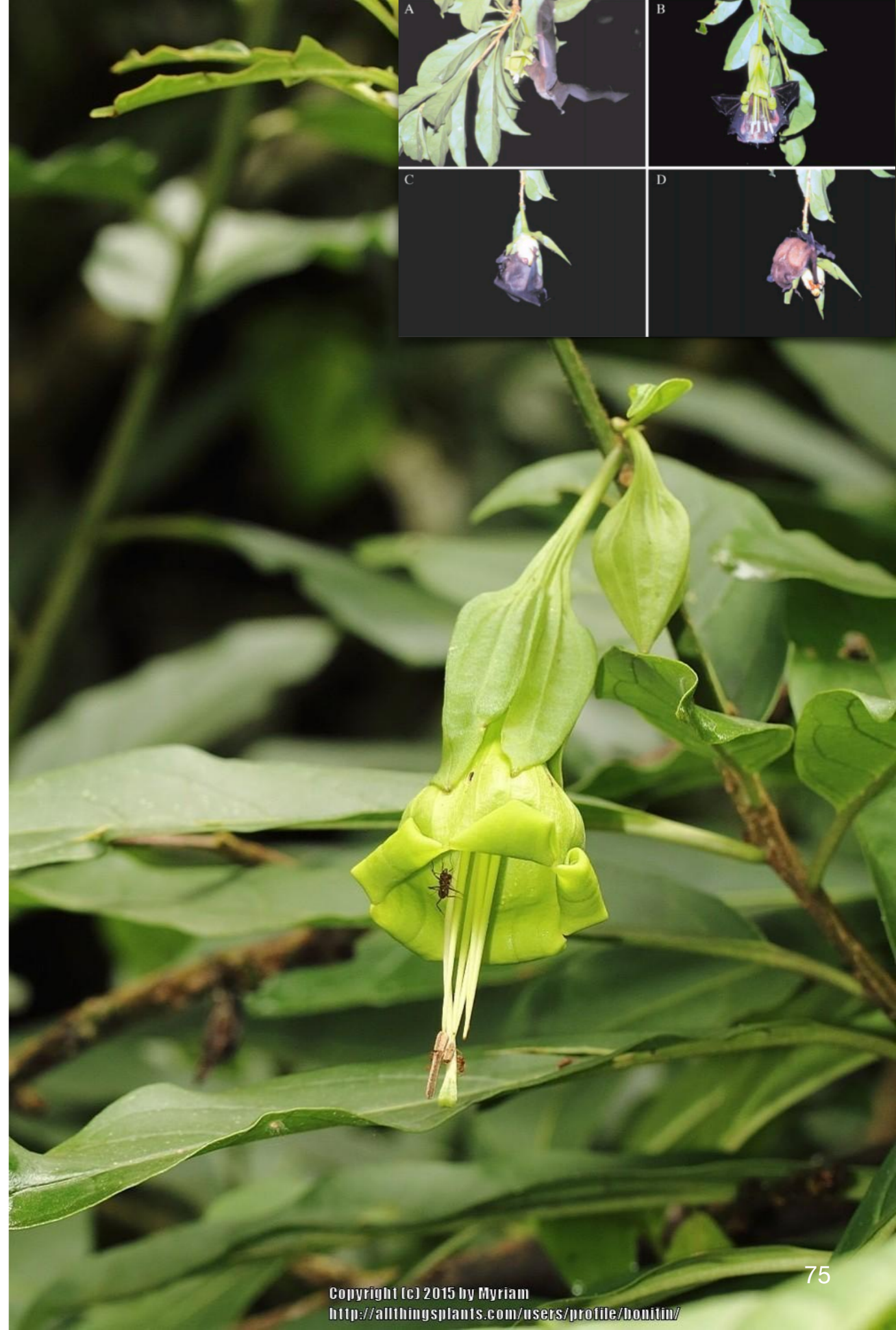


Quando um animal presta um
serviço duplo a uma planta

Mutualismo dual

A solanácea *Dyssochroma viridiflora* é polinizada e dispersada por morcegos

(Sazima et al. 2003 Ann.Bot.)

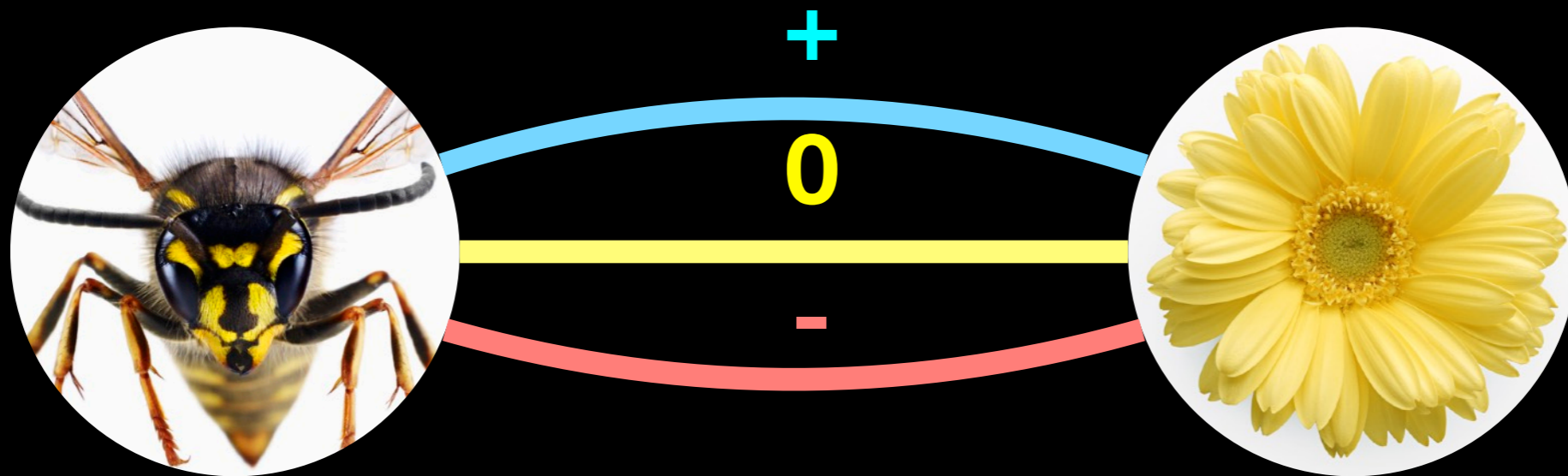


Modelo: frugivoria e nectarivoria por morcegos

(Mello et al. *accepted*, NatEcoEvo)



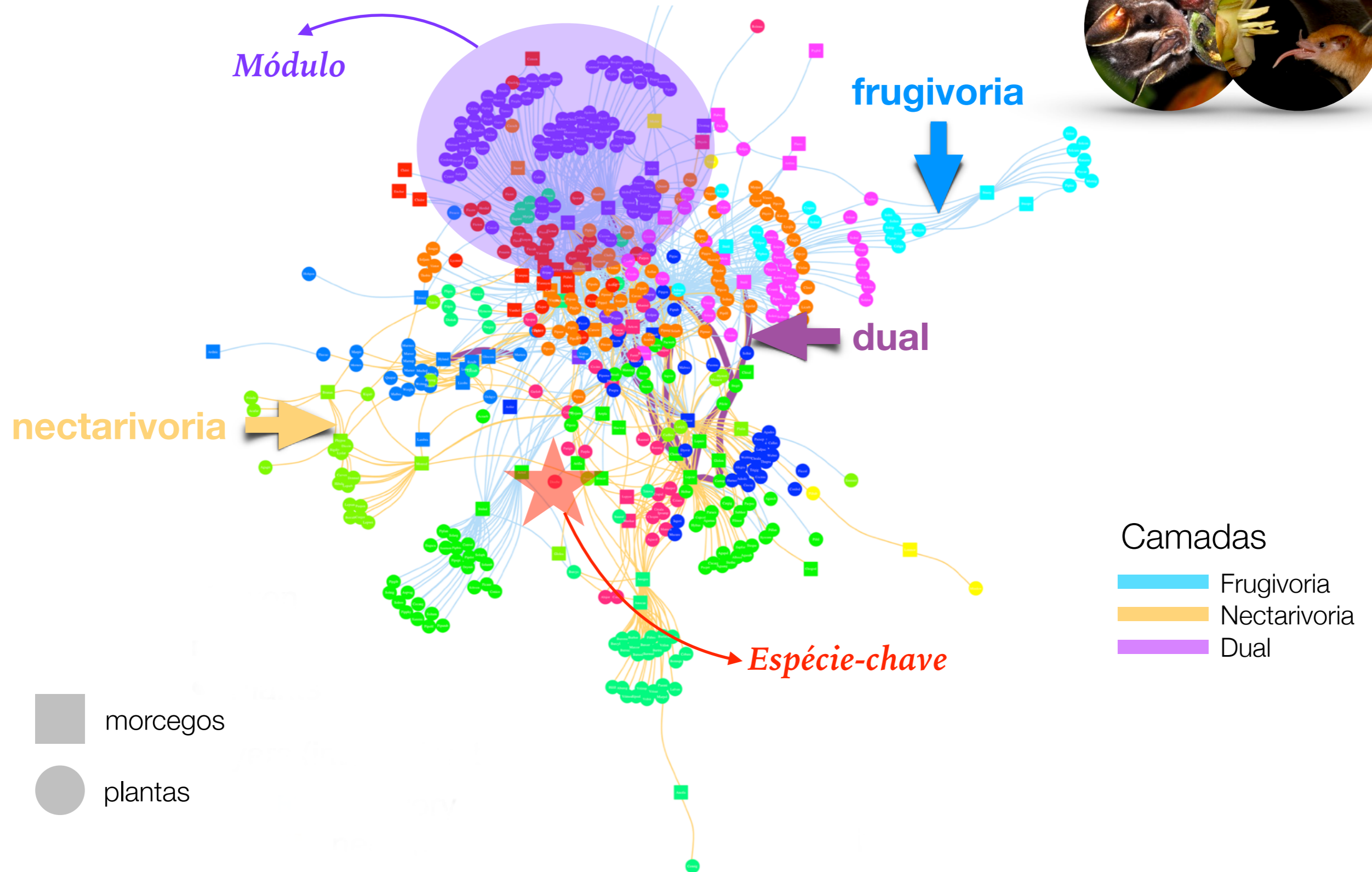
Rede multicamada: 2+ tipos de interação





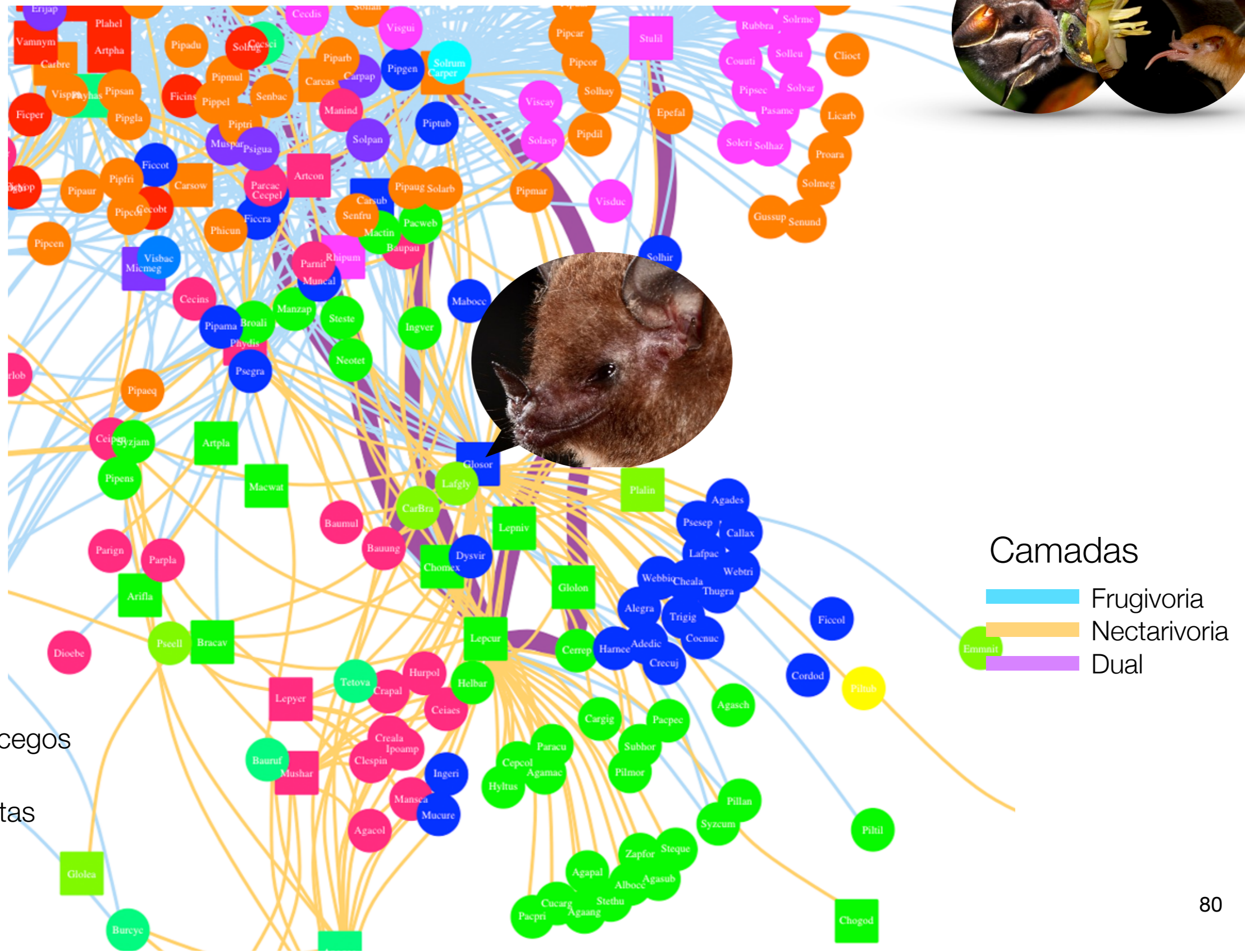
Frugivoria e nectarivoria por morcegos nos Neotrópicos

(Mello et al. *accepted*, NatEcoEvo)



Frugivoria e nectarivoria por morcegos nos Neotrópicos

(Mello et al. *accepted*, NatEcoEvo)



Morcegos mais especializados têm melhor performance? Análise de variáveis latentes

(Mello et al. *accepted*, NatEcoEvo)



© Marco A. R. Mello



© Paul Velazco



© Marco Tschapka



Frugivoria: morcegos menores e que mordem mais forte são mais centrais

Variáveis indicadoras

BOB GLS BUM MaxBite LMT Forearm Mass Range

+0.33 +0.38 +0.92 +0.95 +0.92 +0.98 +0.98 +0.15

Variáveis latentes

Crânio

Mordida

Tamanho

Variável resposta

Autovetor
(centralidade)

-4.81

+1.59

-0.52

- Frugivoria
- Nectarivoria
- Multicamada

- Significativo
- Ñ-significativo

Espessura = tamanho do efeito



Nectarivoria: morcegos maiores e que mordem mais fraco são mais centrais

Variáveis indicadoras

BOB GLS BUM MaxBite LMT Forearm Mass Range

+0.34

+0.33

+0.95

+0.95

+0.83

+0.98

+1.00

+0.36

Variáveis latentes

Crânio

Mordida

Tamanho

+0.80

-1.84

+1.27

83

Variável resposta

Autovetor

(centralidade)

- Frugivoria
- Nectarivoria
- Multicamada
- Significativo
- Ñ-significativo

Espessura = tamanho do efeito



Multicamada: morcegos que mordem mais forte são mais centrais

Variáveis indicadoras

BOB GLS BUM MaxBite LMT Forearm Mass Range

Variáveis latentes

Crânio

Mordida

Tamanho

Variável resposta

Autovetor
(centralidade)

+0.30

+0.34

+0.92

+0.96

+0.84

+0.99

+0.99

+0.18

-4.28

+0.52

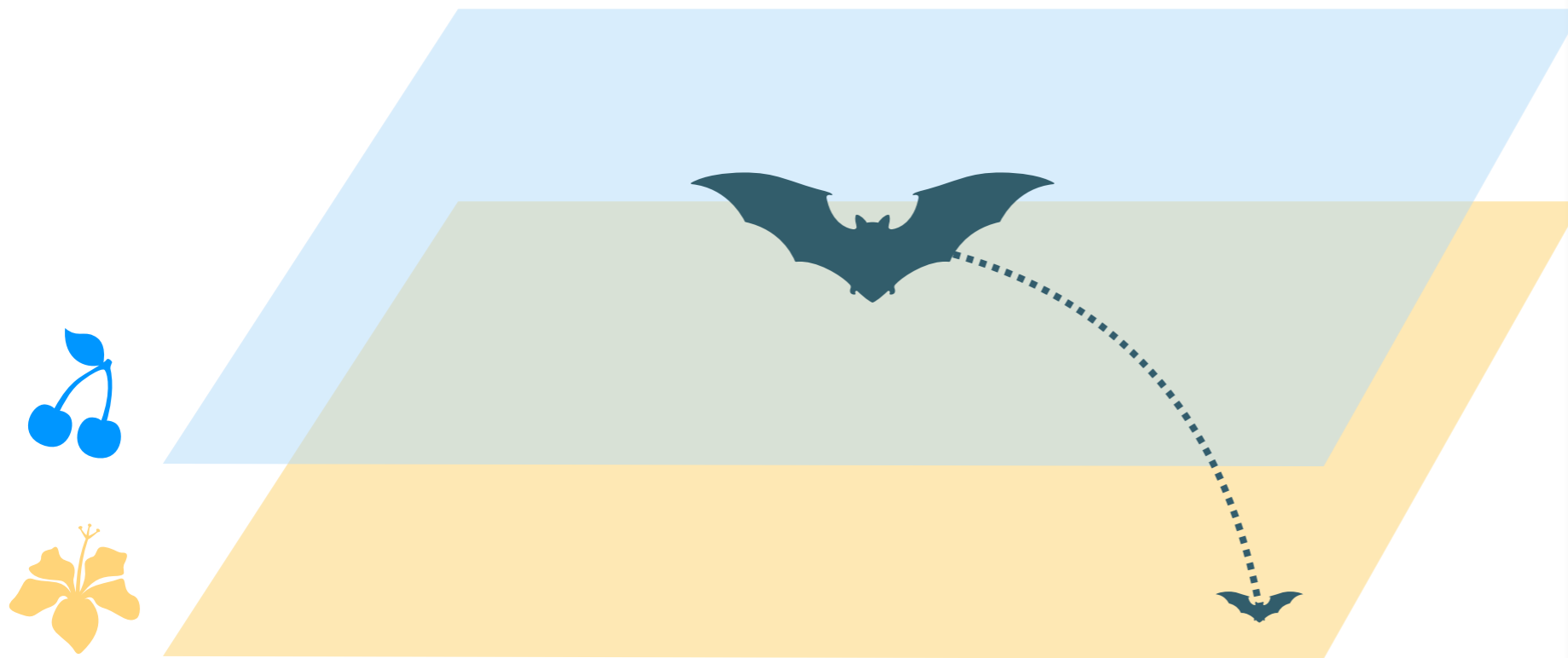
+0.25

84

- Frugivoria
- Nectarivoria
- Multicamada
- Significativo
- Ñ-significativo

Espessura = tamanho do efeito

Quanto maior a **especialização**, mais concentradas as interações em uma **camada**, maior a **centralidade** e melhor a **performance**



Mensagem central

Alguns animais podem prestar mais de um mutualismo à mesma planta e sua eficácia em cada serviço pode ser prevista com base em sua morfologia funcional



Mutualismo animal-planta

1. As origens
2. Benefícios, eficácia e mudanças
3. Mutualismos duais
4. Dualidade mutualismo-antagonismo
5. Aplicações práticas



Perdas & ganhos:

Qual é o resultado líquido das interações?

*A colina de Darwin:
Desemaranhando fios
negativos e positivos*



Polinizadora ou pilhadora?

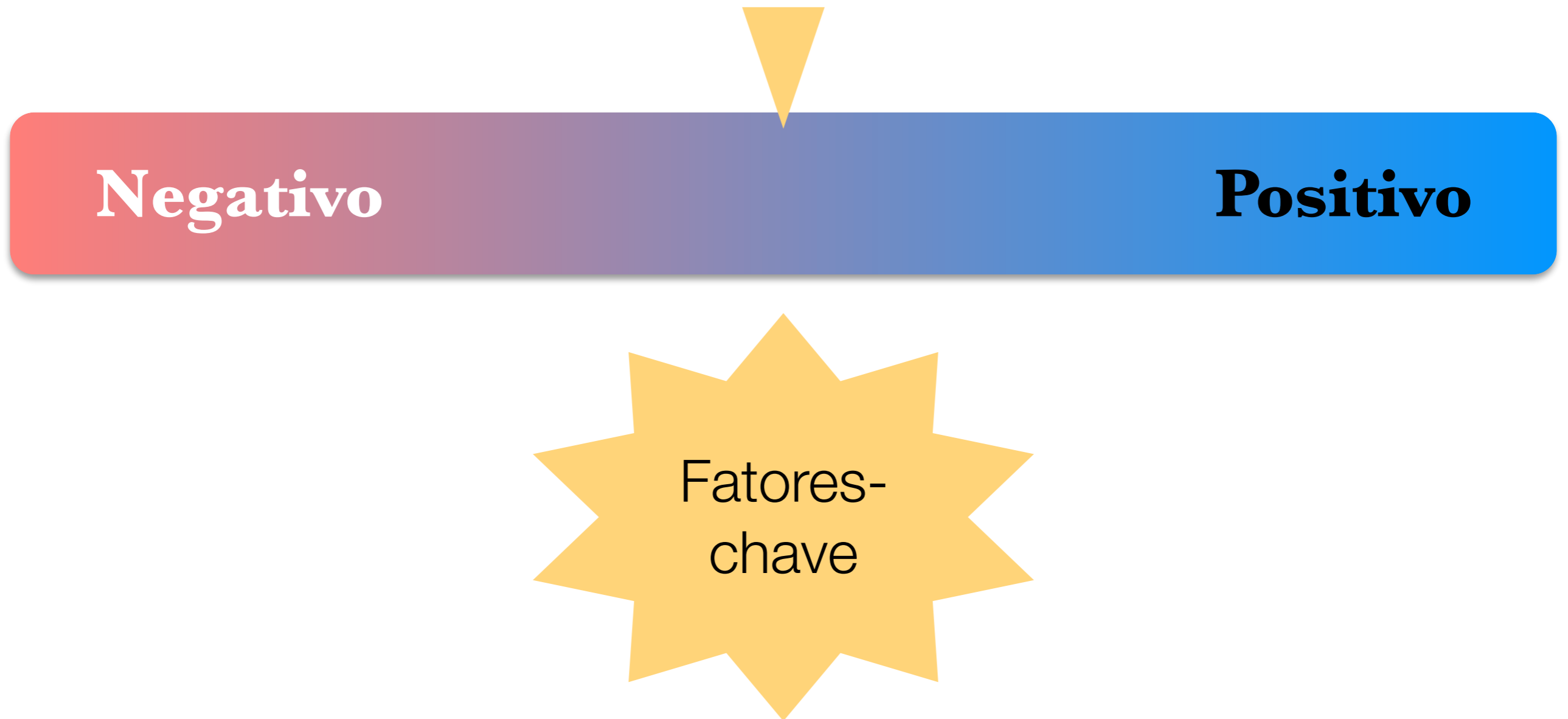


Dispersor ou predador?

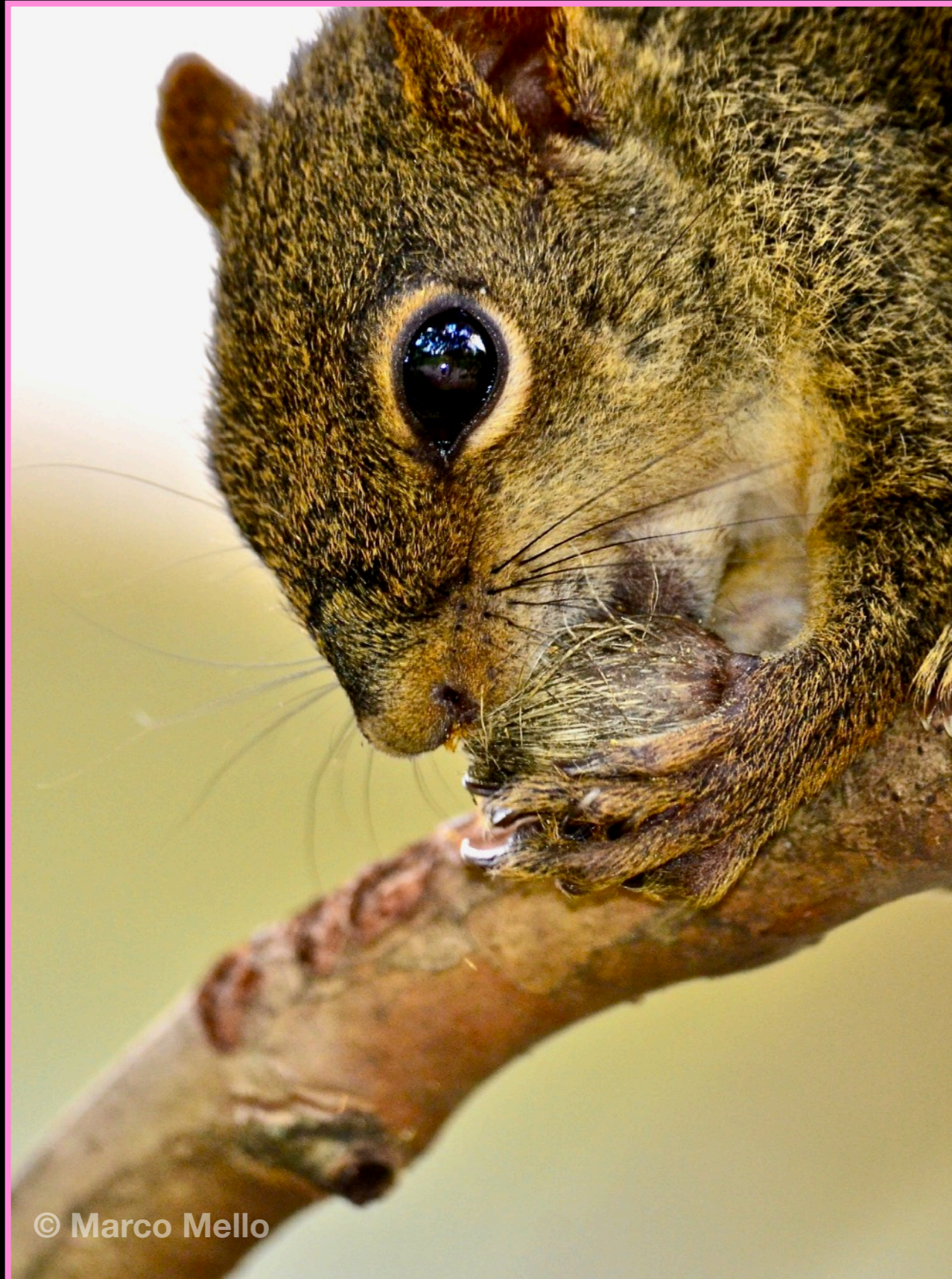




Gradiente de resultados nos eventos de interação



Vivendo entre mundos: destruir ou dispersar sementes?



Parque Municipal das Mangabeiras

Belo Horizonte, MG



Dispersão e destruição de sementes por roedores e marsupiais em um parque urbano

(Genrich et al. 2017 Oikos)

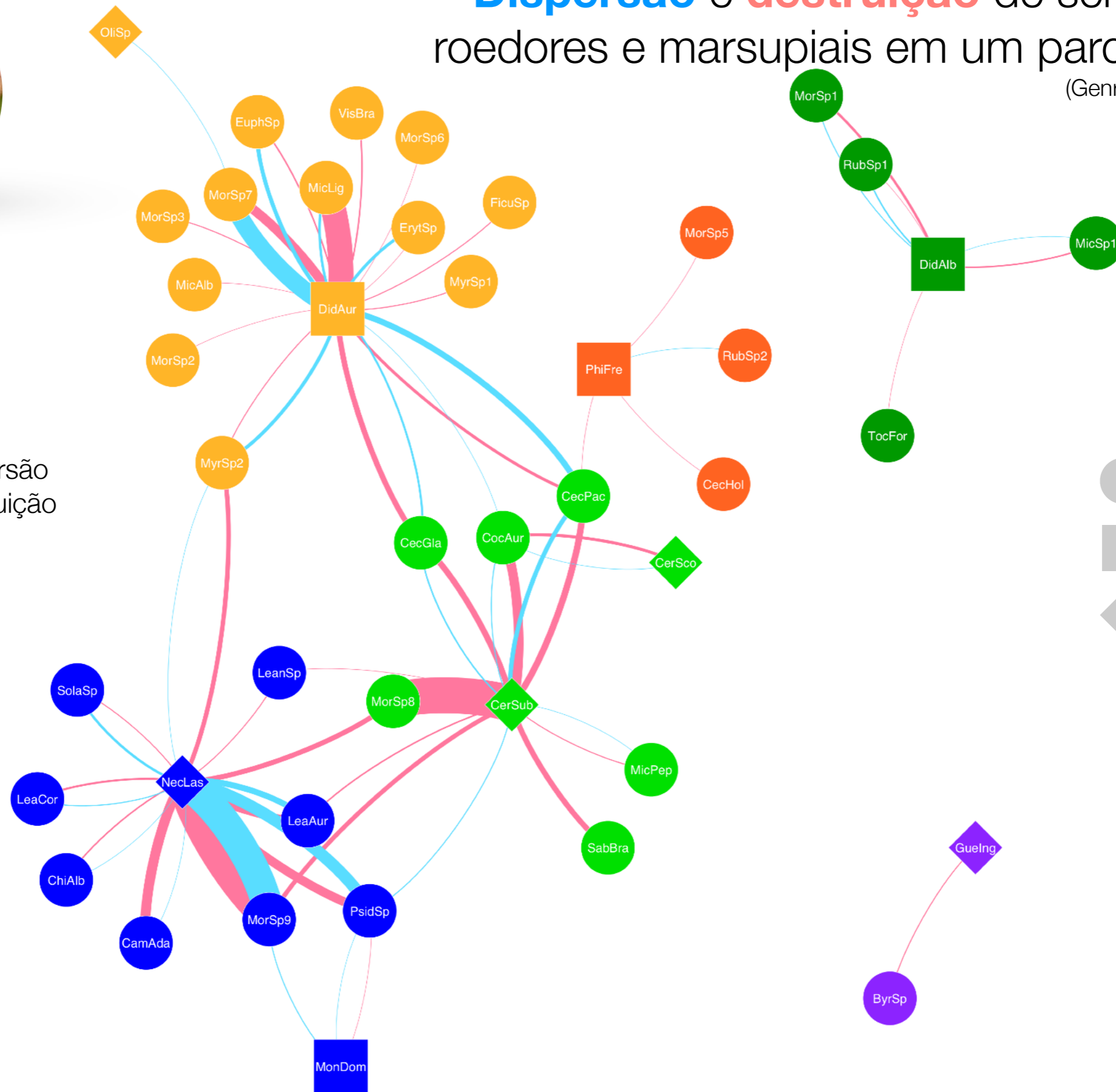
adation
persal



Camadas

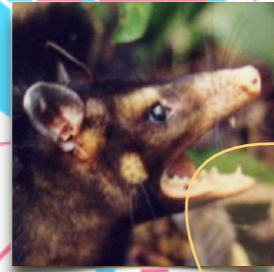
- █ Dispersão
- █ Destruição

- Plantas
- Marsupiais
- ◆ Roedores



Dispersão e destruição de sementes por roedores e marsupiais em um parque urbano

(Genrich et al. 2017 Oikos)



MyrSp1

PhiFre

Camadas

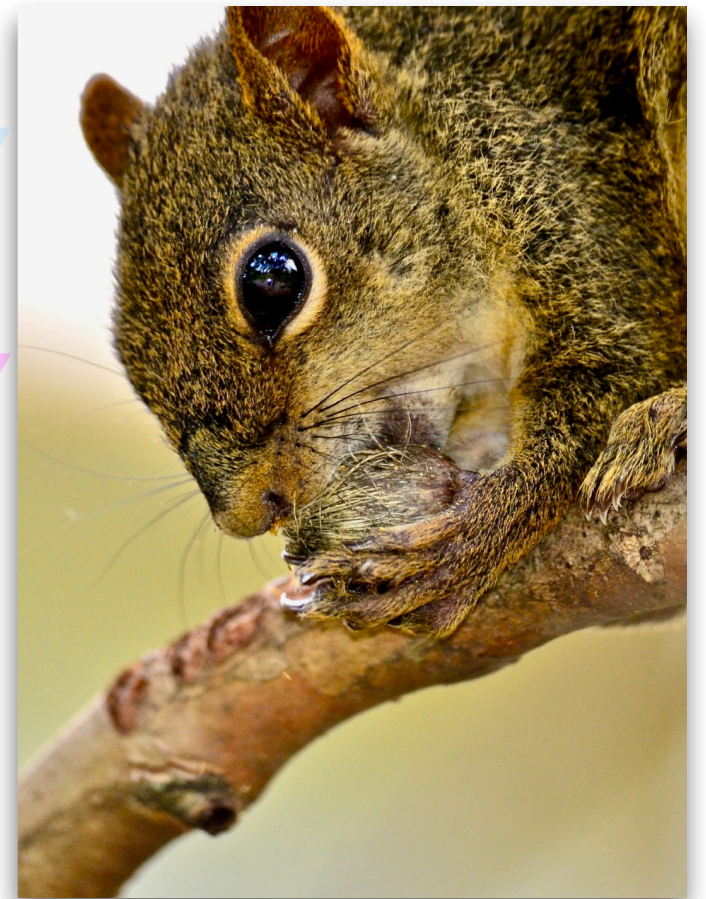
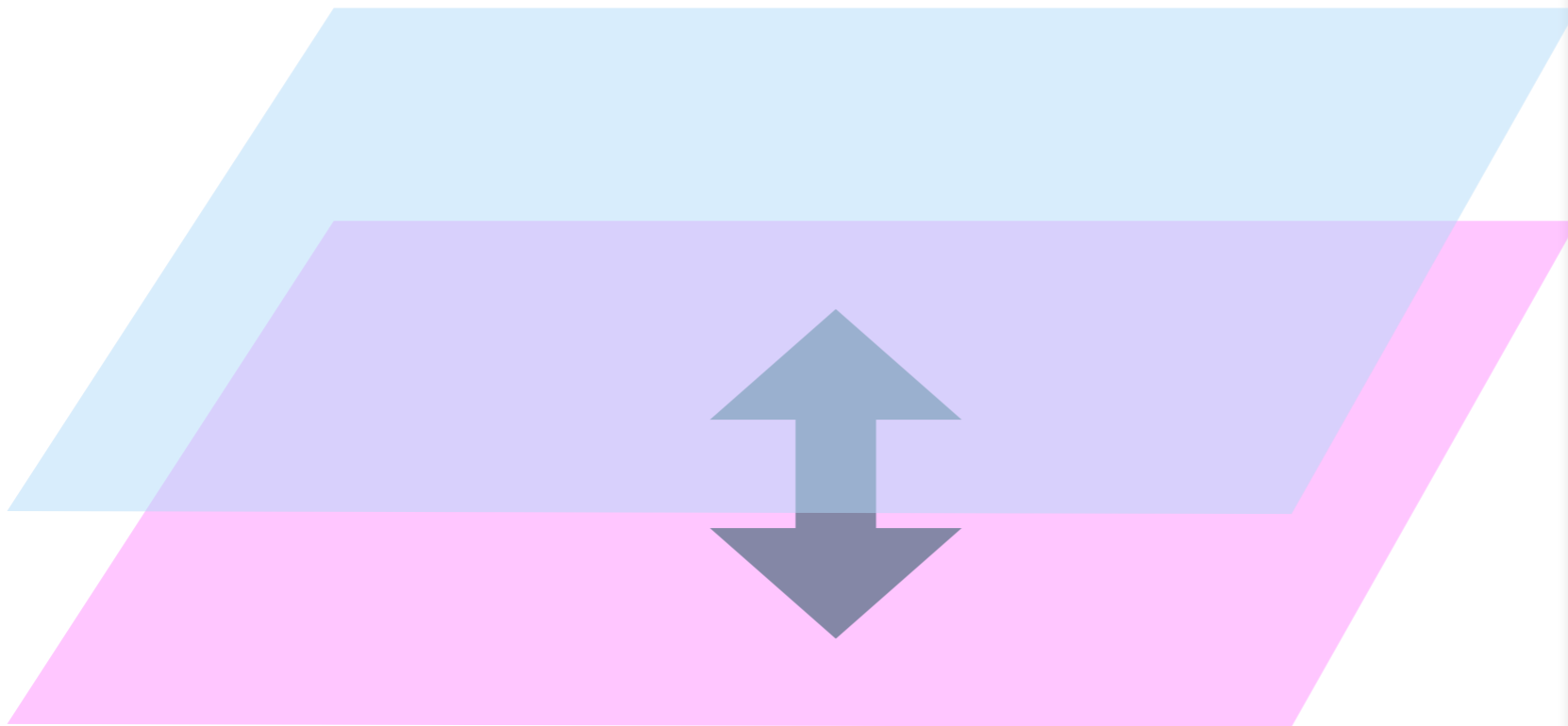
Dispersão
Destruição

CecGla

CocAur



O mesmo roedor ou marsupial pode **dispersar** ou **destruir** as sementes de uma mesma planta



Judith Bronstein

“O lado sombrio do mutualismo”

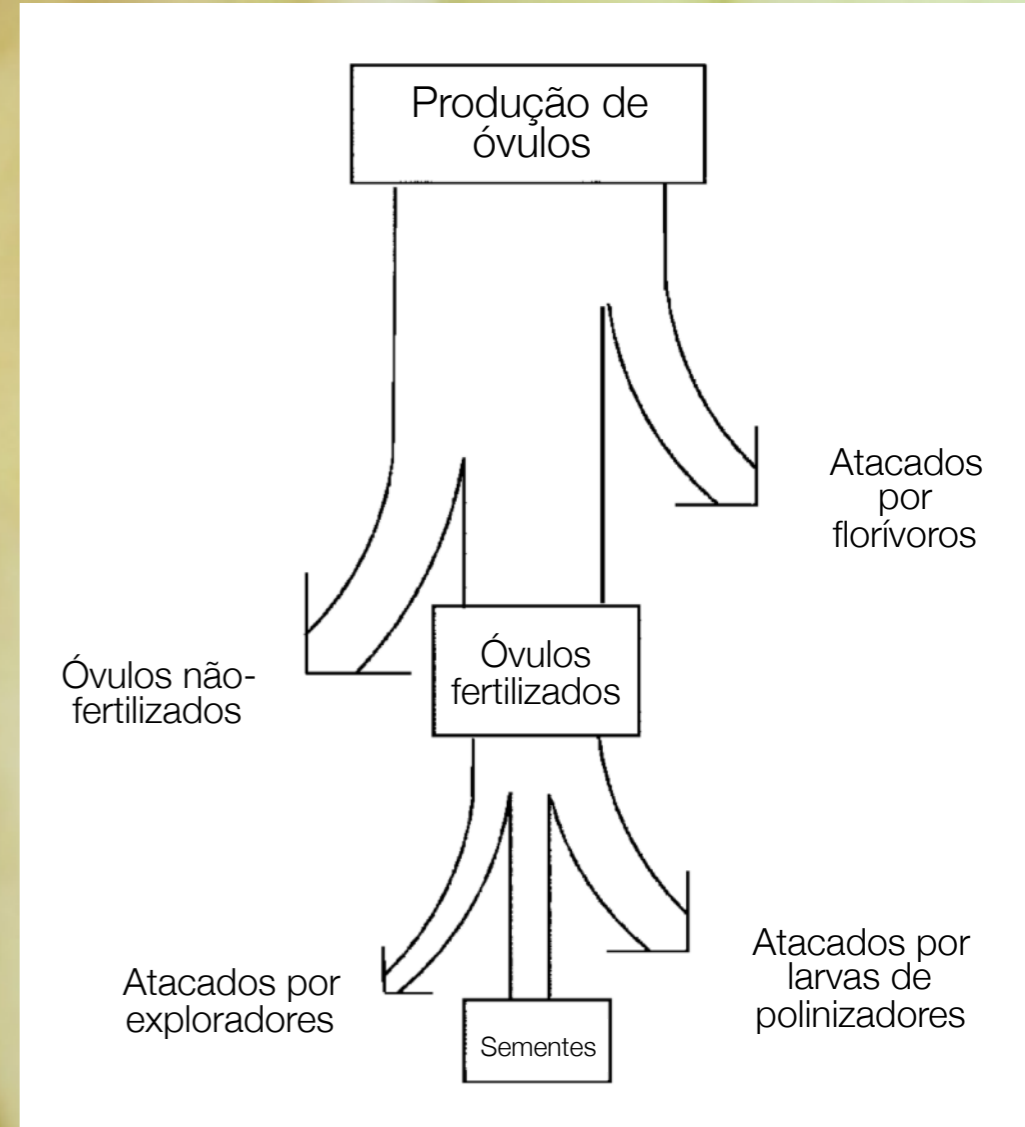
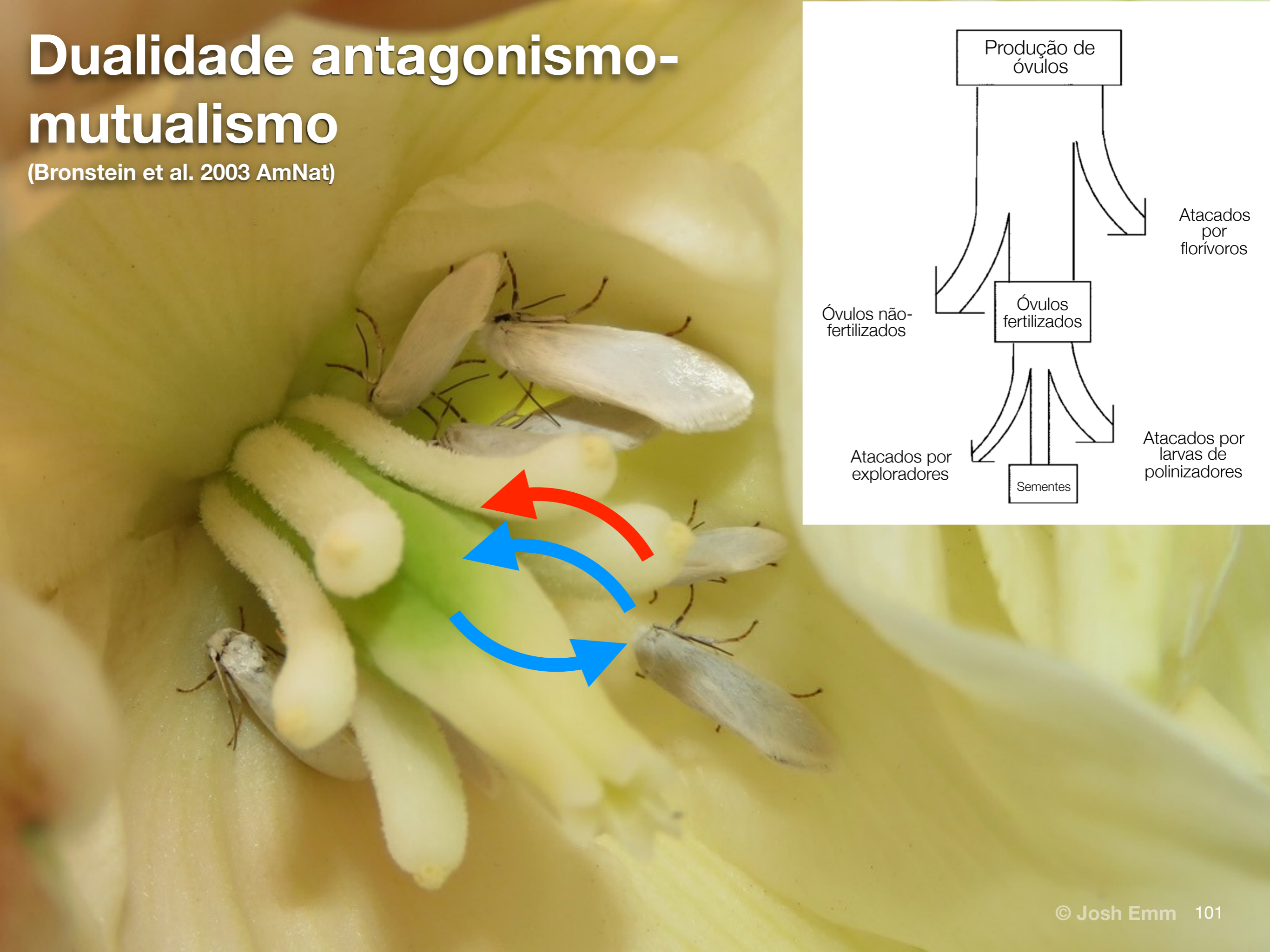


Yucca (Agavaceae)

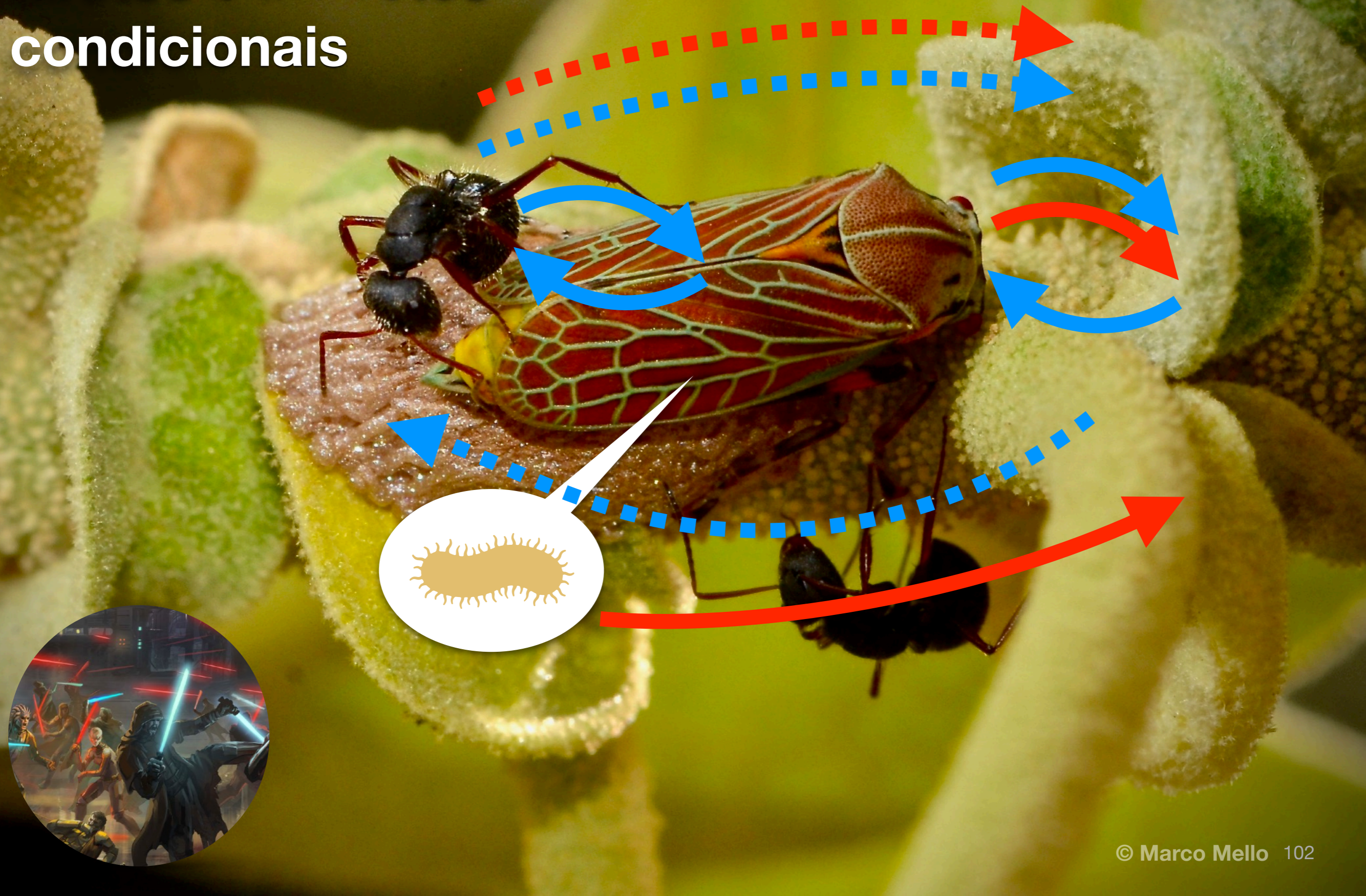


Dualidade antagonismo-mutualismo

(Bronstein et al. 2003 AmNat)



Trofobiose: efeitos diretos e indiretos condicionais





Mutualismo

Antagonismo

Mensagem central

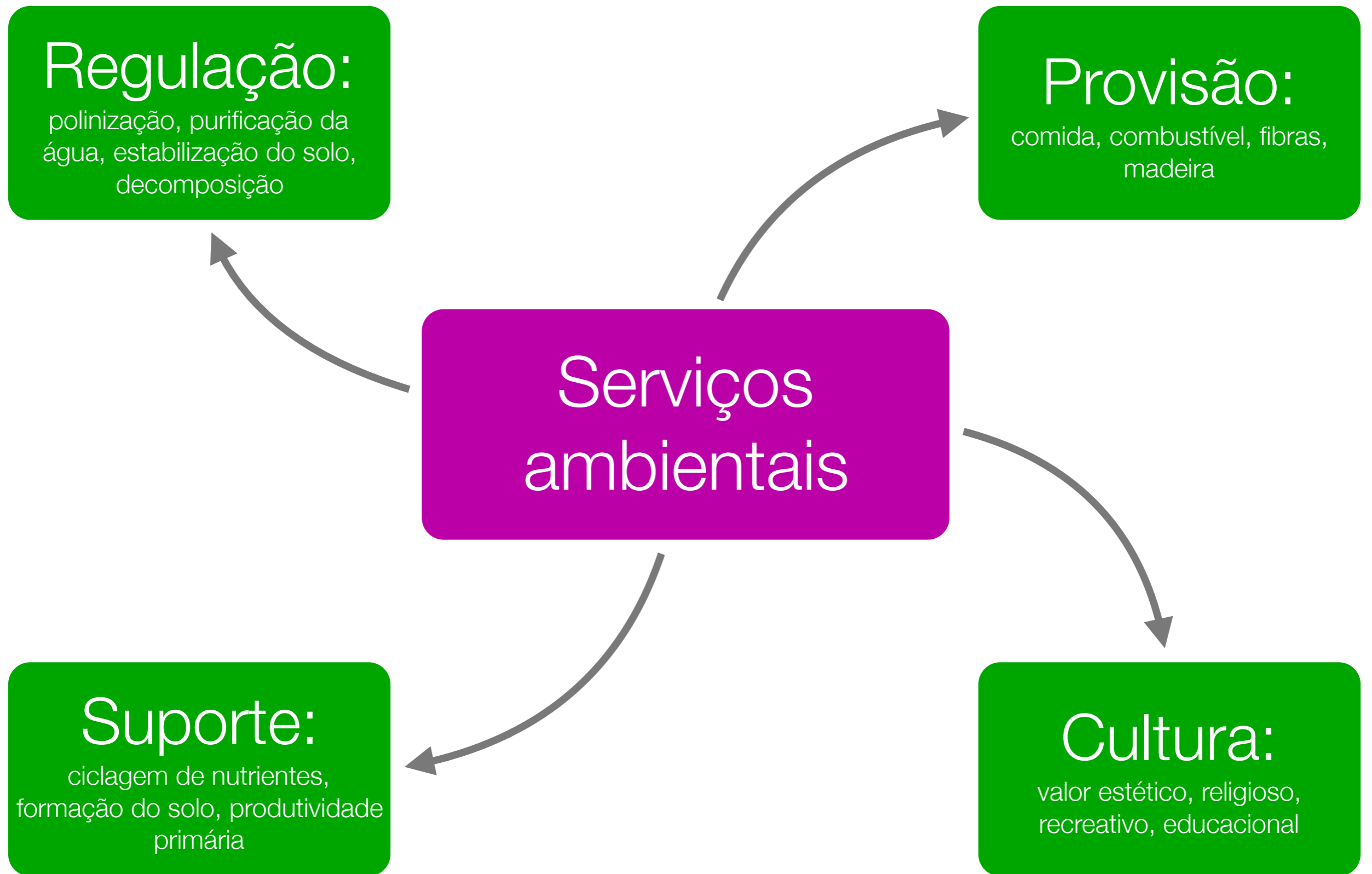
O resultado líquido de uma interação entre um animal e uma planta varia do negativo ao positivo em muitos casos, dependendo de uma série de fatores que atuam por vias diretas e indiretas



Mutualismo animal-planta

1. As origens
2. Benefícios, eficácia e mudanças
3. Mutualismos duais
4. Dualidade mutualismo-antagonismo
5. Aplicações práticas







Comunidades mutualistas →
serviços ambientais

Restauração florestal



Polinização de lavouras



Controle de pragas



Controle de pragas

Como o conhecimento sobre mutualismo pode nos ajudar a resolver problemas práticos?

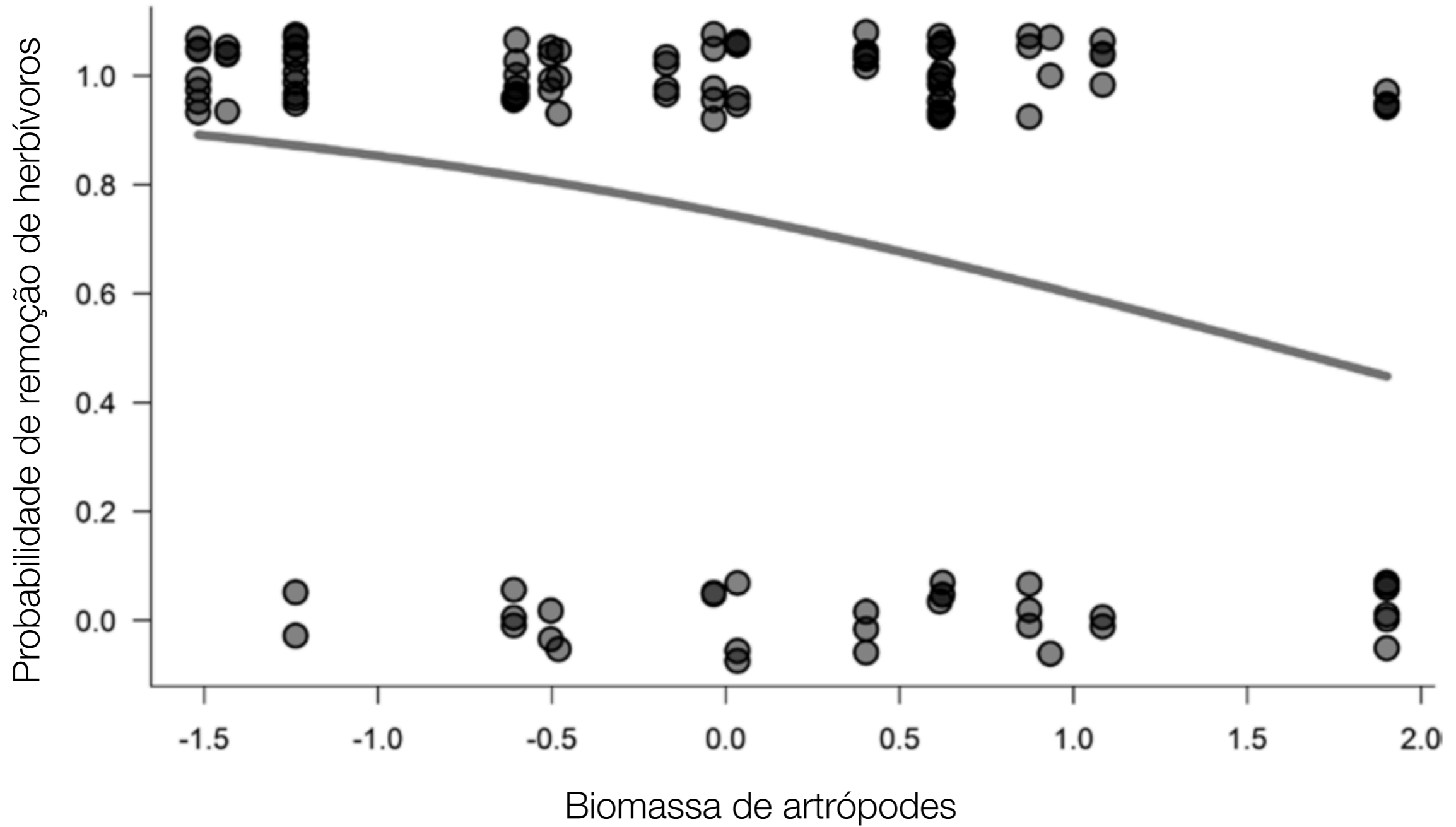


Nectários extraflorais



Quanto menos proteína no ambiente, mais eficiente o mutualismo de proteção

(Passos & Leal 2019 Biol.J.Lin.Soc.)



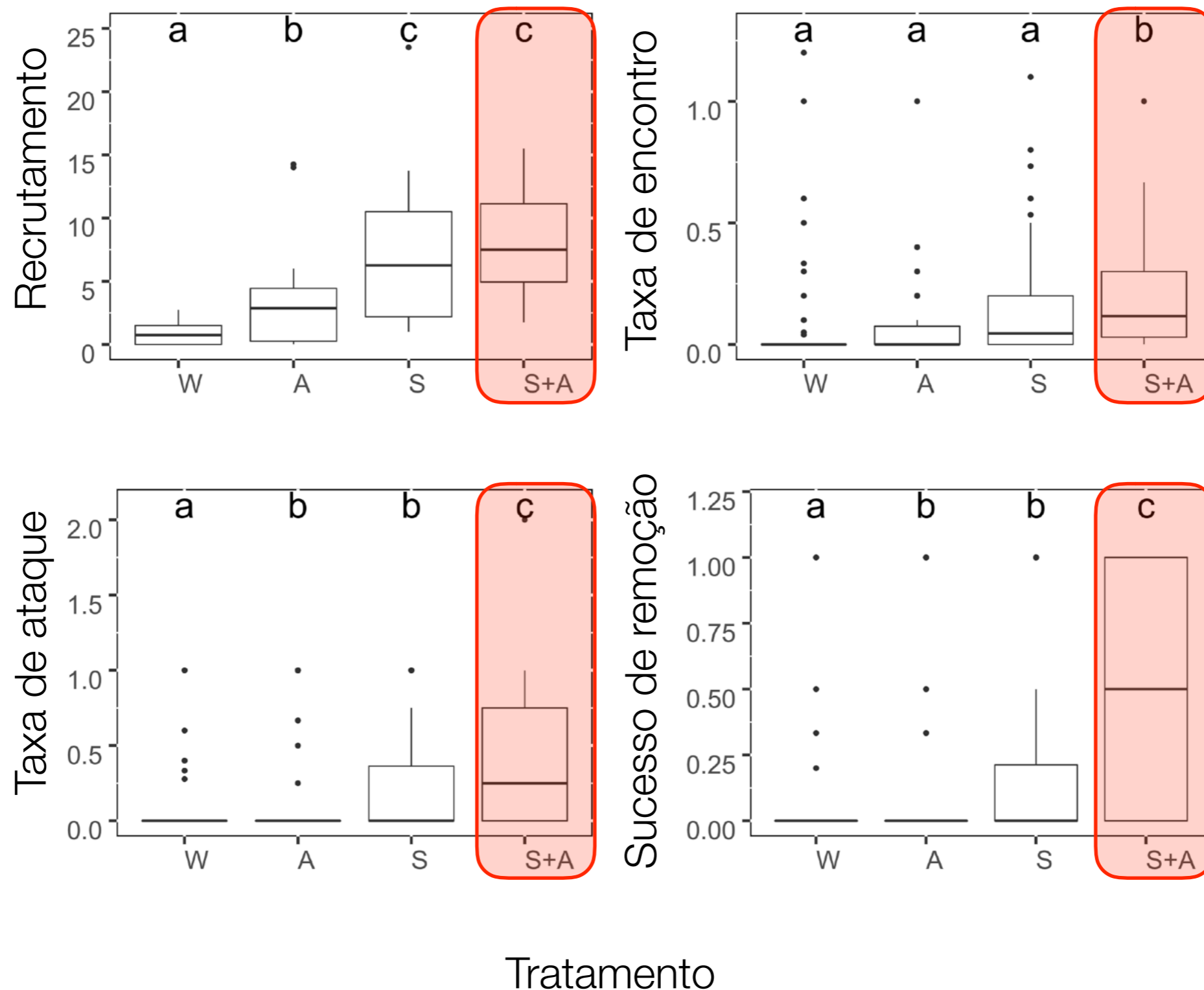
Será que podemos manipular o comportamento das formigas defensoras?

Experimentos de campo: adição de aminoácidos ao néctar



Aminoácidos aumentam a agressividade das formigas e a eficácia da proteção

(Pacelhe et al. 2019 Biotropica)



Aplicações

1. Incrementar interações naturais em sistemas agroecológicos
2. Reduzir danos por pragas e o uso de agrotóxicos
3. Gerar valor para o agricultor



Mensagem central

Compreendendo os mecanismos que regem a eficácia de um mutualista, podemos incrementar interações naturais e resolver problemas práticos





Moral da história

Mensagens centrais

1. O estudo do mutualismo entre animais e plantas é bem antigo e envolve vários tipos de interações, cujos padrões são complexos
2. A eficácia dos mutualistas e as mudanças coevolutivas sofridas por ambos os lados dependem dos benefícios e custos envolvidos no sistema
3. Alguns animais podem prestar mais de um mutualismo à mesma planta e sua eficácia em cada serviço pode ser prevista com base em sua morfologia funcional
4. O resultado líquido de uma interação entre um animal e uma planta varia do negativo ao positivo em muitos casos, dependendo de uma série de fatores que atuam por vias diretas e indiretas
5. Compreendendo os mecanismos que regem a eficácia de um mutualista, podemos incrementar interações naturais e resolver problemas práticos



Sugestões de leitura

Para saber mais

Subject List About News Take a Tour For Authors Subscriber Services Contact Us Site Help

Not a member? Sign up for My OBO. Already a member? My OBO Sign in [Advanced Search](#)

Oxford Bibliographies

Your Best Research Starts Here


Browse by Subject ▼ My Searches (0) ▼

[Back to Results](#)

AUTOMATICALLY SIGNED IN

Sign in to an additional subscriber account

Login



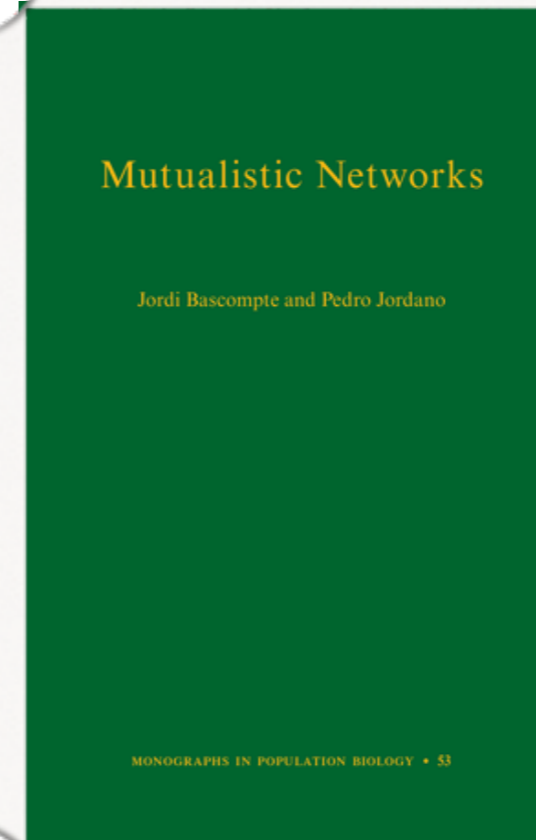
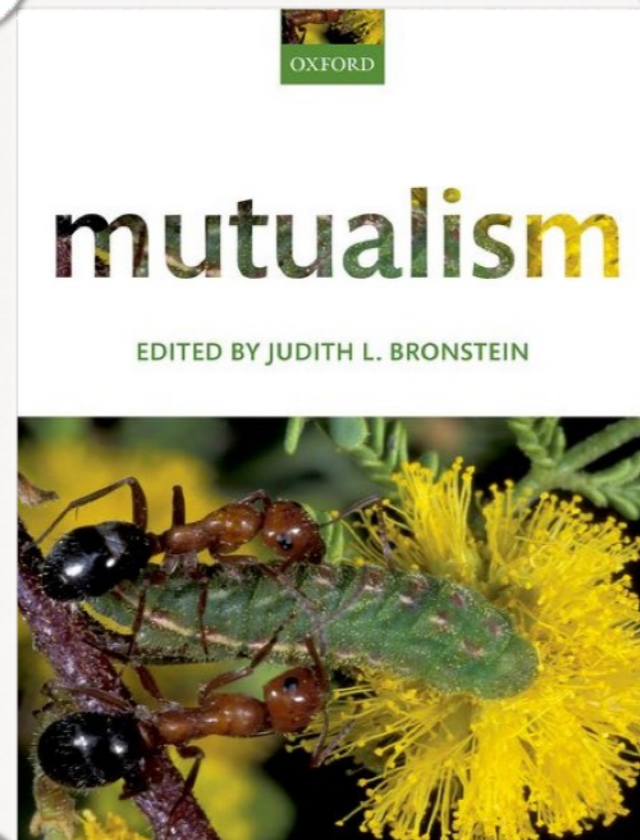
Mutualisms and Symbioses

Judith Bronstein

LAST REVIEWED: 19 MAY 2015
LAST MODIFIED: 23 MAY 2012
DOI: 10.1093/OBO/9780199830060-0006

ECOLOGY
[About Ecology >](#)
[Meet the Editorial Board >](#)

JUMP TO OTHER ARTICLES:
 [GO](#)



Epílogo



Prática



Análise de dados

1. Pacelhe et al. 2019 Biotropica
2. Relação entre qualidade do néctar, comportamento das formigas e defesa da planta
3. Roteiro no Google Classroom
4. Dados e scripts do R no GitHub
5. Entrega para a semana que vem

