BASE

Efeito resgate em metapopulações

Nós já vimos um modelo mais simples de metapopulações, em que a probabilidade de colonização de uma mancha é sempre a mesma devido a uma chuva constante de propágulos vindos de uma área-fonte. Vimos também um modelo um pouco mais complexo, em que essa probabilidade de colonização variava em função do número de manchas que já estavam ocupadas, não havendo mais necessidade de assumir uma chuva de propágulos. Nesse segundo modelo, a colonização era interna e não havia uma área-fonte, ou seja, a única migração possível é entre manchas.

Nesse momento deveríamos estar nos perguntando: é realista que a probabilidade de extinção permaneça sempre constante? A resposta é não. À medida que mais manchas estão ocupadas, aumenta a migração para manchas vazias, mas também para as manchas já ocupadas. Na prática, a chegada de propágulos de outras manchas da paisagem impede que ocorra a extinção local. Imagine um fragmento florestal onde indivíduos de uma espécie de planta germinem e cresçam até a fase adulta, mas não conseguem se reproduzir porque seu polinizador não está presente. Depois de um tempo essa população se extinguirá naquele fragmento. Porém, se houver a chegada de sementes de outros fragmentos vizinhos, esse fragmento continuará ocupado por essa espécie. Em outras palavras, uma população a caminho da extinção persiste pela colonização vinda das manchas adjacentes. Esse é o chamado **efeito de resgate**

Incluindo o efeito resgate no modelo

Então, mãos à obra! O que precisamos fazer com nosso modelo mais básico para incorporar o efeito de resgate? Se a vinda de propágulos de outras manchas reduz as chances de extinção locais, então, quanto menor a fração de manchas ocupadas, maior a chance de extinção:

$$p_e=e(1-f)$$

onde e é uma medida de quanto aumenta a chance de extinção à medida que diminui a fração f de manchas ocupadas.

Isso faz com nosso novo modelo tenha essa cara:

$$ \frac{df}{dt}=p_i (1-f) - ef (1-f)$$

e que o $\hat{f}$ (f no equilíbrio $\rightarrow \frac{df}{dt}=0$) seja:

$$\hat{f}=\frac{p_i}{e} $$

Além disso, no equilíbrio:

$$p_e=e-p_i$$

Simulação

Os argumentos da função são:

opção	parâmetro	definição
data set	objeto no R	guarda os resultados
Maximum time	tmax	Número de iterações da simulação
columns	cl	número de colunas de habitat da paisagem
rows	rw	número de linhas de habitat da paisagem
initial occupance	f0	no. de manchas ocupadas no inicio
colonization probability	pi	probabilidade de colonização
extinction coef.	ce	coeficiente de extinção [242]

Experimente os seguintes parâmetros:

```
tmax = 100
cl = 10
rw = 10
f0 = 0.1
pi = 0.1
ce = 1
```

Nos gráficos que serão produzidos temos agora, além da trajetória do **f** (linha preta contínua) e o valor esperado no equilíbrio **$\hat{f}$** (linha vermelha tracejada), a trajetória da **pe** (linha azul contínua) e o valor de **pe** no equilíbrio (linha verde tracejada).

PROBLEMA:

Supondo uma metapopulação com dinâmica de chuva de propágulos e efeito resgate, apresentando parâmetros:

1. probabilidade de colonização pi = 0.3;
2. coeficiente de extinção e = 0.5;
3. 40% das manchas ocupadas;

PERGUNTAS:

1. Essa metapopulação está crescendo ou declinando?
2. A linha que representa a trajetória do **f** parece a imagem refletida da trajetória de **p_e**. Por que será que isso acontece?

É possível calcular quanto o efeito resgate incrementa a proporção de manchas ocupadas?

Compare simulações com e sem efeito resgate…

Efeito Resgate e Colonização Interna

Agora que já testamos duas melhoras para nosso modelo inicial (efeito de resgate e colonização interna), que tal juntarmos as duas coisas num só modelo? Isso foi feito pelo finlandês Ikka Hansky em 1982[243]. Ao fazer isso Hanski eliminou qualquer efeito externo e o modelo passou a depender apenas das condições intrínsecas a ele. Tanto a probabilidade de colonização como a de extinção variam em função do número de manchas ocupadas.

Nosso modelo agora é:

$$\frac{df}{dt}=if(1-f)-ef(1-f)$$

A avaliação do equilíbrio (**$\hat{f}$**) dessa equação é complicada. Para igualar essa equação a zero e resolver algebricamente precisamos fazer uso de derivadas parciais em relação a *f*. Como não é nossa intenção ensinar cálculo, vamos olhar para essa equação de outra forma:

$$\frac{df}{dt}=(i-e)f(1-f)$$

Agora vamos analisá-la qualitativamente. Por exemplo, para igualar a expressão do lado direito da equação a zero, há três possibilidades:

- $i-e = 0$ ou $i=e$;
- $f=0$;
- $f=1$;

Outra informação importante que podemos inferir é que o número de manchas aumenta quando $i>e$ e diminui quando $i<e$.

Simulação 2

Os parâmetros da função são:

opção	parâmetro	definição
data set	objeto no R	guarda os resultados
Maximum time	tmax	Número de iterações da simulação
columns	cl	número de colunas de habitat da paisagem
rows	rw	número de linhas de habitat da paisagem
initial occupance	f0	no. de manchas ocupadas no inicio
colonization coef.	ci	coeficiente de colonização
extinction coef.	ce	coeficiente de extinção

E agora você pode simular o modelo com os valores de parâmetros que desejar, mudando os parâmetros na janela :

```
tmax = 100
cl = 10
rw = 10
f0 = 0.5
ci = 0.5
ce = 0.5
```

Nos gráficos produzidos, a linha preta contínua é a trajetória do **f** e as linhas pontilhadas são as probablidades de extinção (azul) e colonização (rosa).

- Como se comporta p_i em relação a p_e ao aumentarmos as manchas ocupadas no início?
- O que acontece quando $e > i$ e quando $e < i$?

Analisando o equilíbrio

- Existe de fato um equilíbrio quando $e = i$? Demonstre com simulações. Dicas: para cada valor de e e i que simular, teste diferentes valores de $f0$.
- O que acontece quando $i>e$ e $f0 = 0$? e com $f0=1$? Dicas:depois de rodar com o $f0$ sugerido, simule um pequeno distúrbio nesse valor, por exemplo $f0=0.01$ ou $f0=0.99$.
- O que acontece quando $i<e$ e $f0 = 0$? e com $f0=1$? Utilize a mesma dica do tópico anterior para avaliar essas situações.

Metapopulação e conservação

Imagine uma população em uma paisagem contínua em equilíbrio. Aparece um animal qualquer [244] que fragmenta a paisagem em manchas. Ao fazer isso, mudou as condições dessa população que passou a ter $i < e$, mas continuou ocorrendo em todas as manchas. Nesse cenário o que acontece se apenas uma população (uma mancha) se extinguir?

Estabilidade em sistemas dinâmicos

Nesse roteiro avaliamos diferentes tipos de equilíbrio em *sistema dinâmico*, representado pelas nossas metapopulações. Durante a atividade nos deparamos com os principais tipos de equilíbrio: *estável*, *instável* e *neutro*. Para saber mais veja o roteiro Estabilidade em sistemas dinâmicos - Roteiro interativo.

Para Saber mais

- **Gotelli, N. 2007. Ecologia.** Londrina, Ed. Planta. Capítulo 4.
- **Stevens, M. H. 2009. A primer of ecology with R.** New York. Springer.Capítulo 4.
- **Gotelli, N.J. 1991. Metapopulation models: the rescue effect, the propagule rain, and the core-satellite hypothesis**. The American Naturalist 138:768-776. pdf no site do autor

[242] para simplificar a relação matemática, limitamos o coeficiente para valores entre 0 e 1. Esse valor representa a probabilidade de extinção máxima, quando a ocupação é zero. A relação da probabilidade de extinção com a ocupação é negativa a uma razão de 1:1

[243] veja referência no final do roteiro

[244] um terrível predador