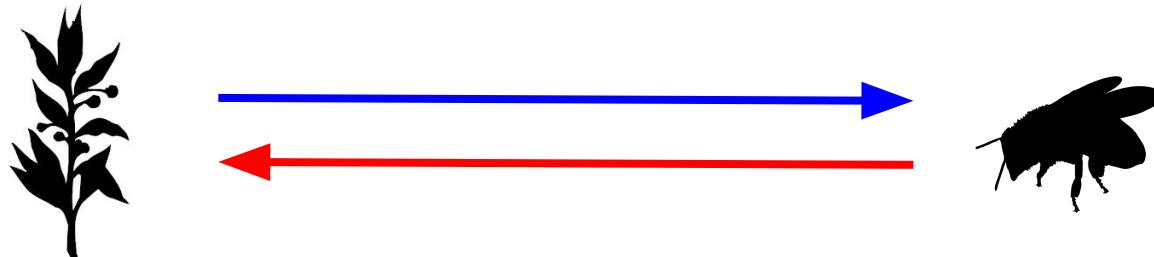


Coevolução e exploração em redes de mutualismos

Lucas A. Camacho



Mutualismos



Mutualismos



Mutualismos



Mutualismos



Interação ecológica onde os indivíduos que estão interagindo obtém um benefício



Custos do mutualismo



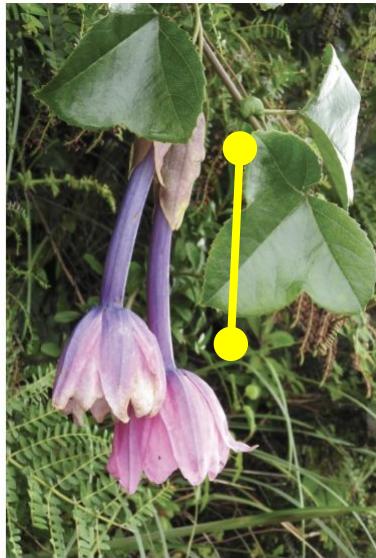
- Produção de fruto e semente

Custos do mutualismo



- Produção de fruto e semente
- Produção de néctar e pólen

Custos do mutualismo



- Produção de fruto e semente
- Produção de néctar e pólen
- Acoplamento fenotípico

Exploração



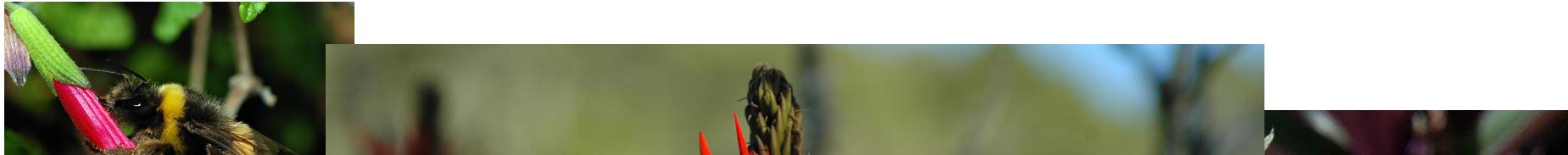
Exploração



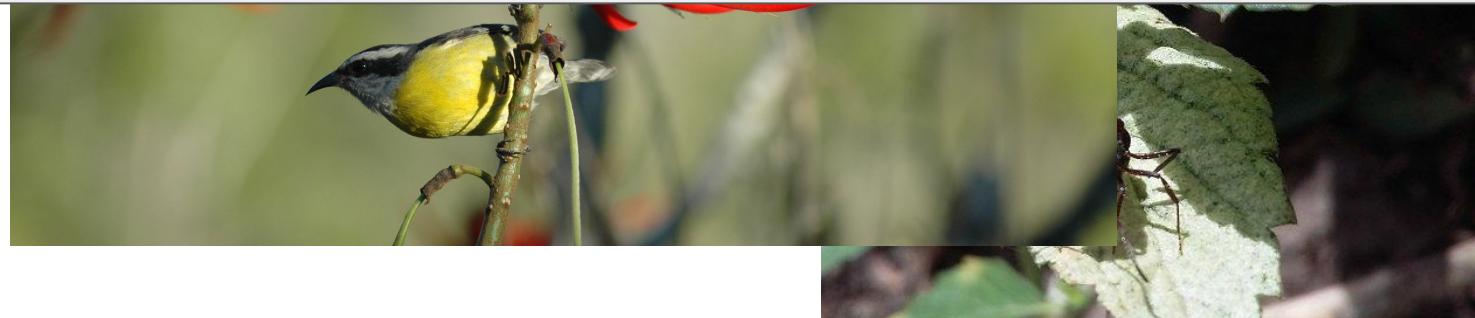
Exploração



Exploração



Indivíduos de uma espécie que obtém os benefícios do mutualismo, porém não retorna nenhum benefício em troca



Dado que:

- Indivíduos de espécies diferentes interagem,

Dado que:

- Indivíduos de espécies diferentes interagem,
- Essas interações influenciam a reprodução e sobrevivência desses indivíduos,

Dado que:

- Indivíduos de espécies diferentes interagem,
- Essas interações influenciam a reprodução e sobrevivência desses indivíduos,
- Essa influência na reprodução e sobrevivência é recíproca,

Dado que:

- Indivíduos de espécies diferentes interagem,
- Essas interações influenciam a reprodução e sobrevivência desses indivíduos,
- Essa influência na reprodução e sobrevivência é recíproca,

Podemos esperar que ocorra coevolução entre espécies

Coevolução: pressão evolutiva recíproca entre espécies que interagem

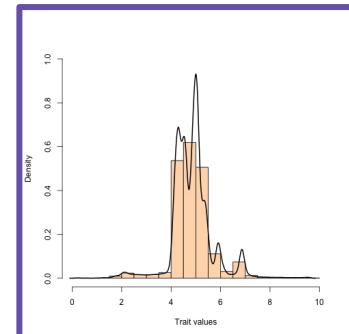
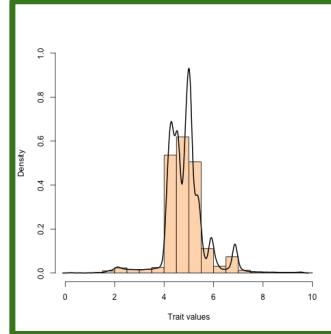
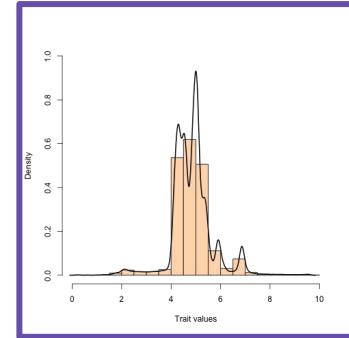
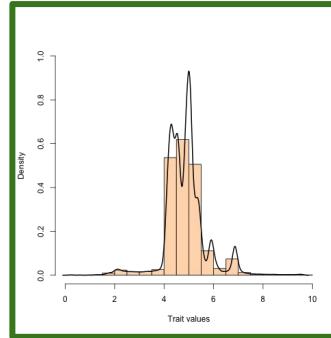
Coevolução



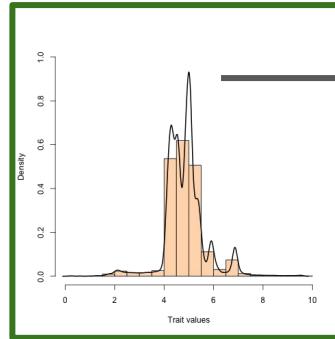
Coevolução



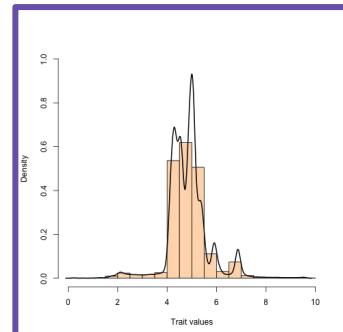
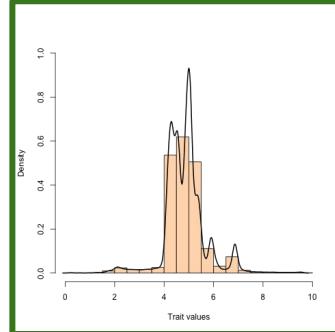
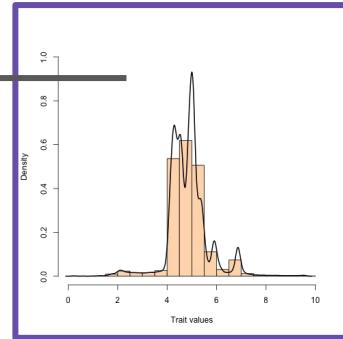
Coevolução



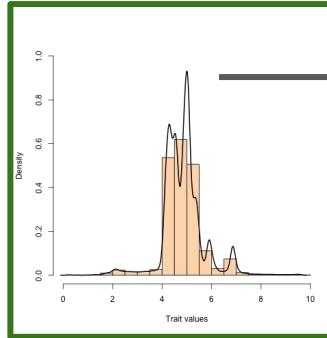
Coevolução



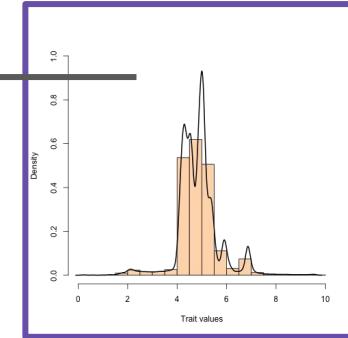
Acoplamento
(match)



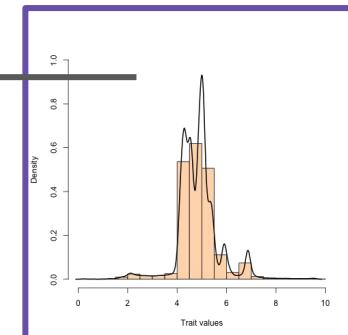
Coevolução



Acoplamento
(match)



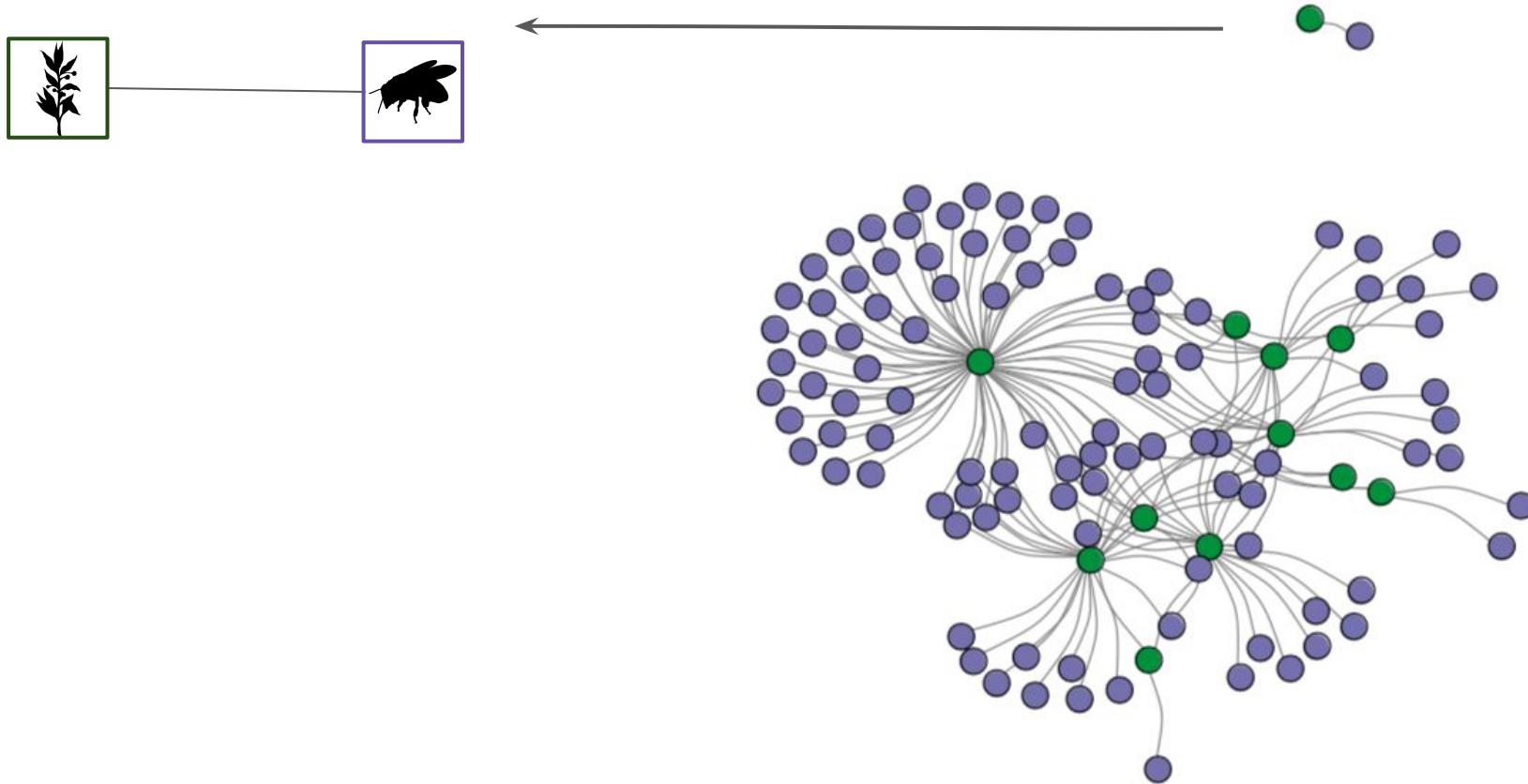
Desacoplamento
(mismatch)



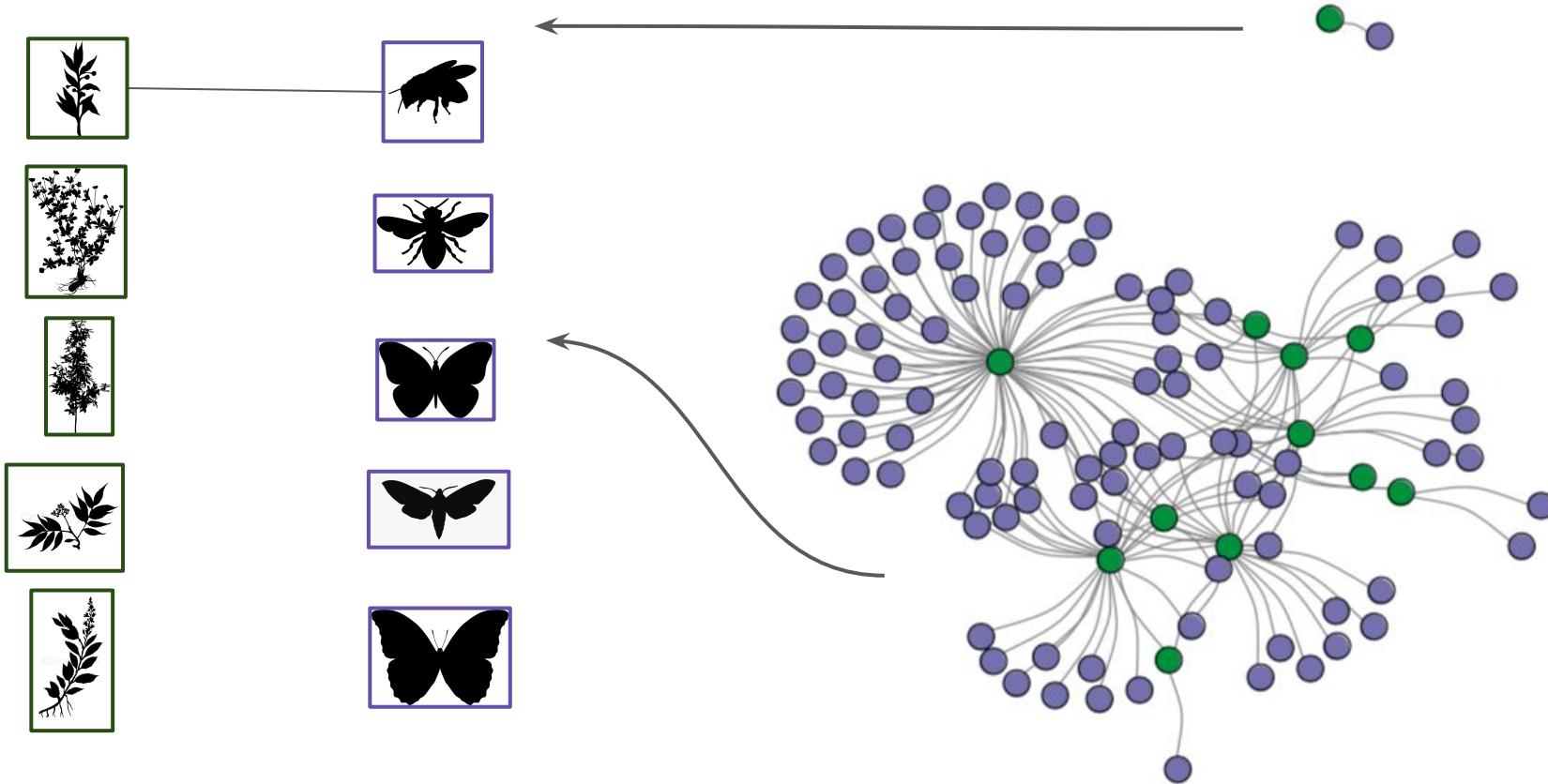
Redes



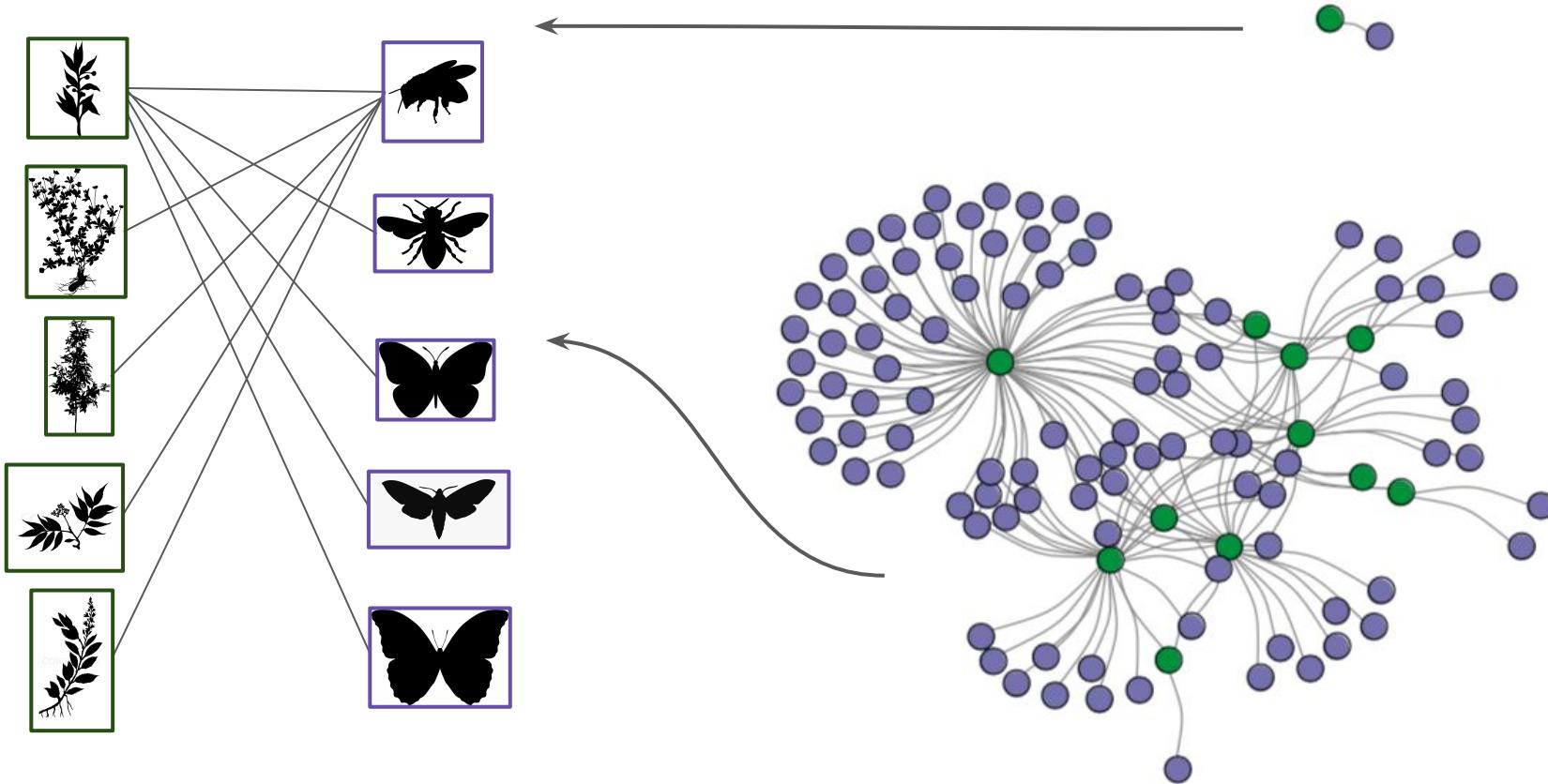
Redes



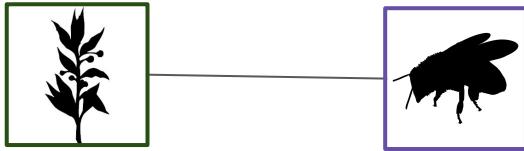
Redes



Redes

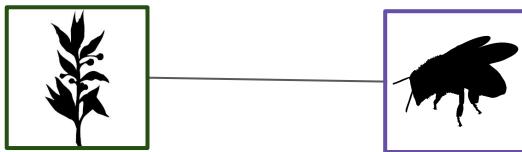


Exploração em redes

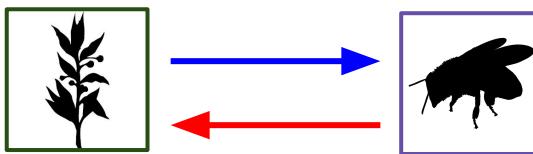


Pode ser descrita em termos de efeitos positivos e negativos...

Exploração em redes



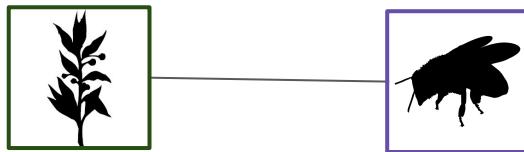
Pode ser descrita em termos de efeitos positivos e negativos...



→ Efeito positivo

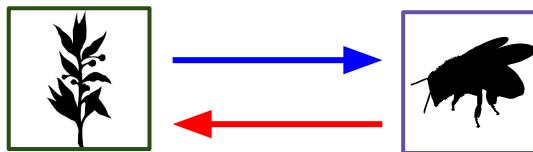
→ Efeito negativo

Exploração em redes



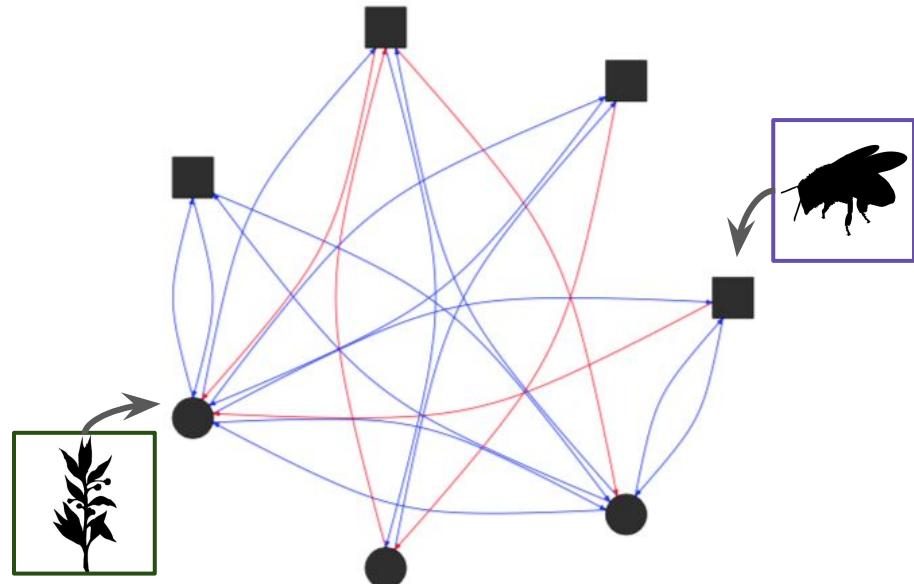
e inserida em uma rede de interações!

Pode ser descrita em termos de efeitos positivos e negativos...



→ Efeito positivo

→ Efeito negativo

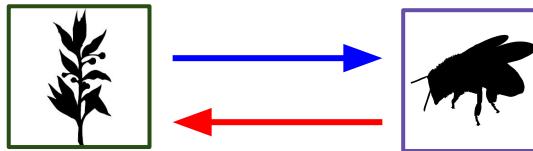


Exploração em redes



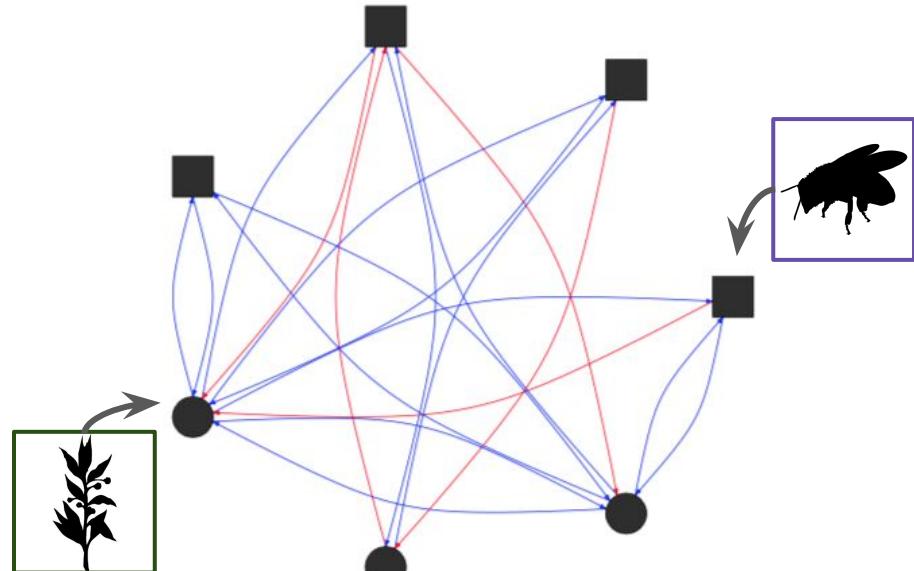
e inserida em uma rede de interações!

Pode ser descrita em termos de efeitos positivos e negativos...



→ Efeito positivo

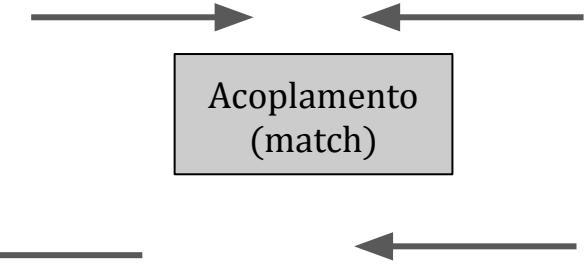
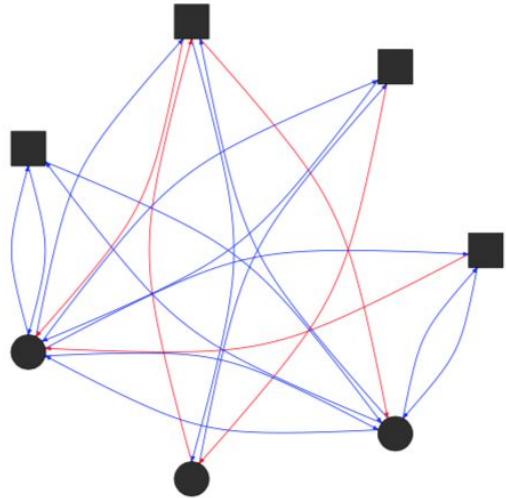
→ Efeito negativo



Quem são os exploradores nessa rede?



?

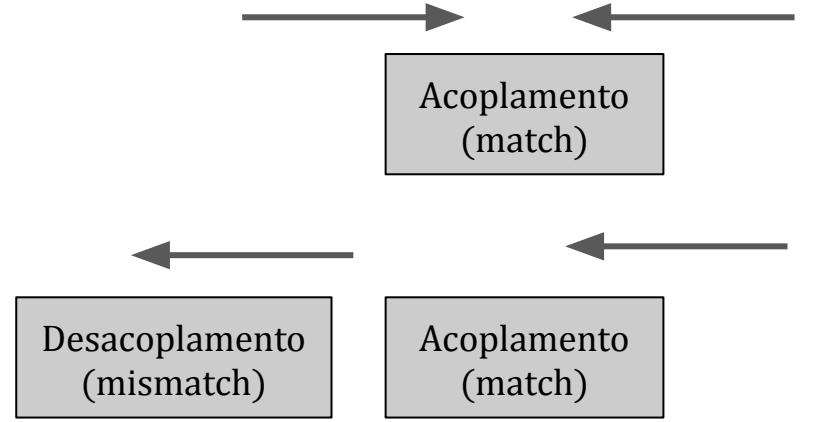
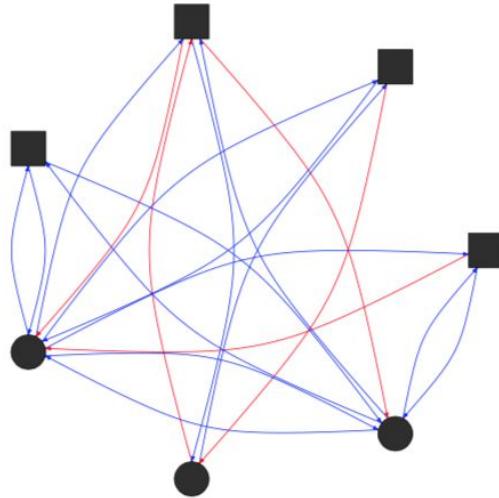


Desacoplamento
(mismatch)

Acoplamento
(match)



?



Como essas interações de exploração
influenciam o processo coevolutivo em redes
de mutualismos?

Perguntas

1. Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?

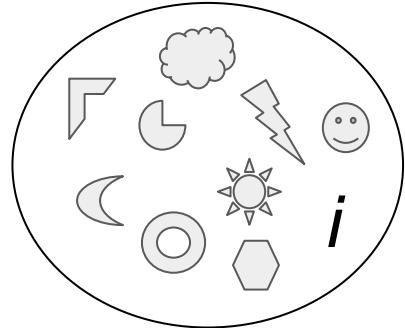
Perguntas

1. Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?
2. Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração na evolução de traços?

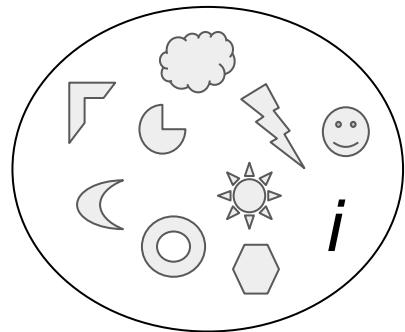
Perguntas

1. Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?
2. Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração na evolução de traços?
3. Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?

Métodos - Modelo



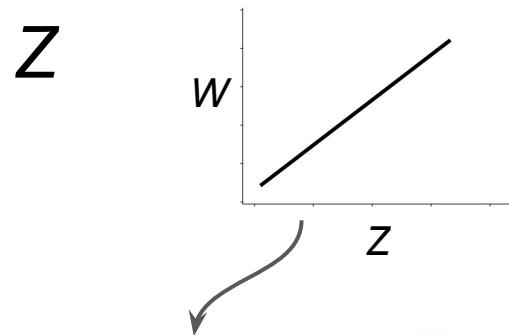
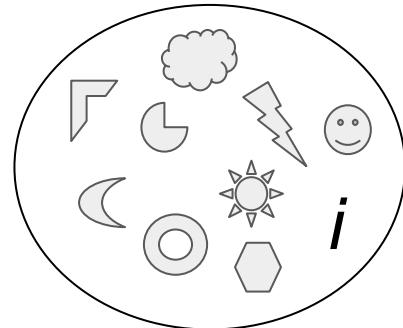
Métodos - Modelo



Z

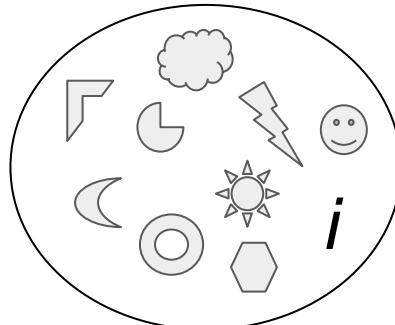
$$Z_i^{(t+1)} = Z_i^{(t)}$$

Métodos - Modelo

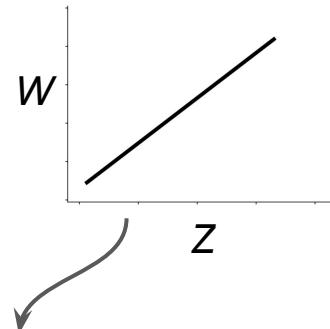


$$Z_i^{(t+1)} = Z_i^{(t)} + \varphi_i$$

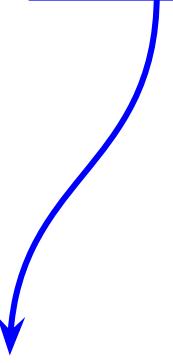
Métodos - Modelo



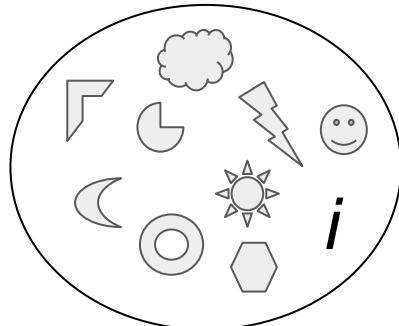
Z



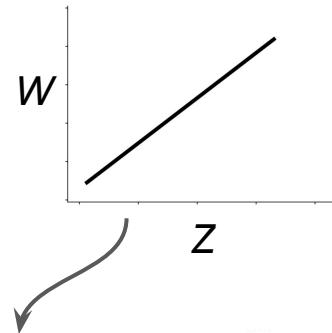
$$Z_i^{(t+1)} = Z_i^{(t)} + \varphi_i \{ (1 - \gamma_i) \left[\sum_j^N m_{ij}^{(t)} (Z_j^{(t)} - Z_i^{(t)}) \right]$$



Métodos - Modelo



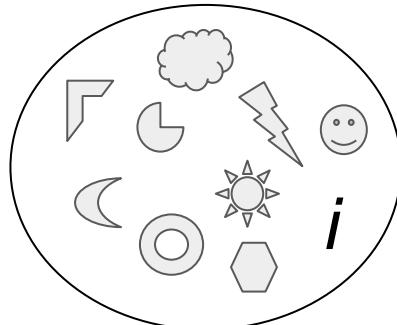
Z



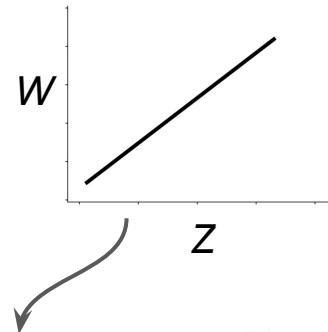
$$Z_i^{(t+1)} = Z_i^{(t)} + \varphi_i \left\{ (1-\gamma_i) \left[\sum_j^N m_{ij}^{(t)} (Z_j^{(t)} - Z_i^{(t)}) + \sum_j^N \delta_{ij} v_{ij}^{(t)} (Z_j^{(t)} \pm \varepsilon_{ij} - Z_i^{(t)}) \right] \right\}$$



Métodos - Modelo



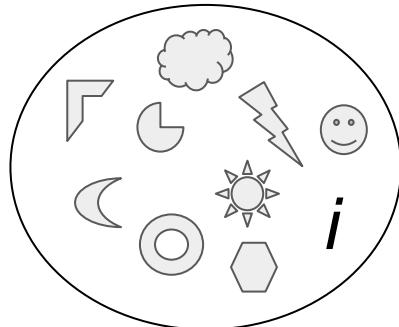
Z



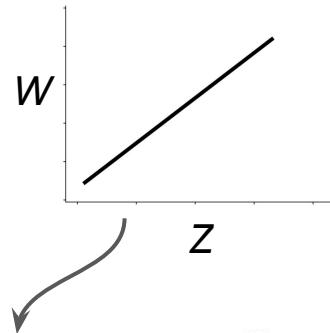
$$Z_i^{(t+1)} = Z_i^{(t)} + \varphi_i \left\{ (1-\gamma_i) \left[\sum_j^N m_{ij}^{(t)} (Z_j^{(t)} - Z_i^{(t)}) + \sum_j^N \delta_{ij} v_{ij}^{(t)} (Z_j^{(t)} \pm \varepsilon_{ij} - Z_i^{(t)}) \right] + \gamma_i (\theta_i - Z_i^{(t)}) \right\}$$



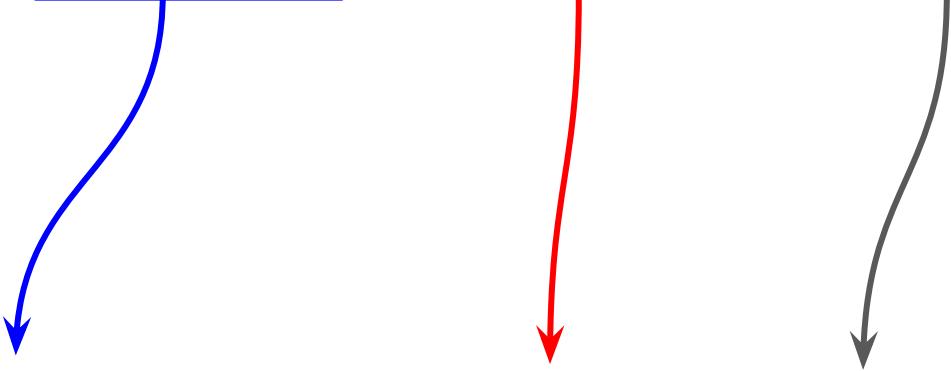
Métodos - Modelo



Z



$$Z_i^{(t+1)} = Z_i^{(t)} + \varphi_i \left\{ (1-\gamma_i) \left[\sum_j^N m_{ij}^{(t)} (Z_j^{(t)} - Z_i^{(t)}) + \sum_j^N \delta_{ij} v_{ij}^{(t)} (Z_j^{(t)} \pm \varepsilon_{ij} - Z_i^{(t)}) \right] + \gamma_i (\theta_i - Z_i^{(t)}) \right\}$$



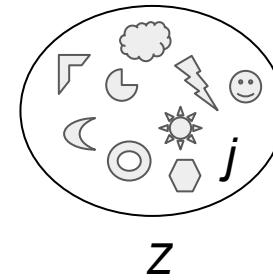
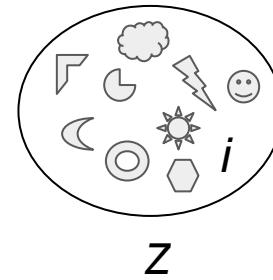
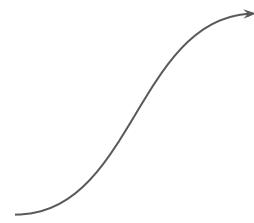
Métodos - Modelo

$$q_{ij} =$$

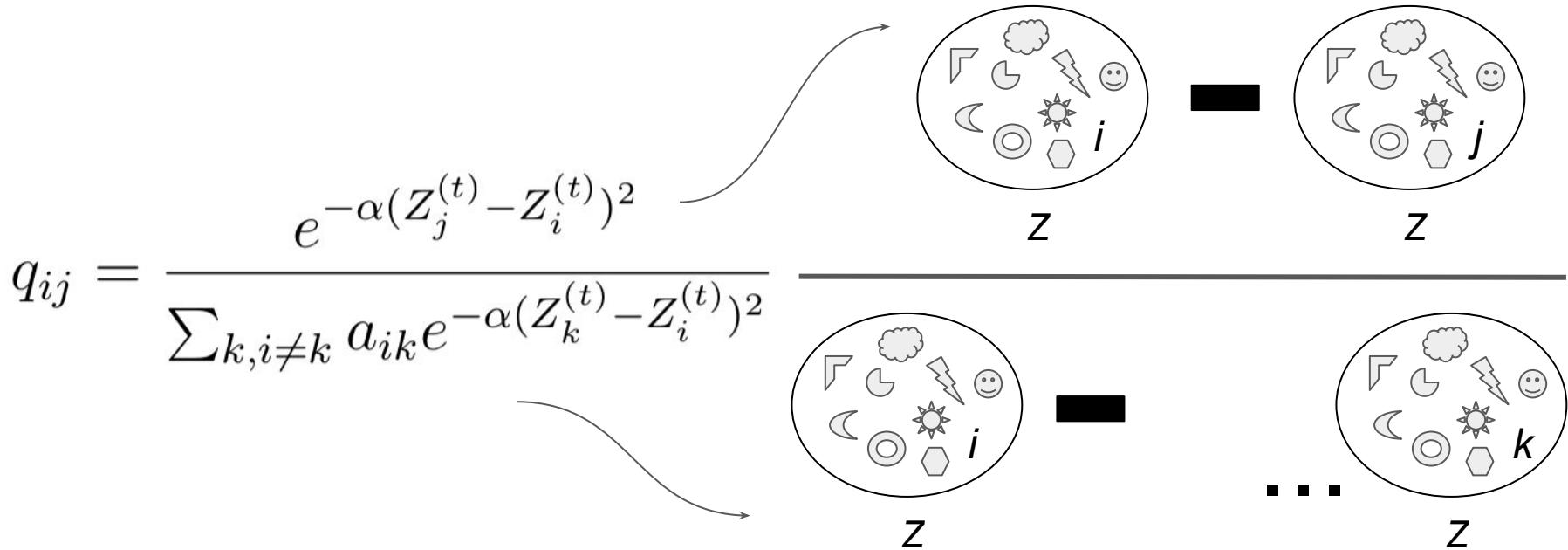
Métodos - Modelo

$$e^{-\alpha(Z_j^{(t)} - Z_i^{(t)})^2}$$

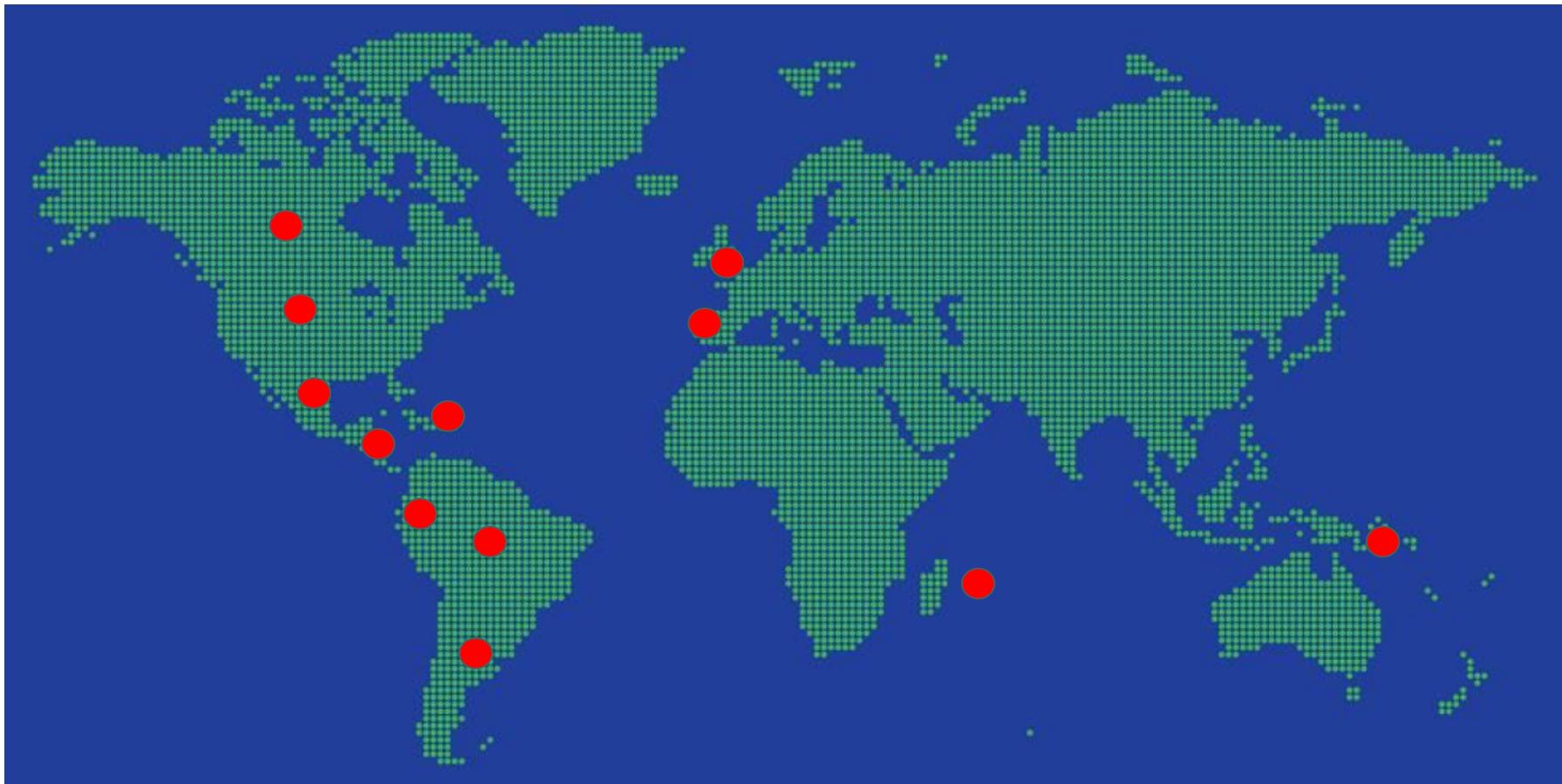
$q_{ij} =$



Métodos - Modelo



Métodos - Redes empíricas



Métodos - Redes empíricas



Formiga-planta = 8 redes



Dispersão de sementes = 8
redes



Polinização = 8 redes

web of life
ecological networks database

 **iwdb**
Interaction Web DataBase



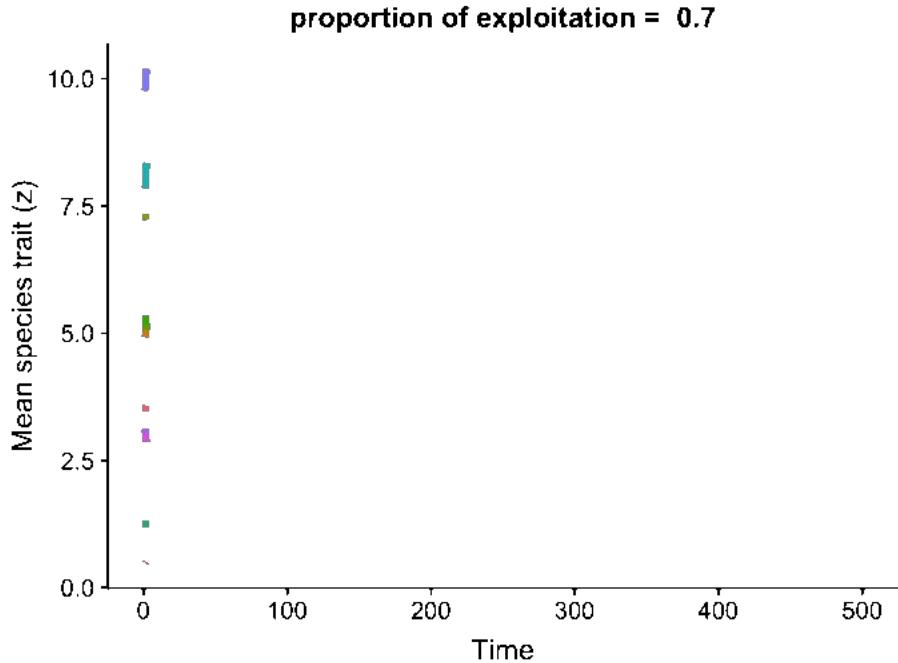
```
66 # load functions
67 source("~/Dropbox/Master/Code/coevo_mut_antag/R/functions/Antagonize.R")
68 source("~/Dropbox/Master/Code/coevo_mut_antag/R/functions/CoevoMutAntNet.R")
69
70 # insert cheaters exploitation outcomes
71 empantagonize = Antagonize(M, antprob)
72 M = empantagonize[[1]]
73 V = empantagonize[[2]]
74
75 # coevolutionary model parameters
76 phi = 0.2
77 alpha = 0.2
78 theta = runif(n_sp, 0, 10)
79 init = runif(n_sp, 0, 10)
80 p = 0.1
81 epsilon = 5
82 eq_dif = 0.000001
83 t_max = 1000
84
85 # simulate coevolution
86 z_mat = CoevoMutAntNet(n_sp, M, V, phi, alpha, theta, init, p, epsilon, eq_dif, t_max)
87
```



```

66 # load functions
67 source("~/Dropbox/Master/Code/coevo_mut_antag/R/functions/Antagonize.R")
68 source("~/Dropbox/Master/Code/coevo_mut_antag/R/functions/CoevoMutAntNet.R")
69
70 # insert cheaters exploitation outcomes
71 empantagonize = Antagonize(M, antprob)
72 M = empantagonize[[1]]
73 V = empantagonize[[2]]
74
75 # coevolutionary model parameters
76 phi = 0.2
77 alpha = 0.2
78 theta = runif(n_sp, 0, 10)
79 init = runif(n_sp, 0, 10)
80 p = 0.1
81 epsilon = 5
82 eq_dif = 0.000001
83 t_max = 1000
84
85 # simulate coevolution
86 z_mat = CoevoMutAntNet(n_sp, M, V, phi, alpha, theta, init, p, epsilon, eq_dif, t_max)
87

```



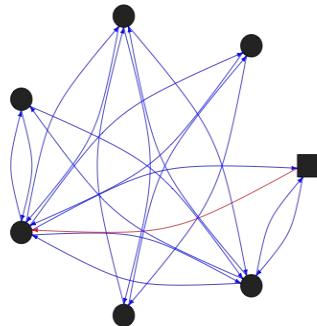
Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?



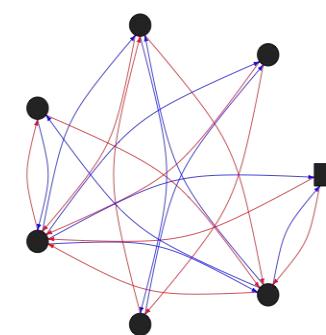
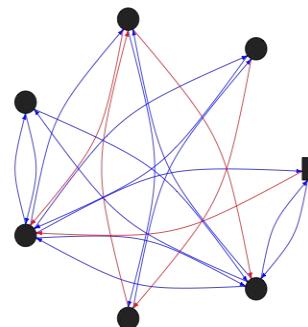
Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?

Frequência de exploração na rede

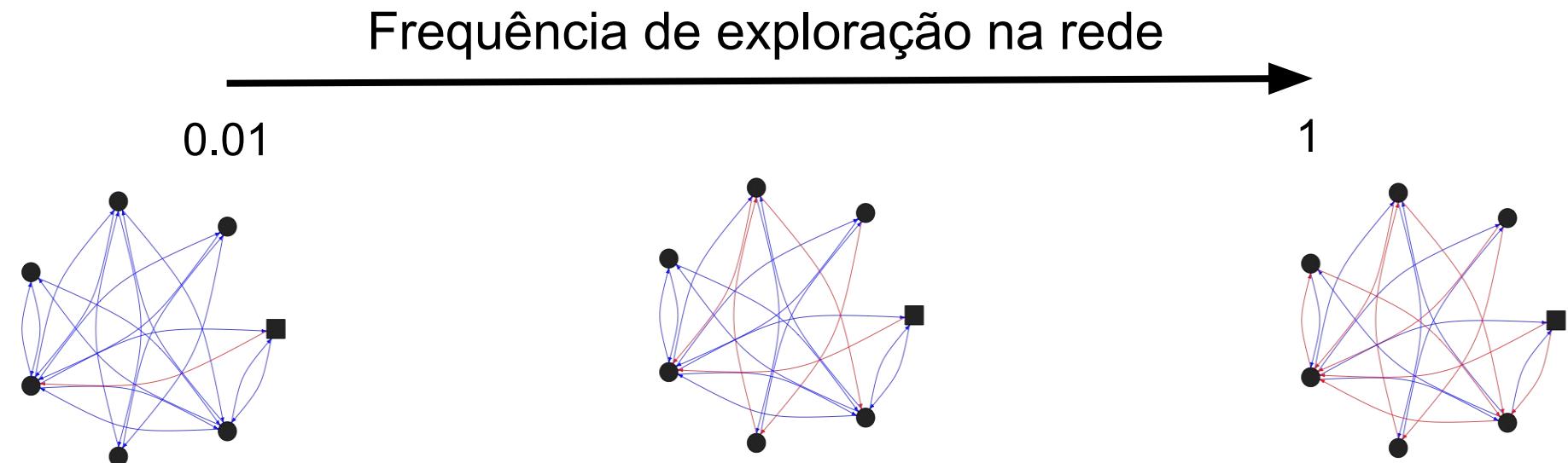
0.01



1

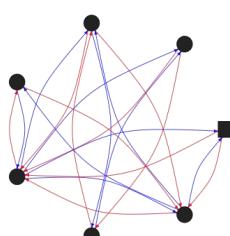
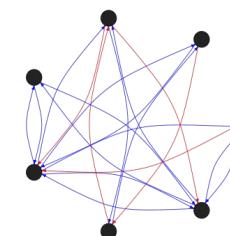
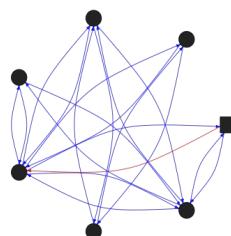
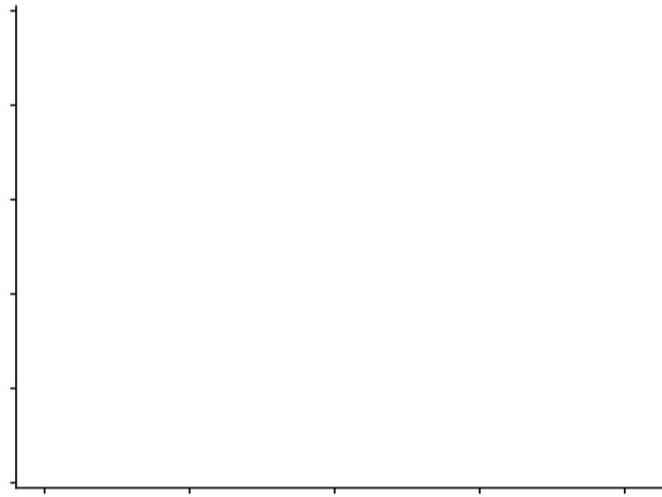
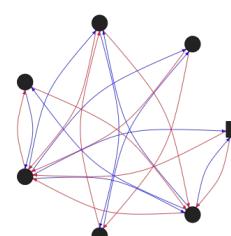
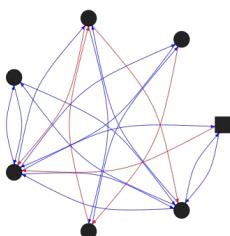
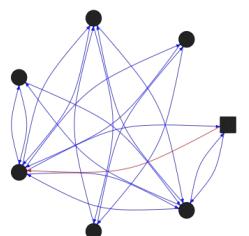
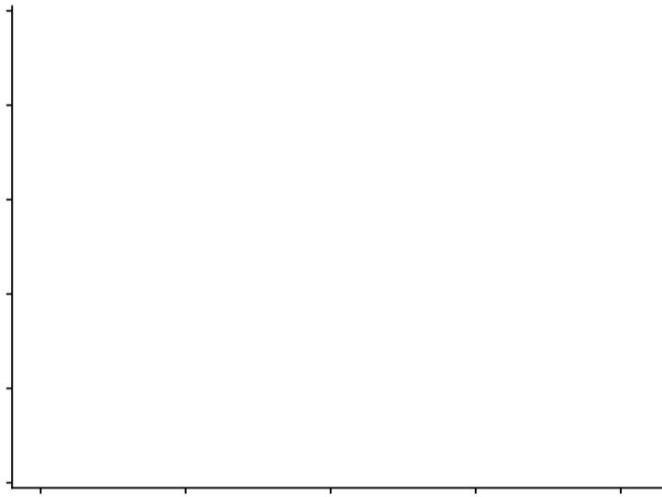


Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?

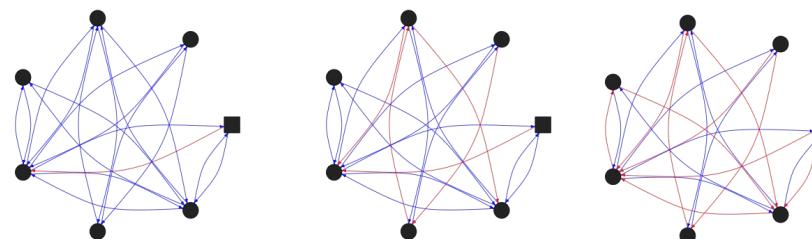
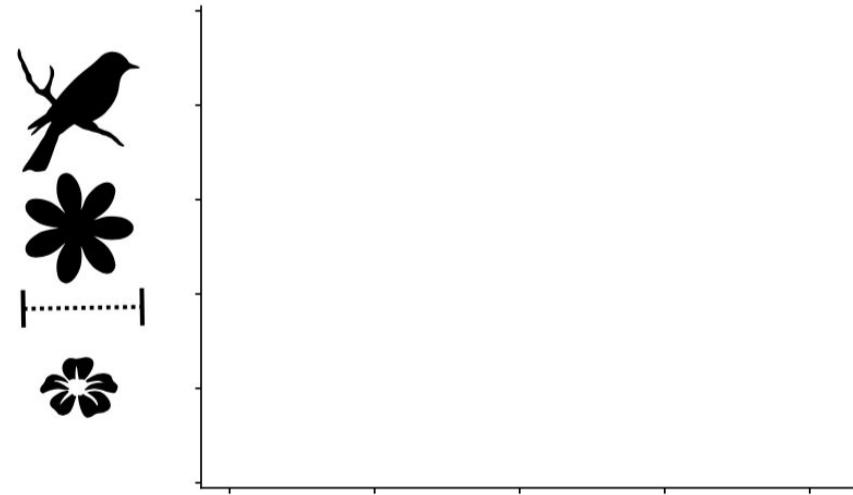
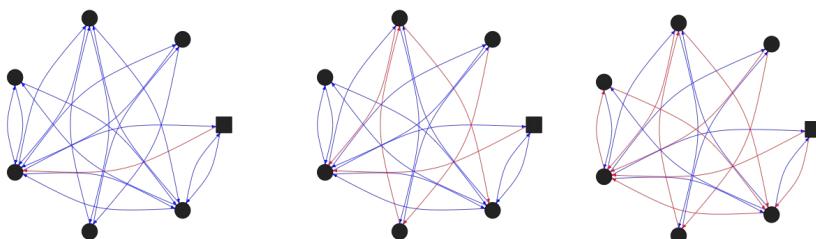
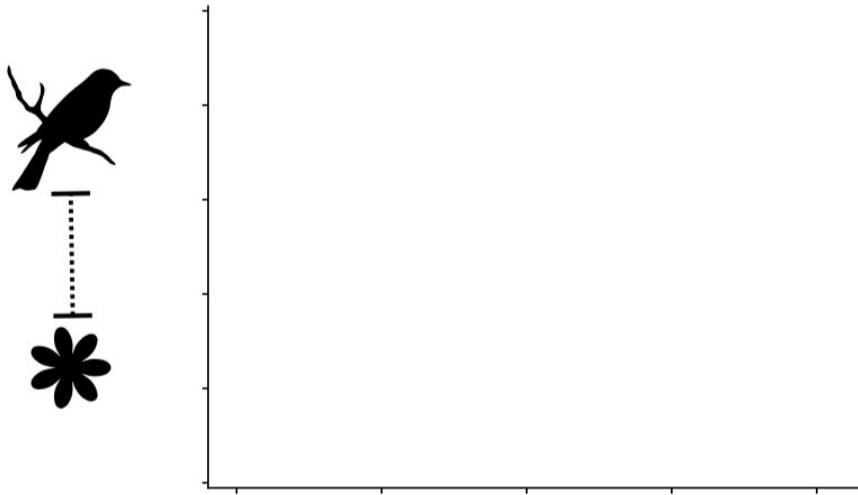


- 24 redes
- Valores de frequência de 0.01 a 1
- 3.000 simulações por rede
- Total de 72.000 simulações

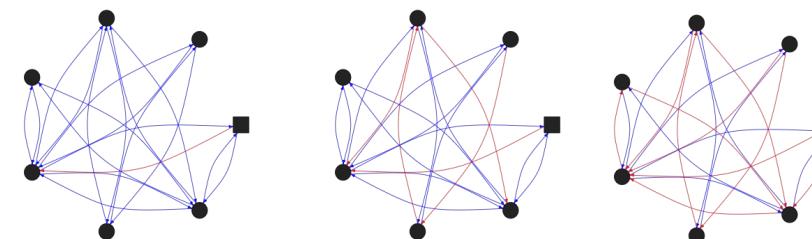
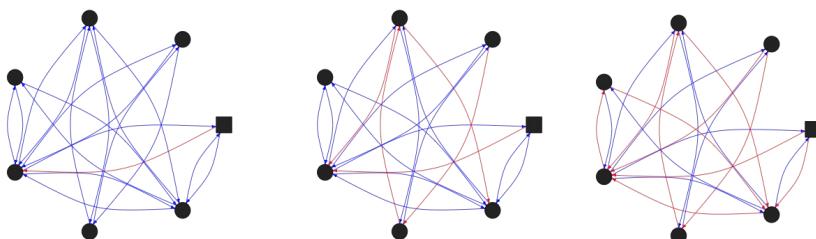
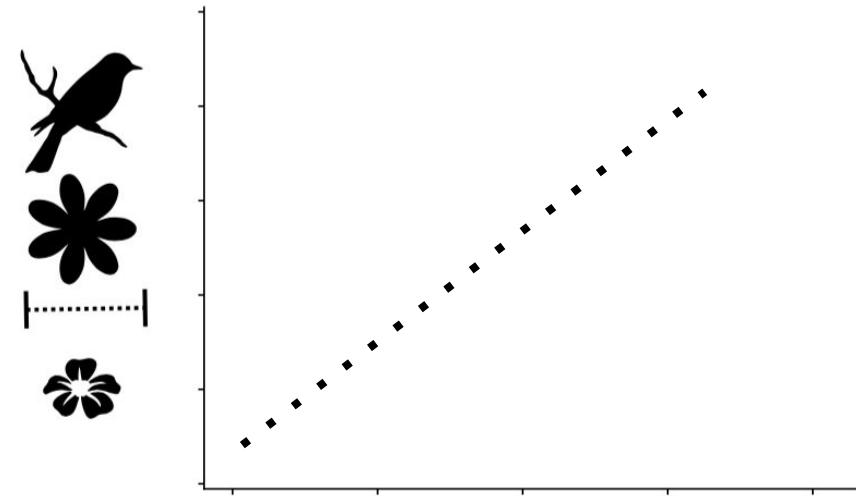
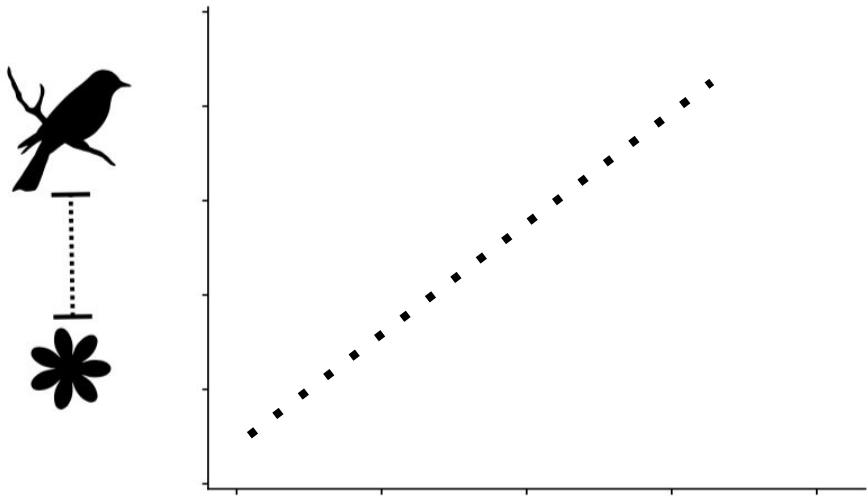
Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?



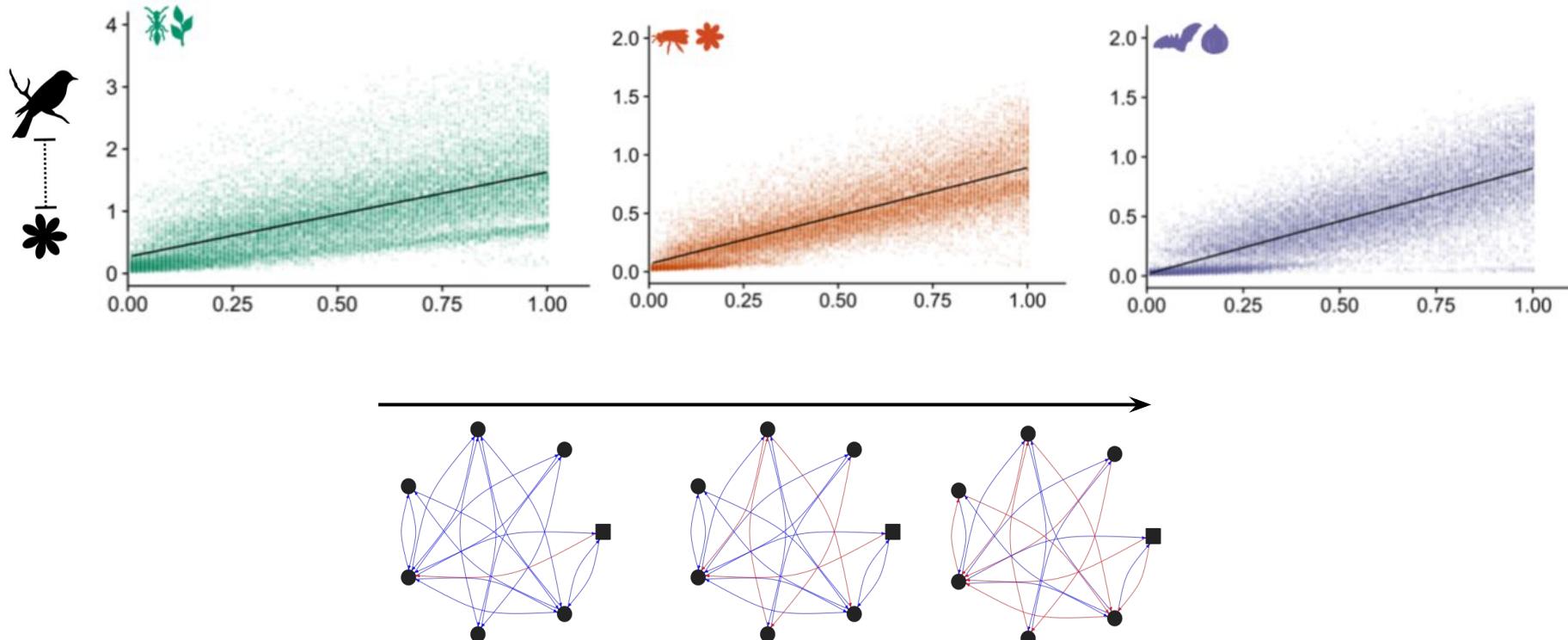
Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?



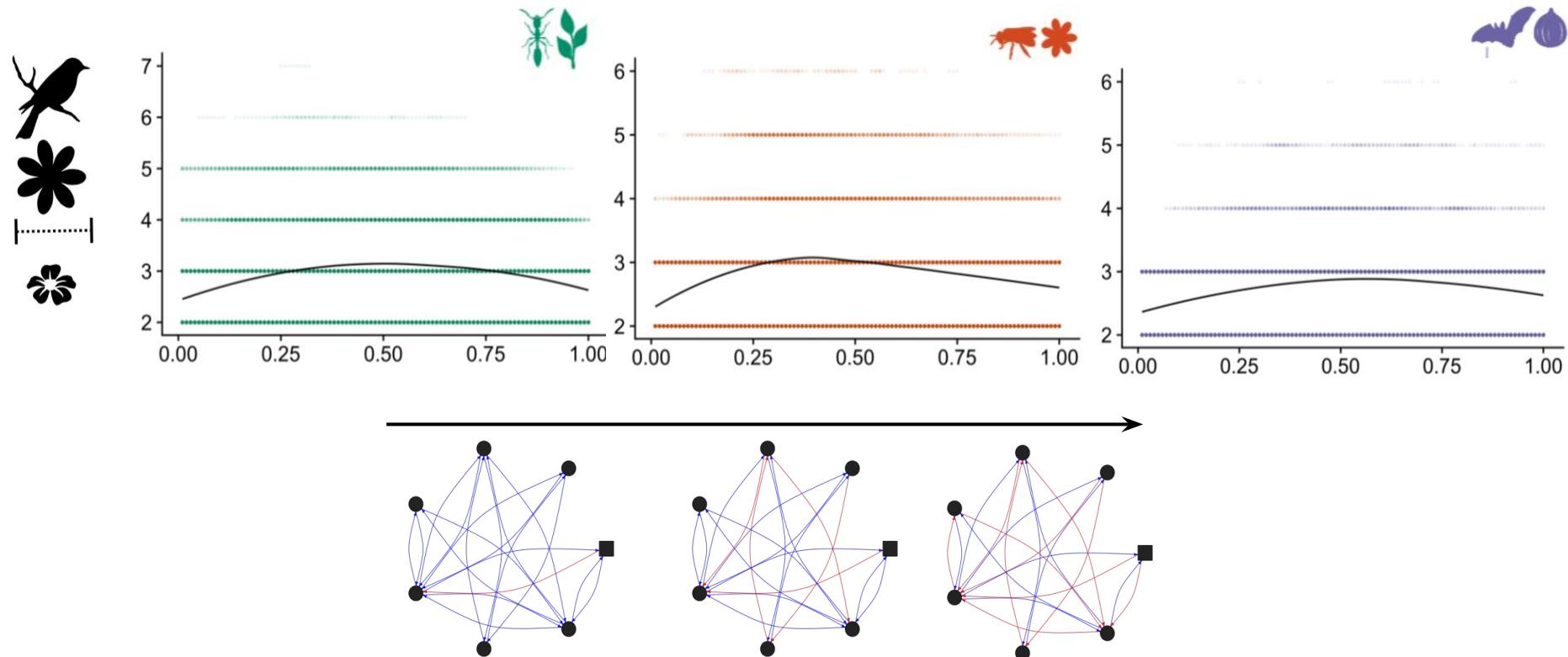
Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?



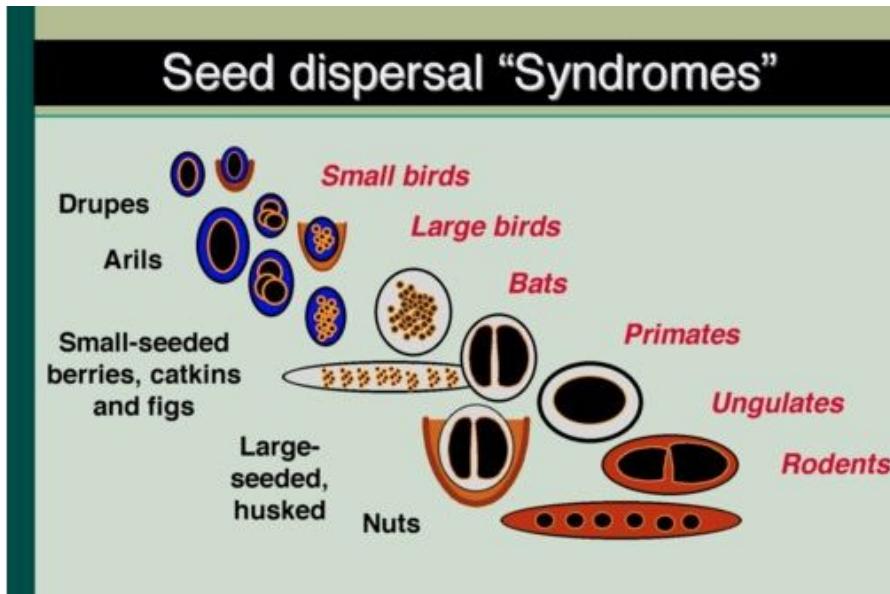
Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?



Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?

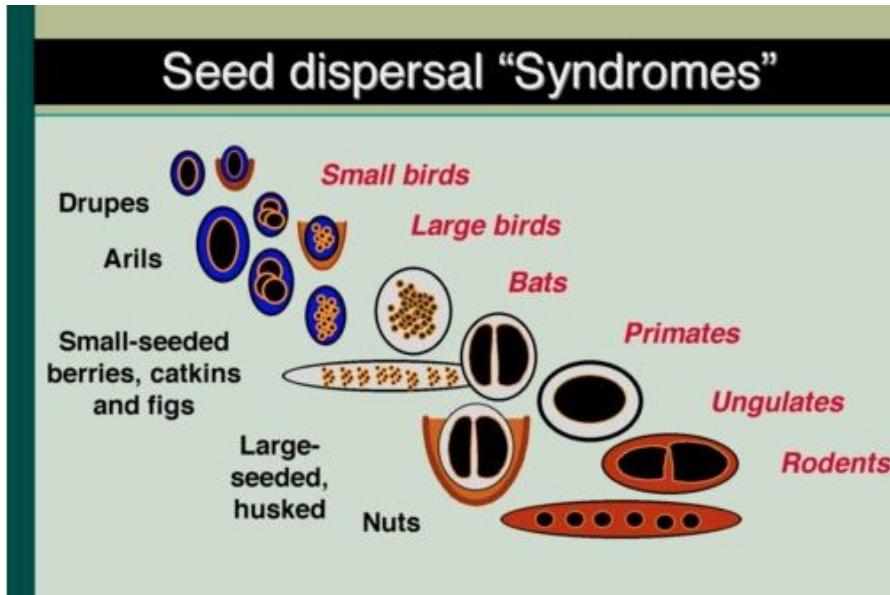


Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?



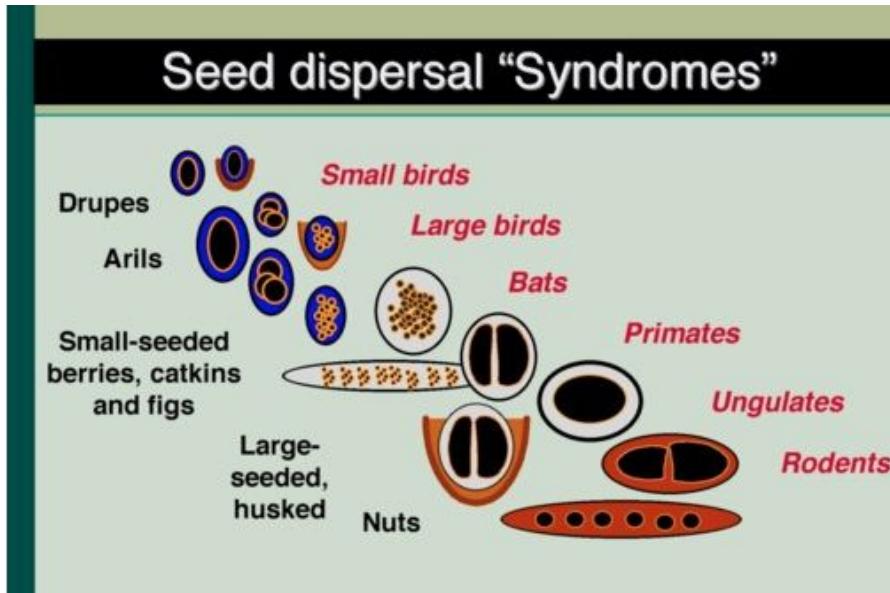
- Uma possível explicação para baixo acoplamento fenotípico

Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?



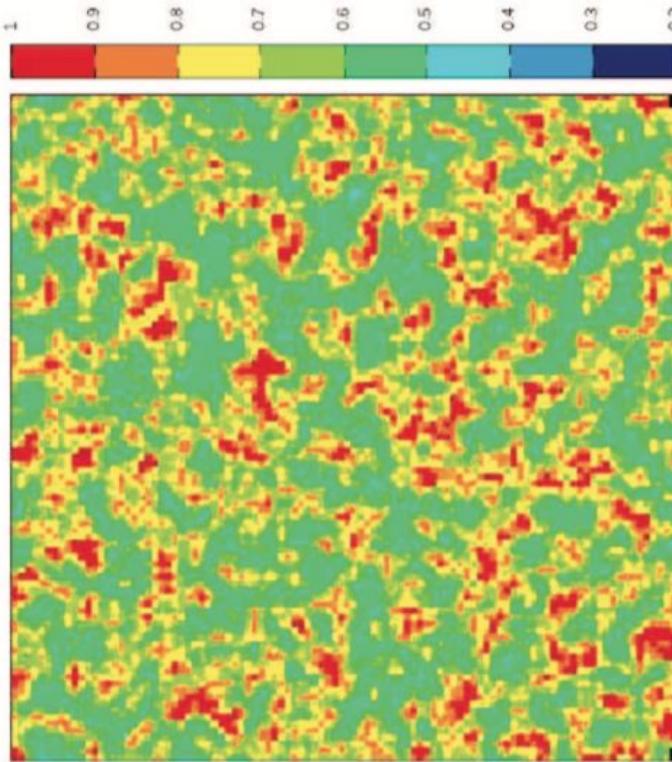
- Uma possível explicação para baixo acoplamento fenotípico
- Variação em frutos explicada pela filogenia

Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?



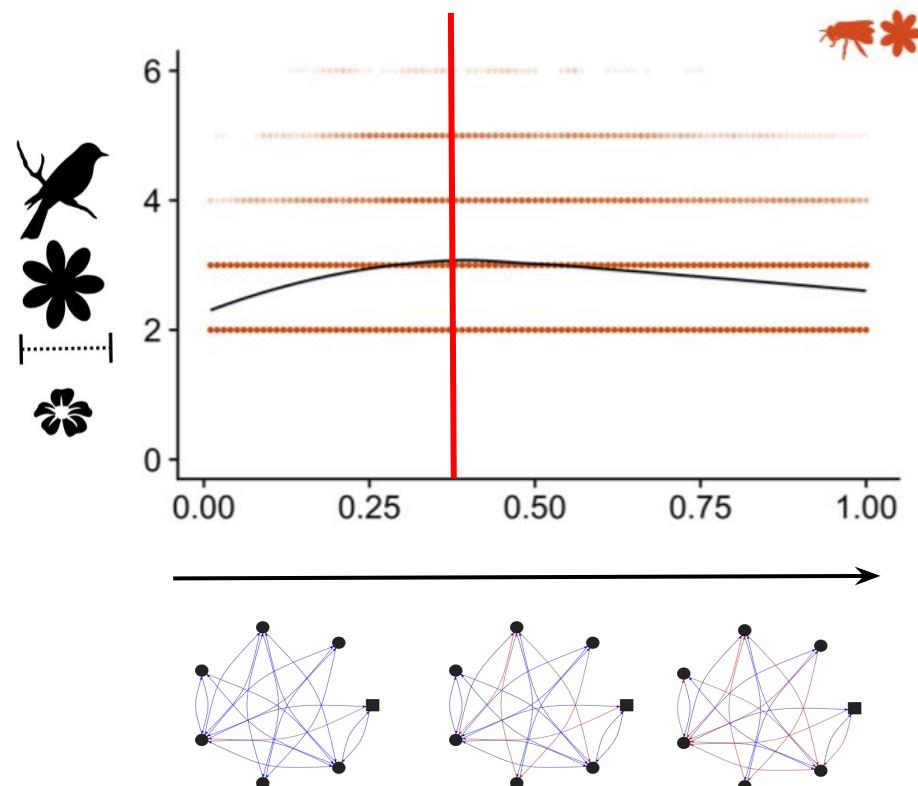
- Uma possível explicação para baixo acoplamento fenotípico
- Variação em frutos explicada pela filogenia
- Limitadores da variação fenotípica na comunidade:
 - Recursos
 - Variação genética
 - Restrição fisiológica

Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?



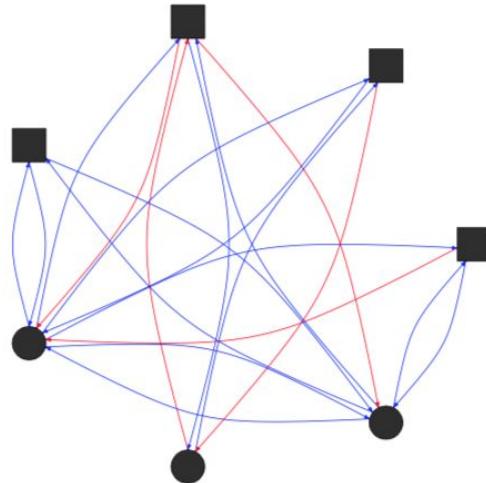
- Processos diferentes gerando um mesmo padrão
- Fluxo gênico ligando populações pode gerar grupos fenotipicamente semelhantes.

Como diferentes frequências de exploração na rede afetam a dinâmica coevolutiva?

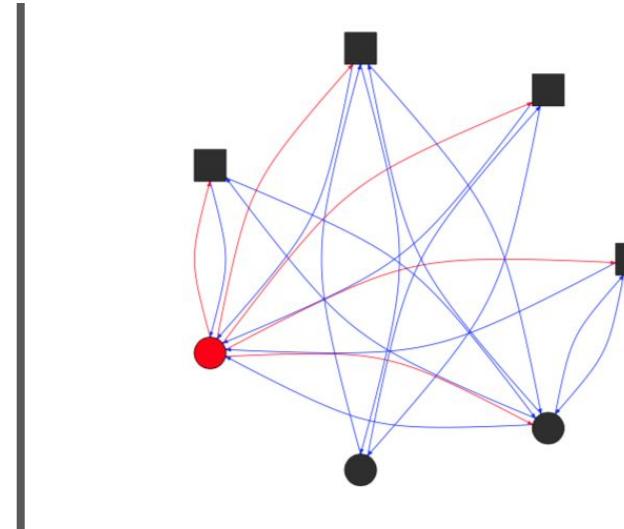
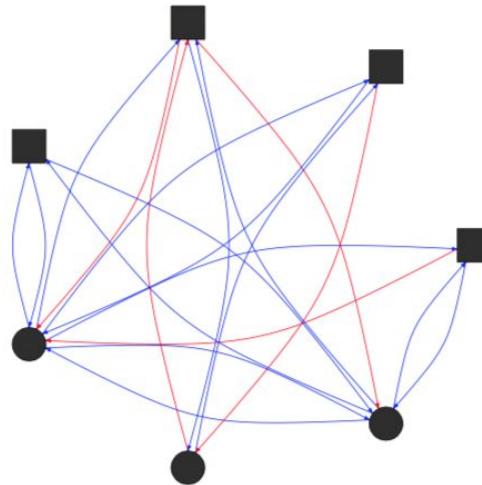


- Processos diferentes gerando um mesmo padrão
- Fluxo gênico ligando populações pode gerar grupos fenotipicamente semelhantes.
- Parece existir uma frequência crítica, onde a disparidade diminui. Pode ser possível testar esse limiar de forma empírica.

Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?

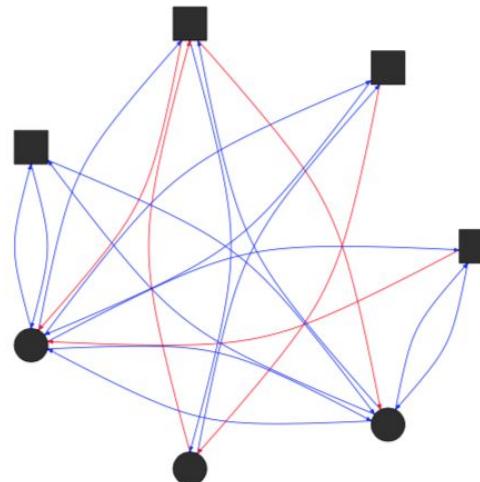


Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?

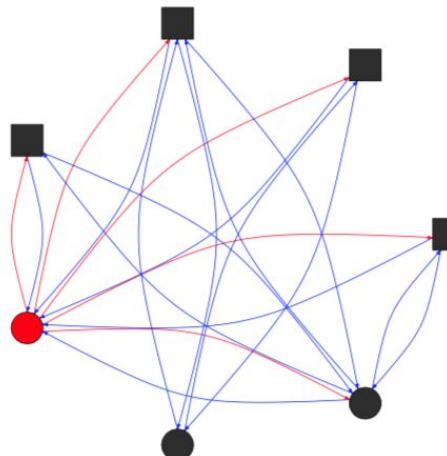


Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?

Aleatório

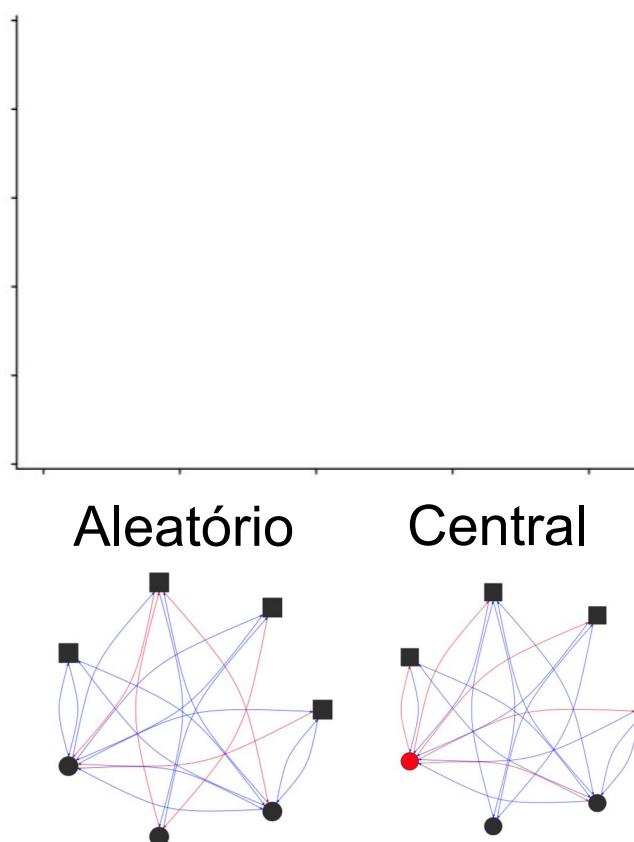


Central



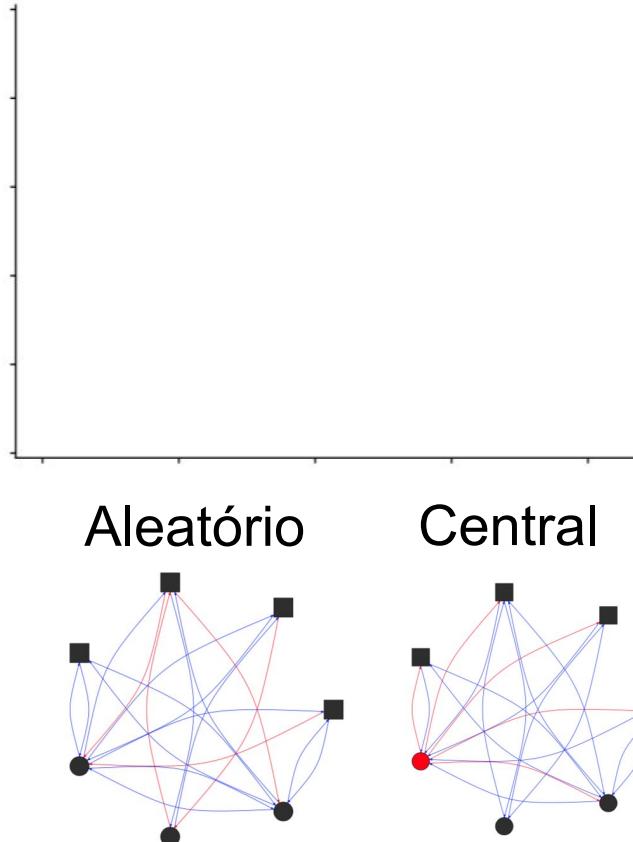
- 24 redes
- 36.000 simulações por cenário
- Total de 72.000 simulações

Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?



Aleatório

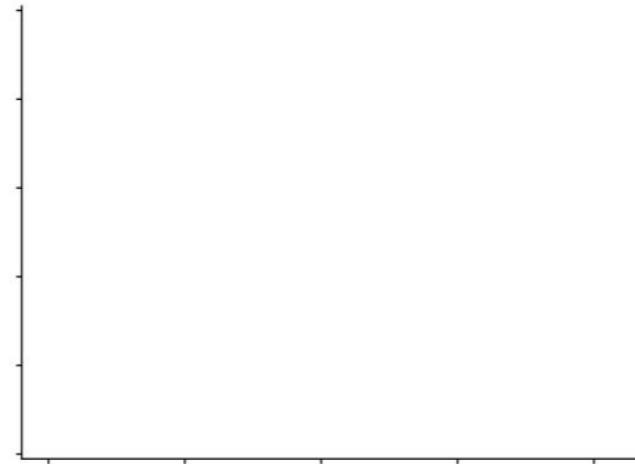
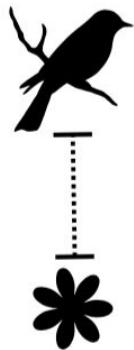
Central



Aleatório

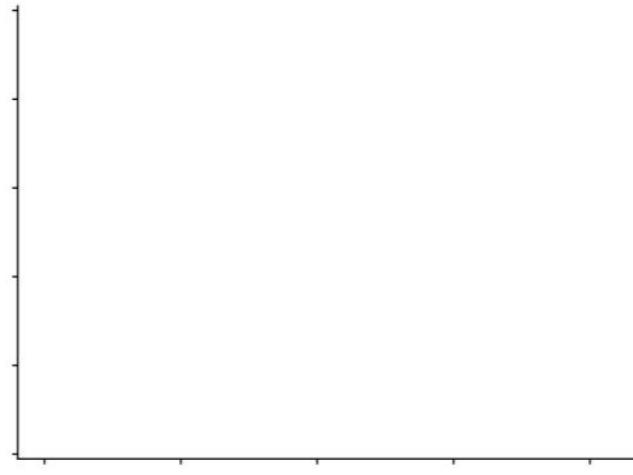
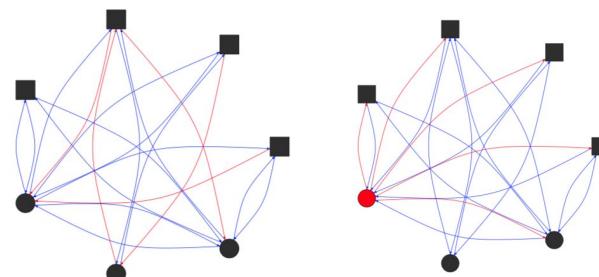
Central

Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?



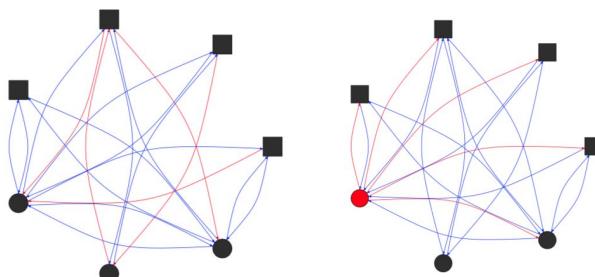
Aleatório

Central

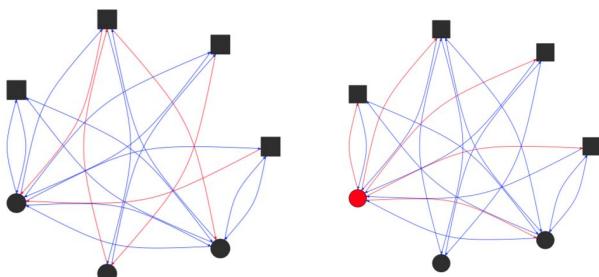
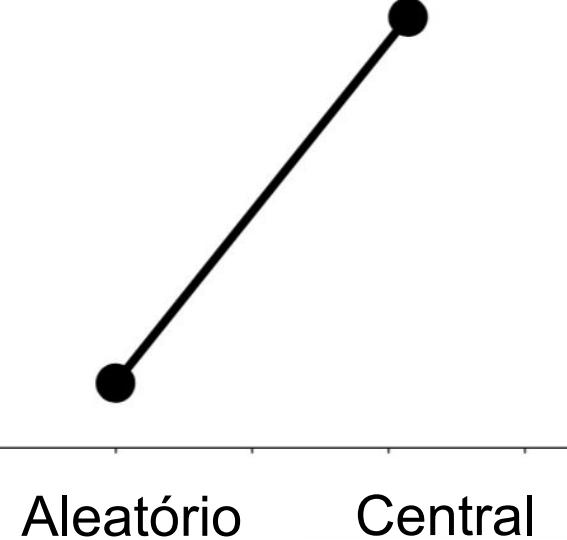
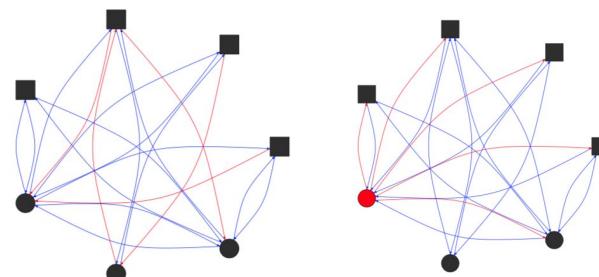
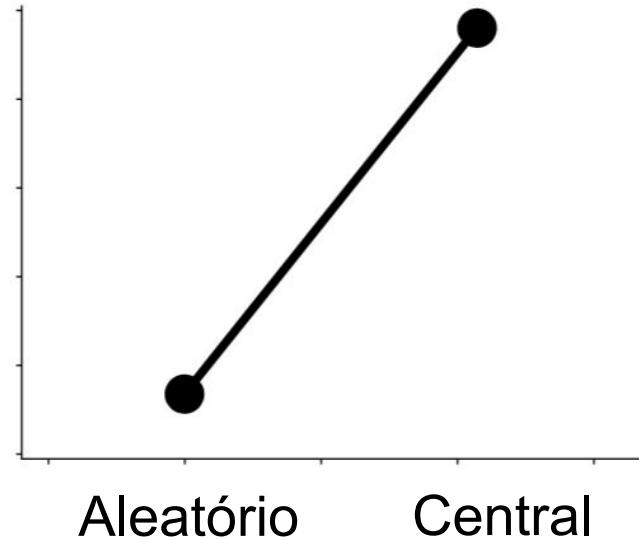
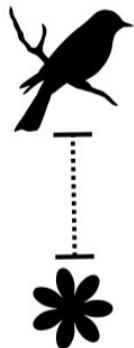


Aleatório

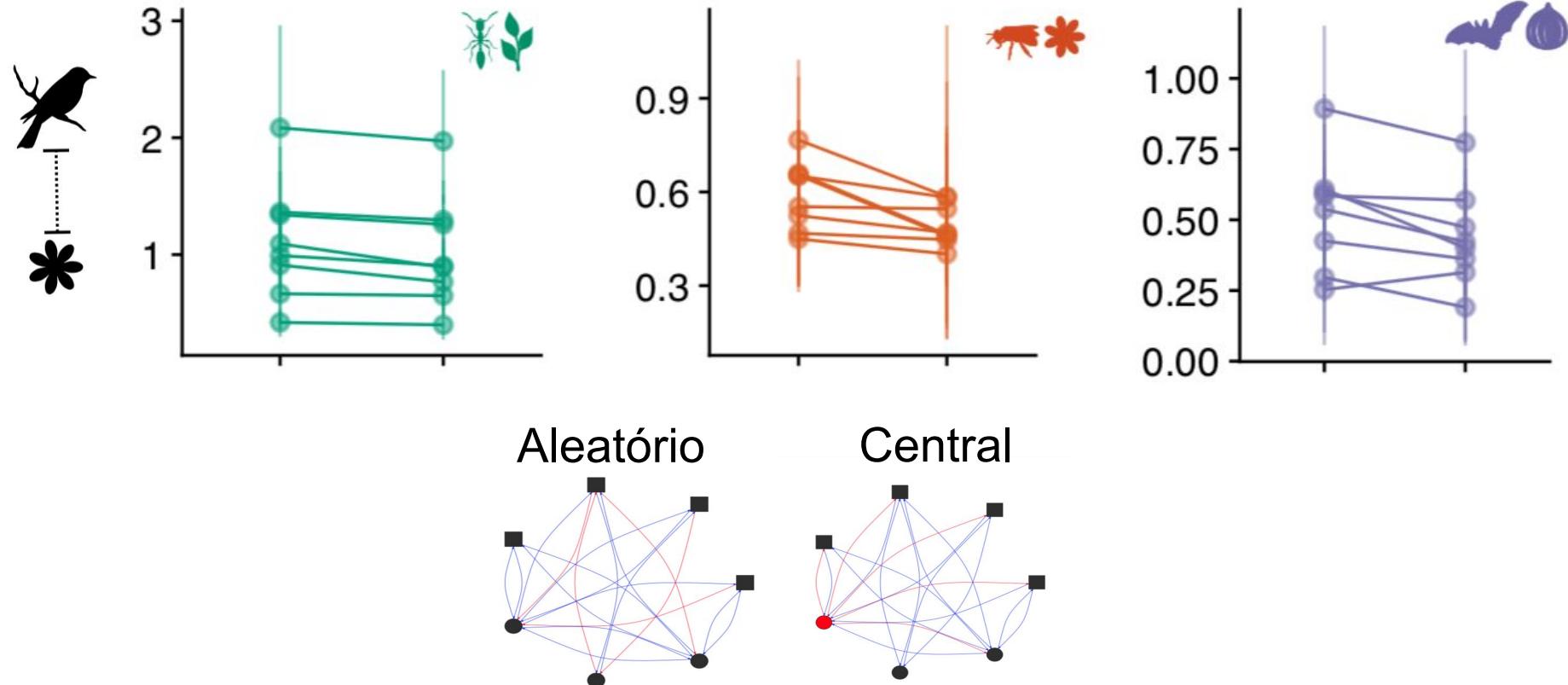
Central



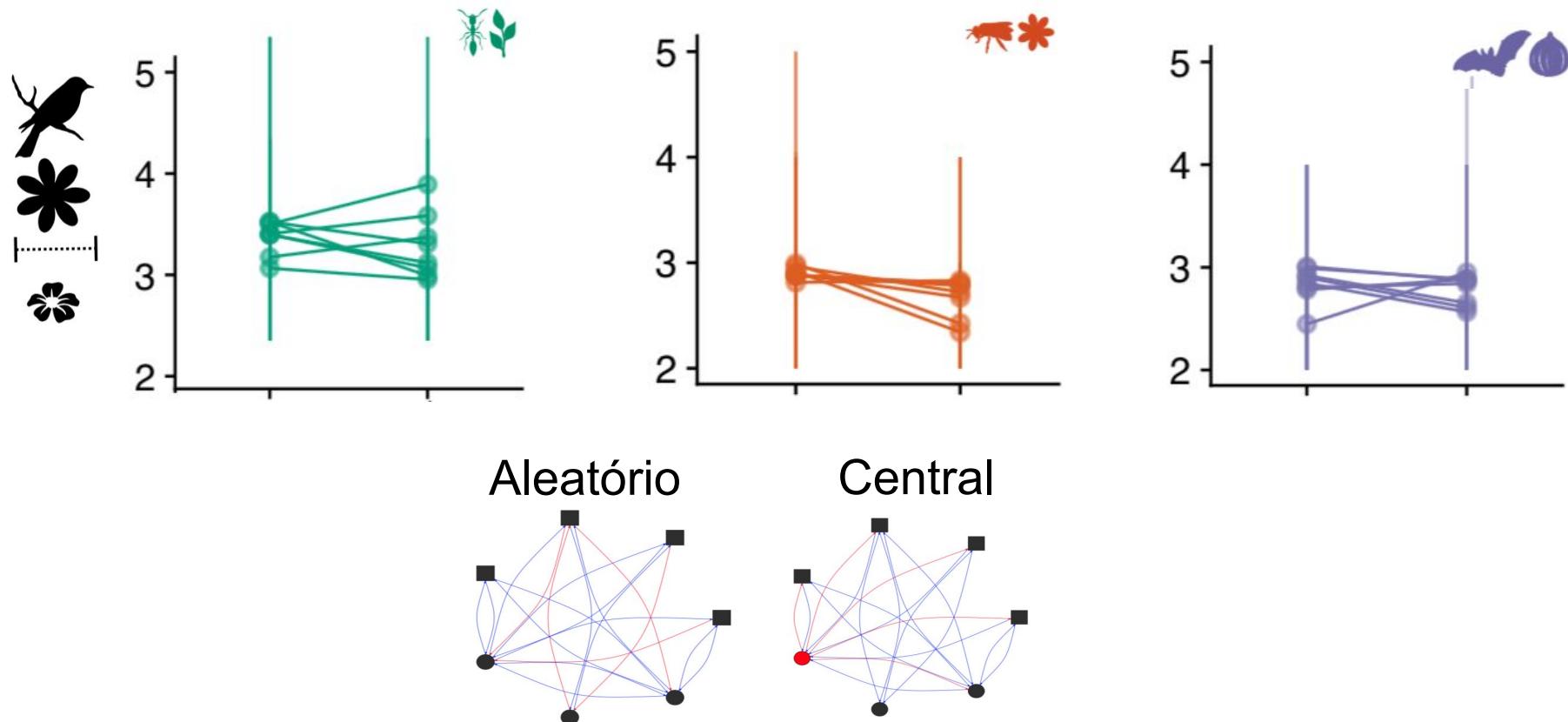
Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?



Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?



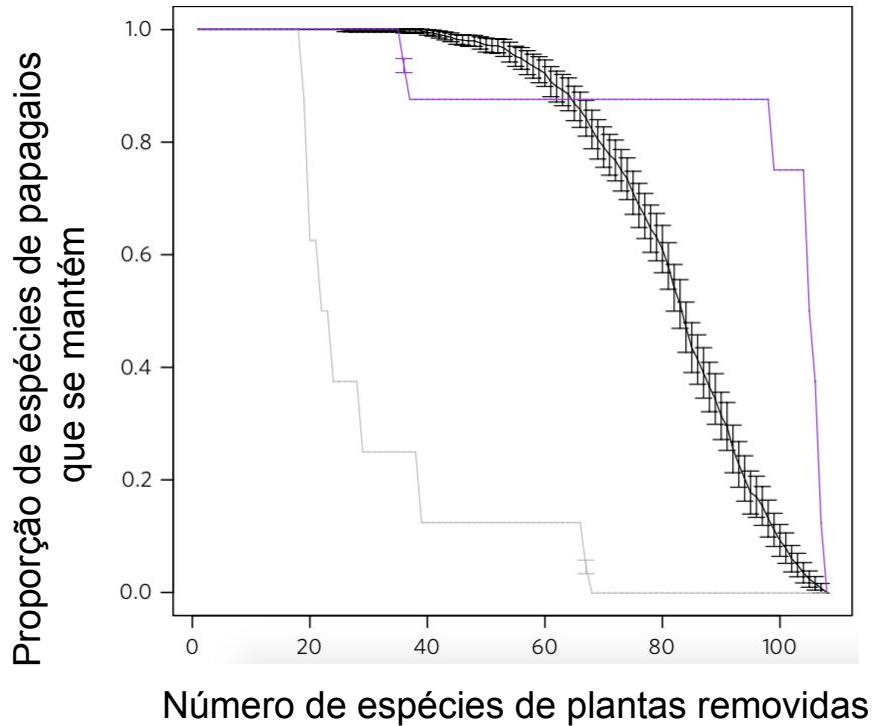
Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?



Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?

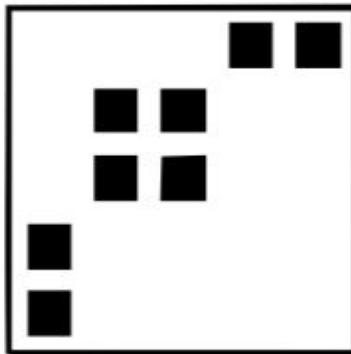
- Centralidade pode não ter uma relação direta com efeitos na rede

Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?



- Centralidade pode não ter uma relação direta com efeitos na rede
- A posição da interação importa
 - Como elas estão distribuídas na rede, e não concentradas em algumas poucas espécies

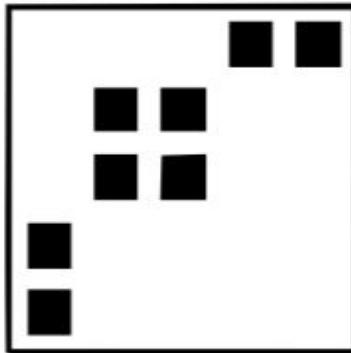
Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?



Redes modulares

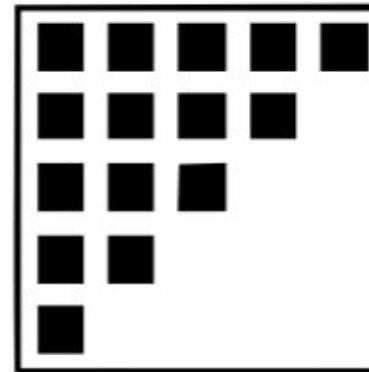
- Mais compartmentalizadas
- Geralmente menos conectadas
- Comum em redes formiga-planta

Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?



Redes modulares

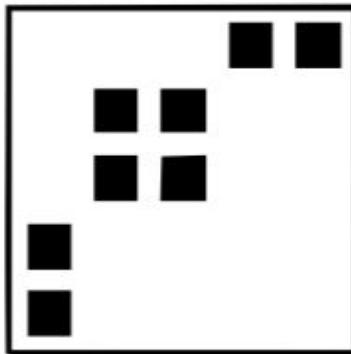
- Mais compartmentalizadas
- Geralmente menos conectadas
- Comum em redes formiga-planta



Redes aninhadas

- Espécies generalistas muito conectadas
- Especialistas interagindo apenas com as generalistas
- Comum em redes de polinização e dispersão de sementes

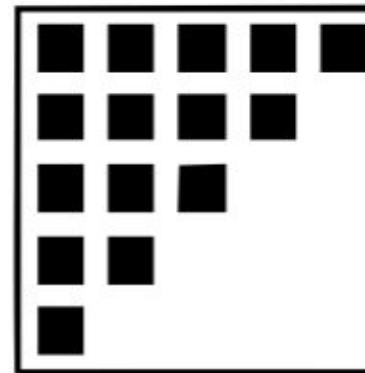
Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?



Redes modulares

- Mais compartmentalizadas
- Geralmente menos conectadas
- Comum em redes formiga-planta

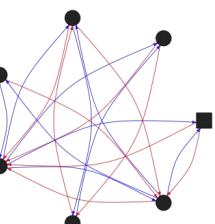
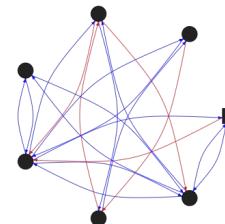
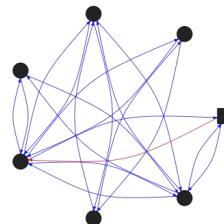
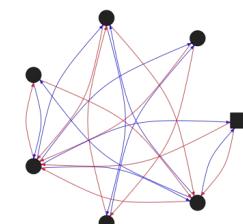
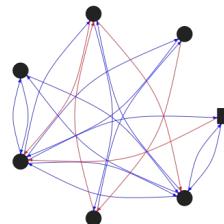
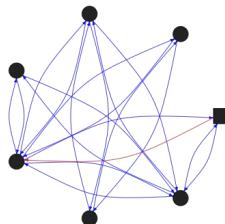
- 24 redes
- Valores de frequência de 0.01 a 1
- 3.000 simulações por rede
- Total de 72.000 simulações



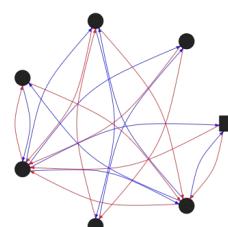
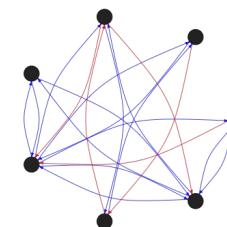
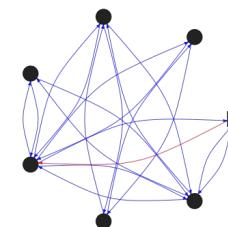
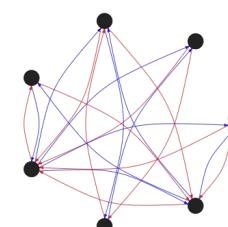
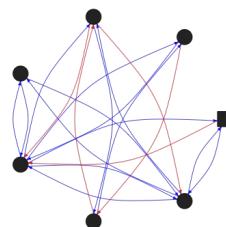
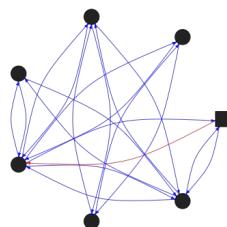
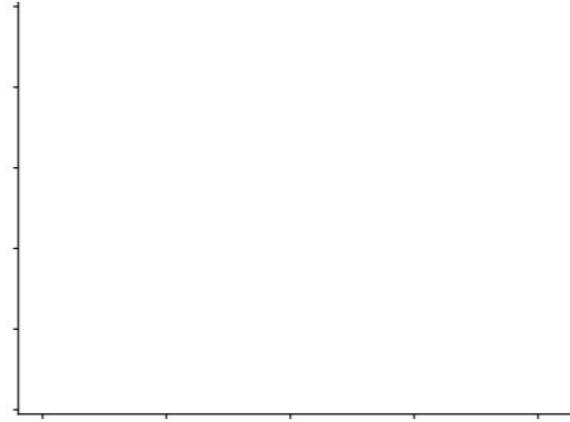
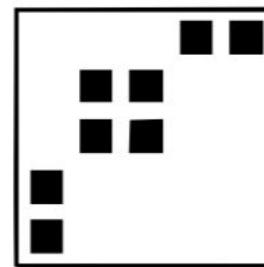
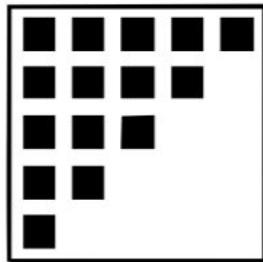
Redes aninhadas

- Espécies generalistas muito conectadas
- Especialistas interagindo apenas com as generalistas
- Comum em redes de polinização e dispersão de sementes

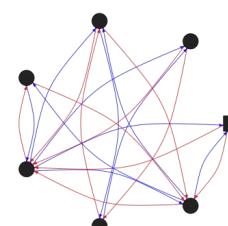
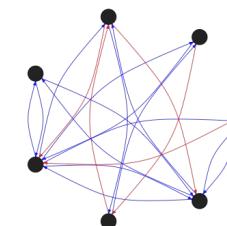
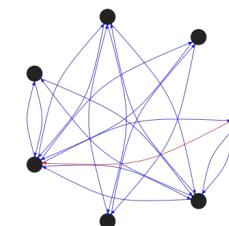
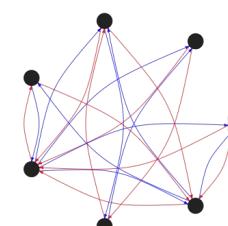
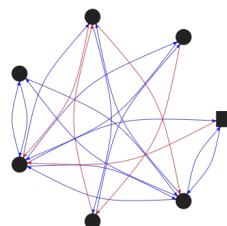
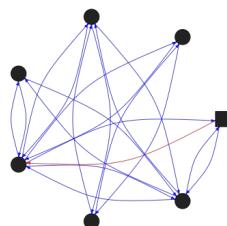
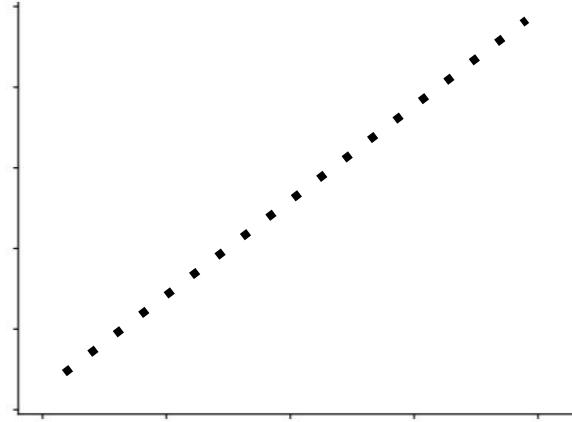
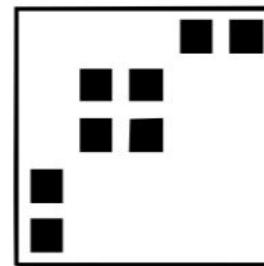
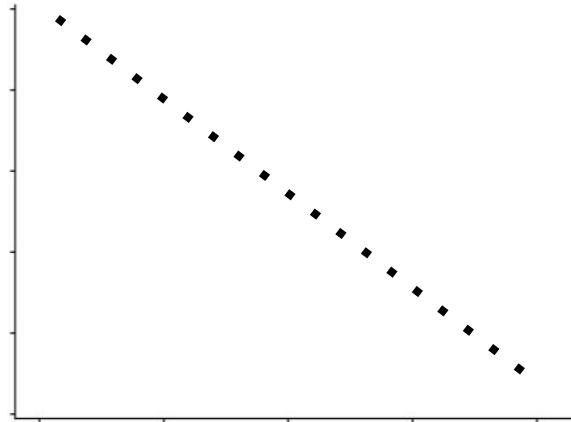
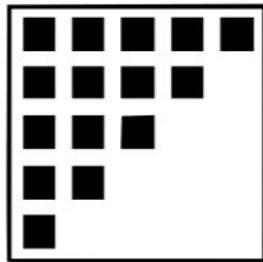
Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?



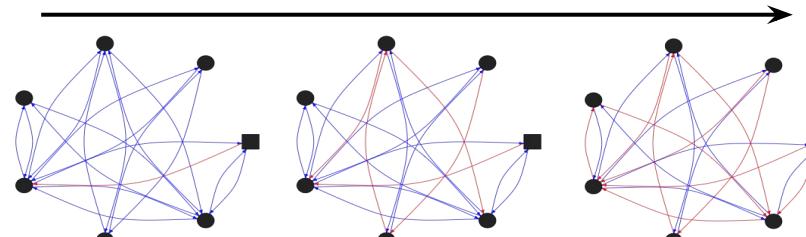
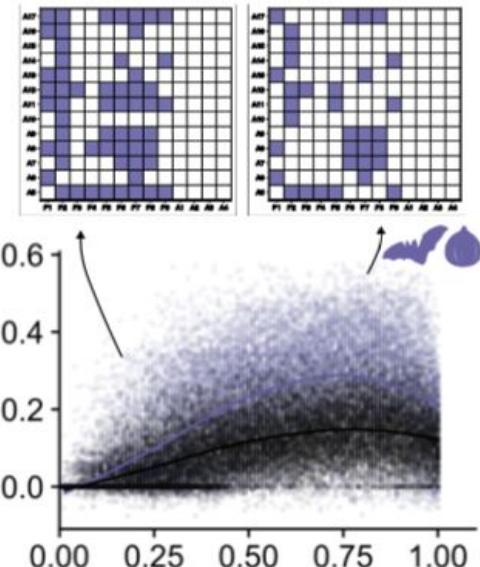
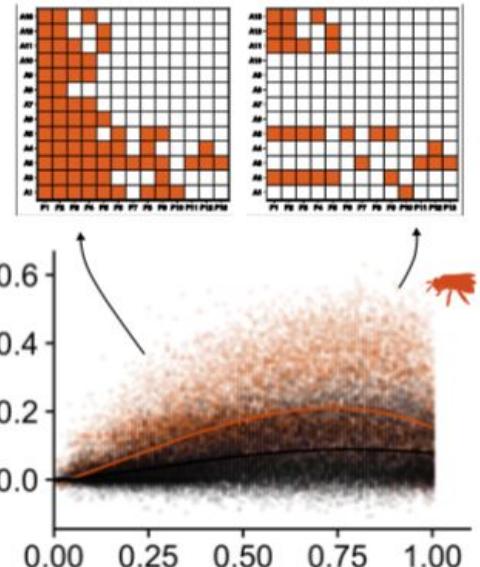
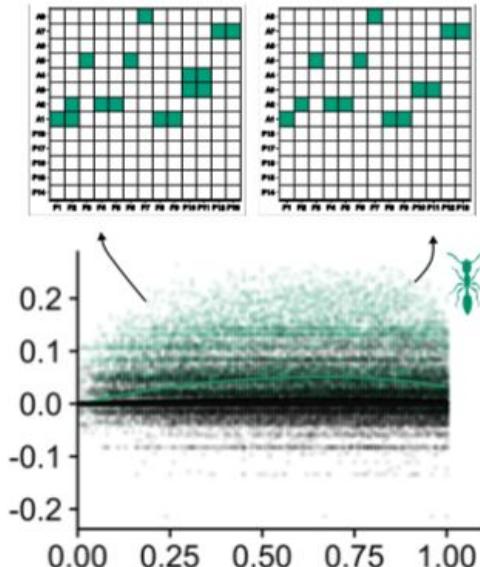
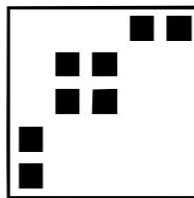
Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?



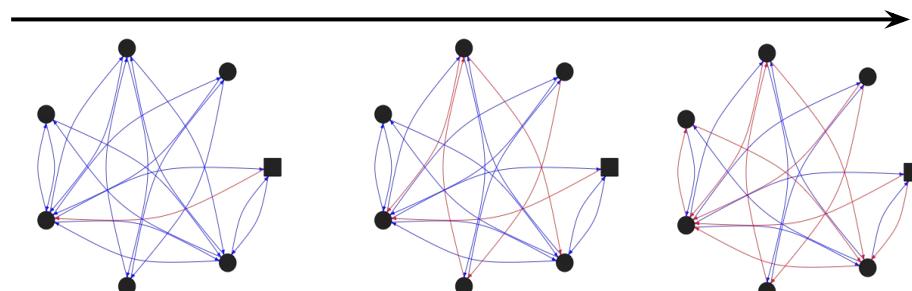
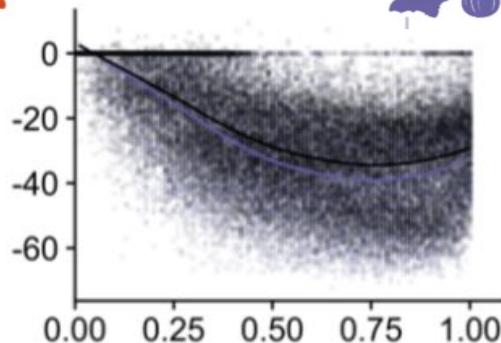
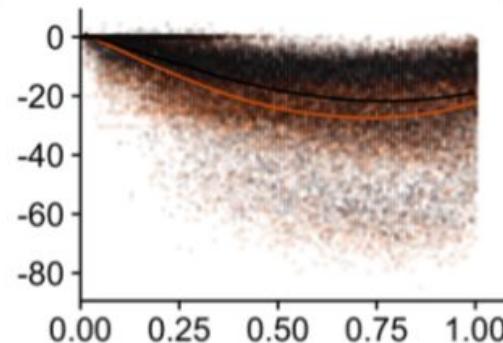
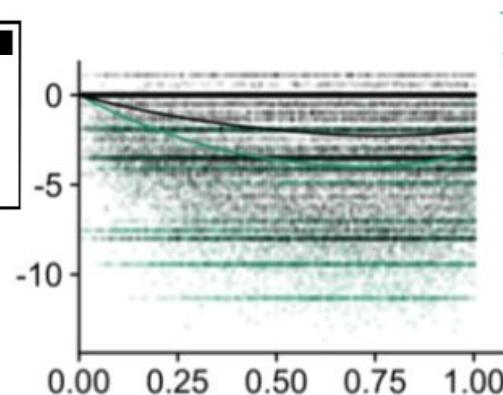
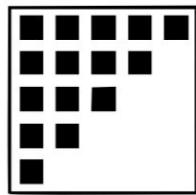
Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?



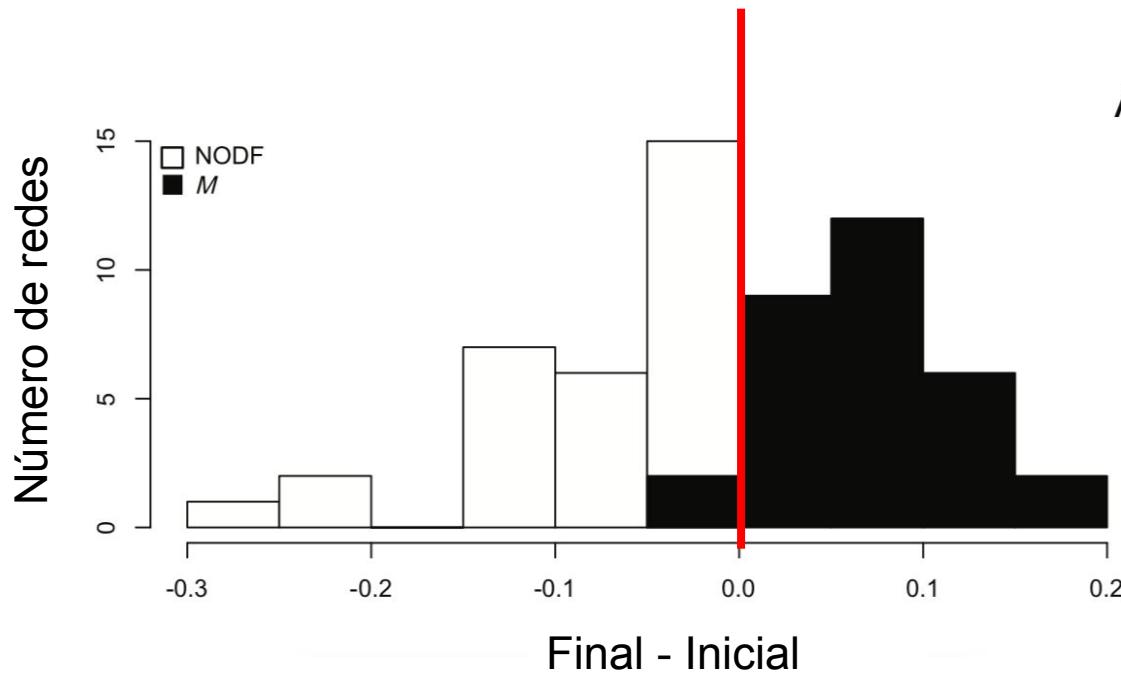
Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?



Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?



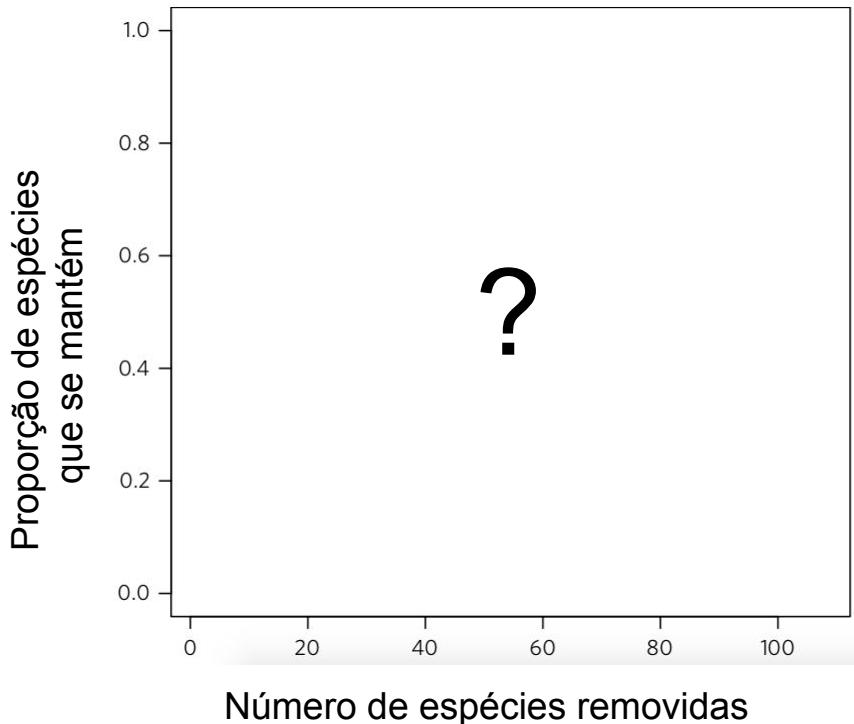
Qual o efeito da exploração na estrutura das redes de mutualismos?



A

- Redes modulares emergem em antagonismos devido a remoção de interações

Espécies exploradoras exclusivas amplificam o efeito da exploração da evolução de traços?



- Redes modulares emergem em antagonismos devido a perda de interações
- Co extinções como próximo passo nessas análises: a rede se mantém coesa quando consideramos extinções secundárias?

Conclusões gerais

- Exploração gera disparidade fenotípica e formação de grupos de traços semelhantes em redes de mutualismos

Conclusões gerais

- Exploração gera disparidade fenotípica e formação de grupos de traços semelhantes em redes de mutualismos
- O efeito da exploração não depende da centralidade do explorador, mas provável que dependa da posição da interação de exploração

Conclusões gerais

- Exploração gera disparidade fenotípica e formação de grupos de traços semelhantes em redes de mutualismos
- O efeito da exploração não depende da centralidade do explorador, mas provável que dependa da posição da interação de exploração
- Exploração gera redes mais compartmentalizadas e menos conectadas do que esperado ao acaso

Conclusões gerais

- Exploração gera disparidade fenotípica e formação de grupos de traços semelhantes em redes de mutualismos
- O efeito da exploração não depende da centralidade do explorador, mas provável que dependa da posição da interação de exploração
- Exploração gera redes mais compartmentalizadas e menos conectadas do que esperado ao acaso



Agradecimentos

no spoilers