Island Biogeography - Tutorial for EcoVirtual

Em 1967 Robert MacArthur e Edward Wilson publicaram um dos livros mais importantes da ecologia, The Theory of Island Biogeography. Nele, propuseram a ideia revolucionária de que a quantidade de espécies em um local resulta apenas do balanço entre migrações e extinções.

O roteiro a seguir vai ajudá-lo(a) a entender a dedução do modelo básico que sustenta esta teoria, assim:

1. A seção *"Relação espécies-área"* mostra a relação empírica entre riqueza de espécies e áreas de ilhas ou manchas de hábitat. Uma das motivações da Teoria de Biogeografia de Ilhas foi explicar esta relação como o resultado do balanço entre entrada de novas espécies por colonização e a perda por extinções em uma ilha.
2. A seção *"Um modelo colonização-extinção"* simula um sistema simples em que a chegada e perda de espécies se equilibram.
3. Finalmente, a seção *O equilíbrio de MacArthur & Wilson* mostra como o modelo básico da Teoria de Biogeografia de Ilhas é construído a partir da ideia geral de um equilíbrio entre taxas de entrada e de saídas. Mostramos, também como este modelo pode ser usado para avaliar os efeitos dos tamanho das ilhas e de sua distância ao continente.

Relação espécies-área

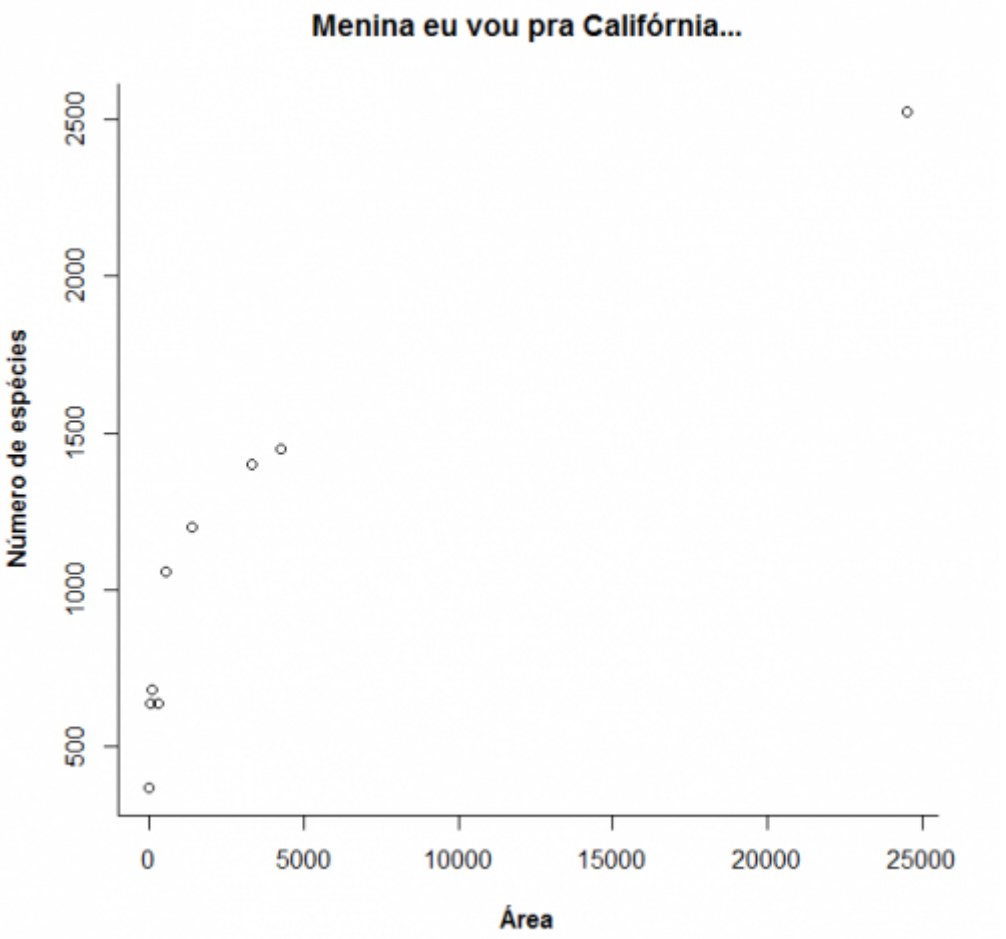


> "A relação espécies-área é uma das poucas **leis** genuínas em ecologia" (Gotelli, 2007).

Relação empírica

O aumento do número de espécies com o aumento da área de habitat em que elas ocorrem (ilhas, lagos, etc) é um dos primeiros padrões empíricos identificados por ecólogos e biogeógrafos.

Vamos analisar a forma de uma relação espécie-área típica: espécies de plantas vasculares endêmicas em regiões da California que foram coletados por Johnson e colaboradores e publicados em um trabalho em 1968 e estão disponíveis neste site.

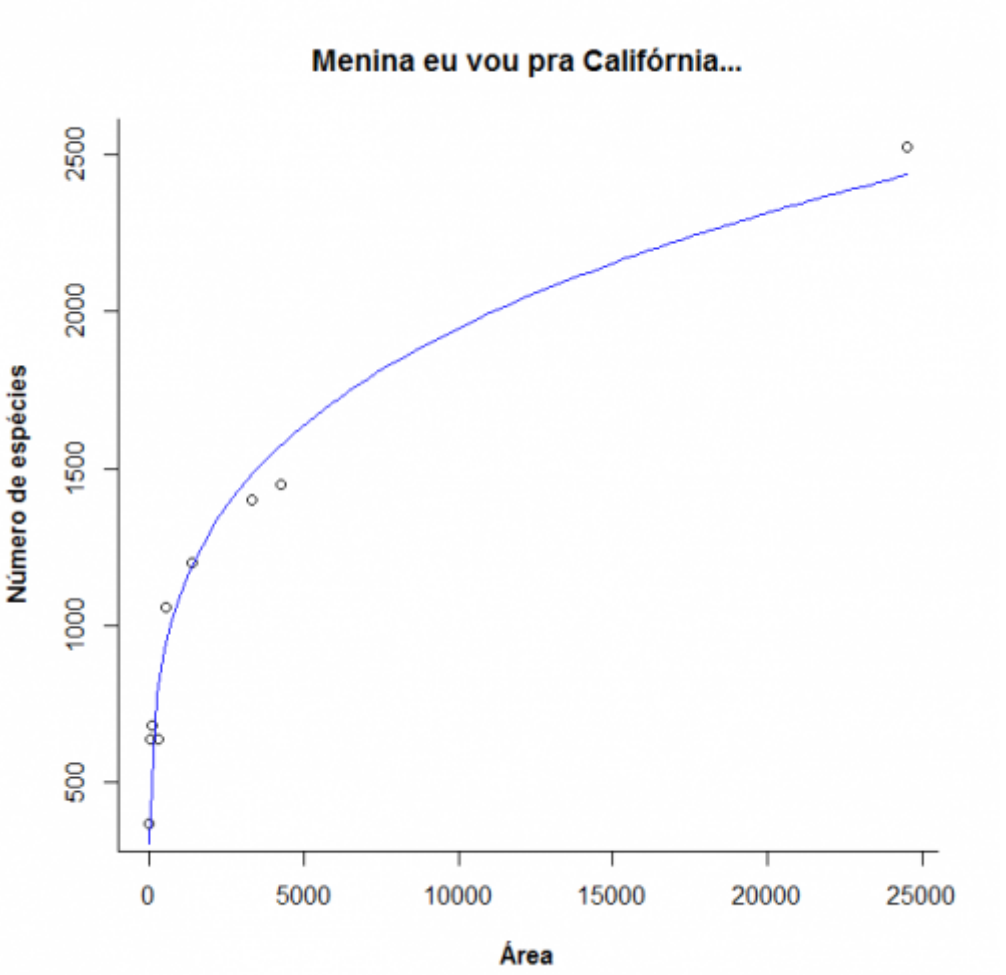


A lei é empírica, e muitas funções matemáticas foram propostas para descrevê-la. Um das mais simples e das mais usadas é a função de potência:

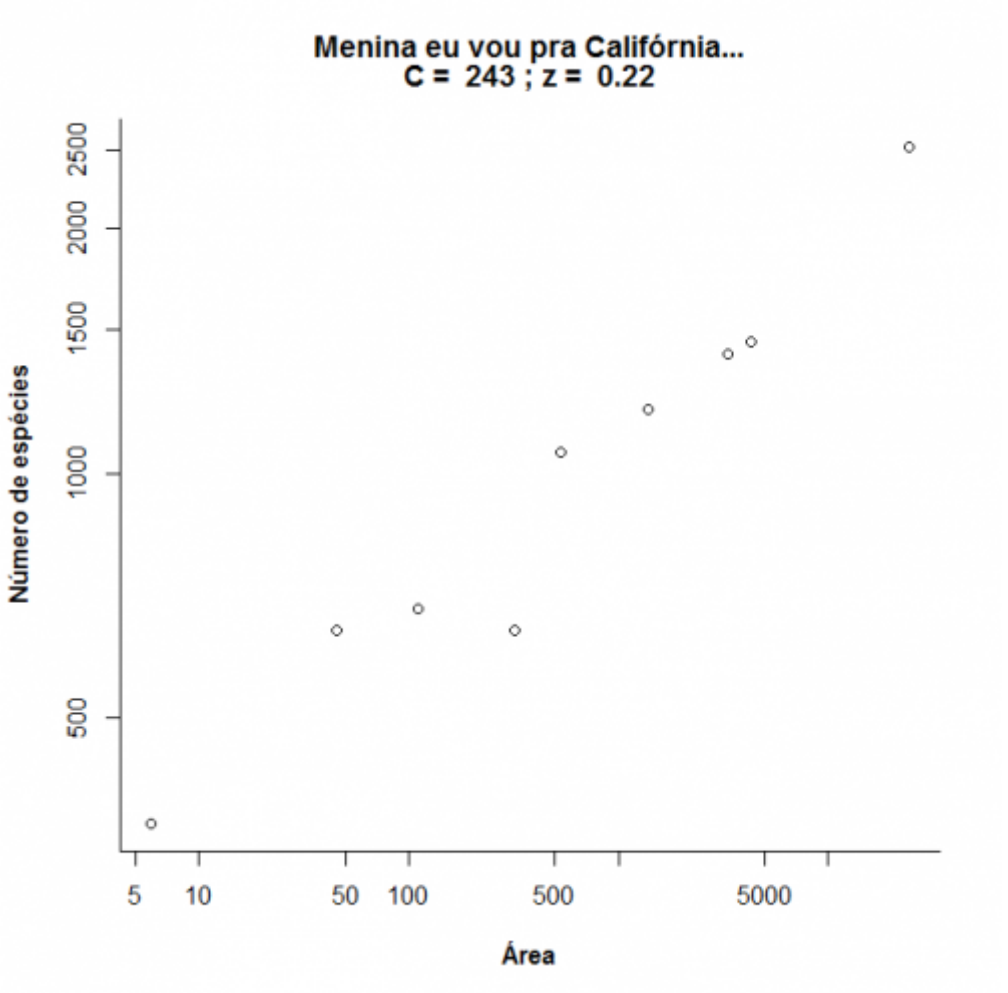
$S\ = \ c A^z$

onde **S** é o número de espécies, **A** é a área e **c** e **z** são constantes.

Ajustando este modelo com uma regressão não linear gaussiana adicionamos a curva do modelo ao gráfico:



Agora observe o que acontece quando transformamos as escalas do gráfico em logaritmos:

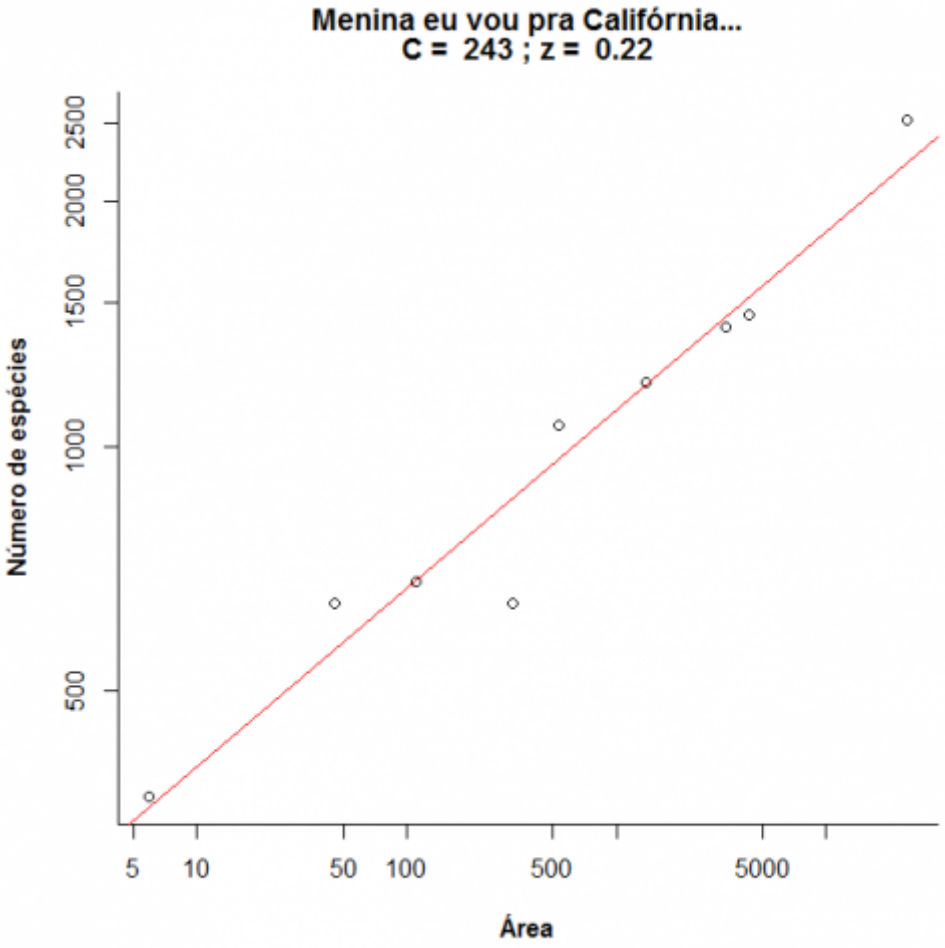


Note que o que era uma função de potência, na escala logaritmica vira uma equação de reta:

$\log \ S\ = \ log \ c+z log \ A$

Nesta regressão a inclinação corresponde ao expoente **z** da função de potência e dez elevado ao intercepto corresponde ao parâmetro **c** [511)]. Compare os valores obtidos com a regressão linear e não-linear:

Modelo	**Intercepto**	**Inclinação**
Linear	242.9958	0.2197585
Não-linear	195.767284	0.249416



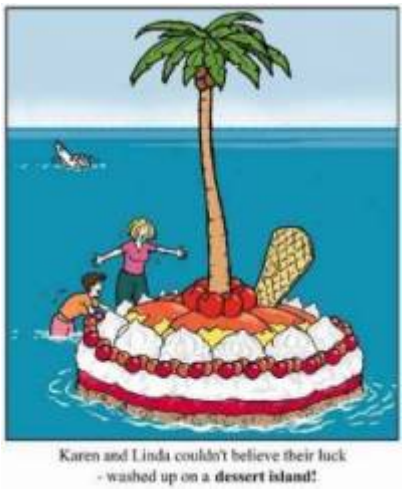
Agora vamos brincar um pouco com a relação espécies-área variando os parâmetros **c** e **z**. Clique no botão `Evaluate` abaixo e use o menu para avaliar o efeito dos parâmetros. Note que os dois eixos do gráfico da direita estão em escala logarítmica em base 10.

Um modelo colonização-extinção



Nos modelos clássicos de metapopulações a extinção e a imigração determinam a persistência de uma espécie em um sistema de manchas. Aqui faremos basicamente a mesma coisa, só que desta vez consideraremos várias espécies ao mesmo tempo e em vez do tamanho da população nosso interesse será o número de espécies em cada mancha, que no caso serão ilhas.

Colonização



Neste exercício usaremos o sistema ilha-continente, que é equivalente ao modelo clássico de metapopulações com chuva de propágulos. Nesse sistema, há uma ilha (mais para frente será um arquipélago!) que pode receber propágulos vindos do continente, que assumiremos como um reservatório de **n** espécies e como uma fonte infinita de propágulos.

Imagine que a cada momento chega um determinado número de propágulos vindos do continente à nossa ilha. Se é assim, é de se esperar que com o passar do tempo todas as espécies presentes no continente estejam também presentes na nossa ilha, certo? Quer ver se isso é verdade? A seguir vamos simular um sistema ilha-continente.

Figurinhas



Antes de continuaremos, vamos fazer um exercício de imaginação. Pense nas espécies como figurinhas [512)], pense nas ilhas desertas como álbuns vazios e pense na chuva de propágulos como pacotinhos de figurinhas vindos da fábrica de figurinhas (a nossa fonte de propágulos). Se em cada pacote vêm 5 figurinhas, quanto tempo leva para completar um álbum com 100 figurinhas? Vamos assumir que o dono da empresa de figurinhas é honesto e produz a mesma quantidade de cada uma dos 100 tipos diferentes de figurinha e também que você é meio mão-de-vaca e compra no máximo

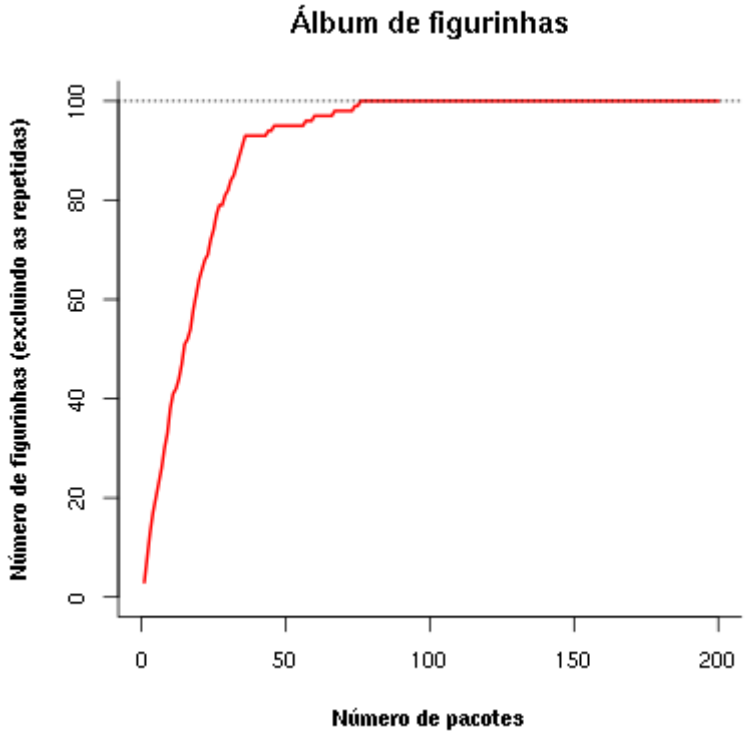
um pacote por vez.

Abaixo o código em R para simular esta situação. Para ver o resultado clique nos botões `Evaluate` nesta página ou copie o código e cole-o na janela *RScrpit* do Rcmdr e clique no botão `Submeter`.

Primeiro criamos uma lista de 100 figurinhas:

e agora sorteamos um pacote com cinco figurinhas [513)]:

Vamos simular uma viagem no tempo e ver o que aconteceu depois de 300 idas à banca:



Uma simulação como essa dá uma idéia de quantos pacotinhos teremos que comprar para completar o álbum. Mais um serviço de utilidade pública! Note que a velocidade com que o álbum vai sendo preenchido vai ficando cada vez menor. A gente já sabia disso: quanto mais figurinhas temos, mais repetidas saem.

Mas completar esse álbum foi muito fácil! E se fôssem mais figurinhas? E se eu comprasse mais pacotes por vez? E se houvesse algumas figurinhas mais raras? Para responder a estas e muitas outras perguntas criamos uma função em R que vai gerar um gráfico interativo nessa página:

Clique no botão `Evaluate` para carregar a função. Se tudo correu bem, você verá a mensagem ***Função carregada!***. Se acontecer algum problema, recarregue a página (opções *reload* ou *refresh* do navegador) e tente outra vez.

Agora podemos criar o gráfico da função.Primeiro, no quadro abaixo, **escolha a opção Sage na**

caixa Language, no canto superior direito da janela de códigos. Em seguida clique no botão `Evaluate` e você terá um menu com as opções:

- Número de espécies colonizadoras
- Número de propágulos por evento de colonização
- Número de eventos de colonização
- Proporção de espécies que são abundantes
- Abundância relativa das espécies abundantes, em relação às demais

O gráfico inicial simula que no continente há 100 espécies que podem colonizar a ilha (ou figurinhas para preencher o álbum), chegam 5 propágulos por evento de colonização, e que vão ocorrer 100 eventos de colonização. Experimente outras combinações de valores e faça a interpretação biológica.

Experimente também criar figurinhas mais fáceis de sair. Mudando a opção `Prop spp abundantes` para 0,1 e a opção `Abund relativa spp abundantes` para 100 haverá 10% de espécies com abundâncias 100 vezes maiores do que as demais, no continente. Qual a consequência?

Extinção



No meu tempo, tínhamos que colar as figurinhas no álbum com cola. Sempre usávamos cola branca, porque usar cola de bastão era garantir que perderíamos algumas figurinhas pelo caminho. Vamos imaginar que nossas figurinhas, depois de coladas, têm uma certa chance de descolarem e se perderem. Como fica nosso modelo?

Figurinhas auto-descolantes!

No nosso modelo antigo, que não considerava a possibilidade de extinção, a ilha tende sempre a ter o mesmo número de espécies do continente, dado tempo suficiente. Mas nossa função em R tem um argumento para exterminar algumas espécies ao acaso. O argumento é `Taxa de extinção`, que é a probabilidade de cada espécie que está na ilha se extinguir a cada unidade de tempo (medido por eventos de colonização).

Para criar um gráfico interativo com essa opção **primeiro escolha a opção Sage na caixa Language**, no canto superior direito da janela de códigos abaixo. Em seguida, clique no botão `Evaluate`. Se tiver algum problema recarregue a página (opções *reload* ou *refresh* do navegador), carregue a função em R (duas janelas de código acima) e então tente outra vez chamar o gráfico.

Ahã! Agora parece que ficou beeeem mais difícil completar o álbum, não é mesmo?! Será que é possível completá-lo, dado tempo suficiente? Experimente!

O que está acontecendo aqui??? O que acontece quando aumentamos a taxa de extinção? E se aumentamos a chuva? Será que o dono da fábrica de figurinhas é macomunado com o dono da fábrica de cola? Use a função para encontrar as respostas.

MacArthur & Wilson equilibrium

To proceed, you must have the R environment with the Ecovirtual package installed and loaded. If you do not have and do not know how to have them, see the Installation page.



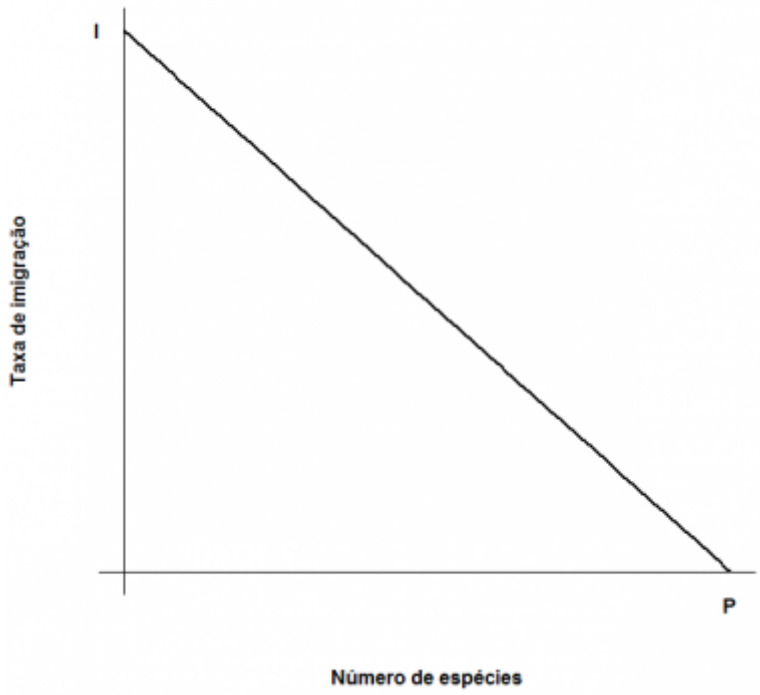
The basic idea of this model is that the number of species in an island is determined by a balance between *immigration* of new species coming from the mainland and the *extinction* of these species. When immigration rates (λ) and extinction (μ) are equal, the number of species (**S**) reaches a dynamic equilibrium:

$$\frac{dS}{dt} \ = \ \lambda-\mu$$

The model assumes that the more species present on the island, the smaller the arrival of new species of the continent. This is illustrated by the exhaustion process with the figurines. In this case, the function that describes the migration rate is:

$$\lambda=I-(I/P)\ S$$

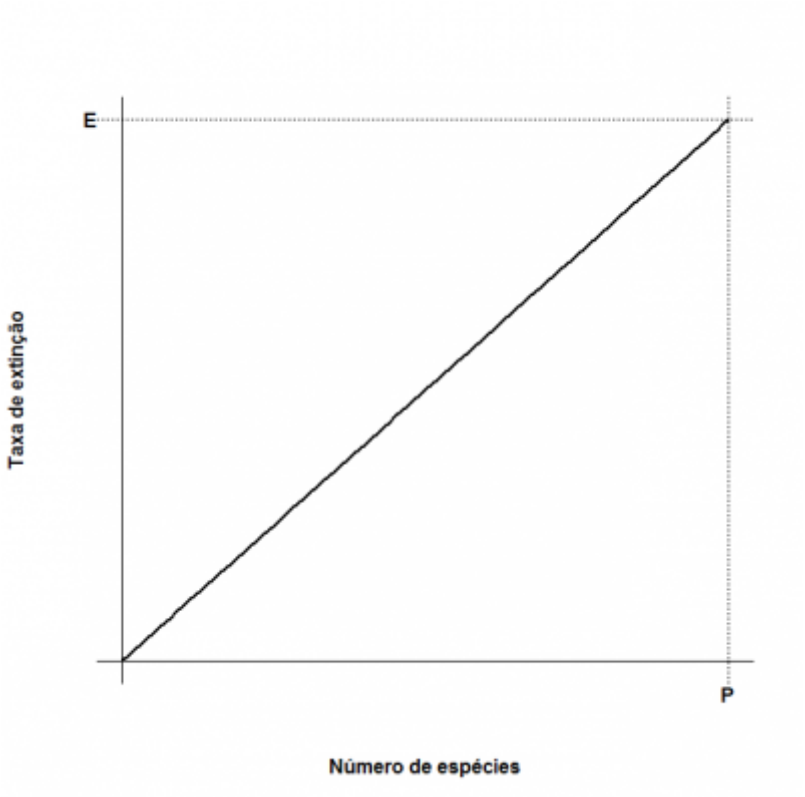
here, **I** is the highest immigration rate (when the island is deserted) and **P** is the number of species on the continent.



The model also assumes an extinction rate. Assuming that all species become extinct with equal probability, which is constant and independent, the average number of extinctions, or expected value, will be proportional to the number of species on the island: the more species, the greater the number that can be drawn to become extinct. When there are no species extinction is zero. Thus, the simplest model for the relationship between extinction rate and species richness on the island is:

$$\mu=(E/P)S$$

E is the maximum rate of extinction, which occurs when the number of island species is equal to the continent. See the chart:



Combining everything:

$${dS}/{dt}\ = \ I-(I/P)\ S-(E/P)\ S$$

And solving for the equilibrium condition $${dS}/{dt}\ =0$$:

$$\hat S \ = \ \frac{ I P }{I+E}$$

$$\hat T \ = \ \frac{ I E }{I+E}$$

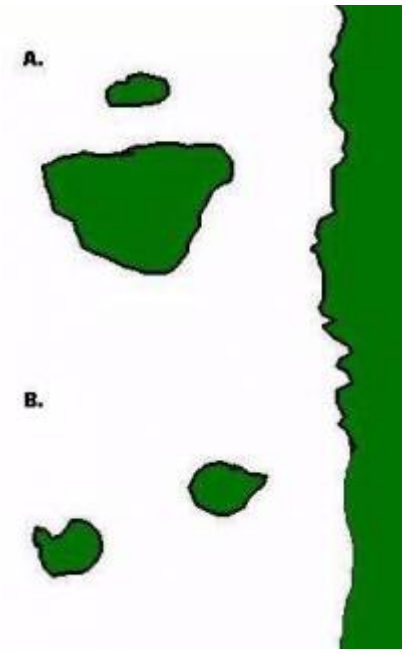
Here, we have respectively the number of species on equilibrium ($\hat S$) and the equilibrium species substitution rate ($ \hat T$). Notice that this is not a static equilibrium, in which the composition of species is constant. Rather, the number of species remains constant because there are always new species arriving and old species becoming extinct.

In load the EcoVirtual package. We will use the function **animaColExt** to see the colonization and extinction processes. This function has 2 parameters:

Parameter	**definition**	**options**
Ext	extinction rate	'fix' - stable rate; 'crs' - increasing rate; 'dcr' - decreasing rate
Col	colonization rate	' 'fix' - stable rate; 'crs' - increasing rate; 'dcr' - decreasing rate

Selct the options **Ext='fix'** and **Col=fix** and see what happens! Now try to change between states of **Ext** e **Col**.What happens with the equilibrium point in each combination? Why?

More islands



So far, so good? Then let's play a little more with our model, this time working with more than one island at a time. Our first case will be two islands equally distant from the mainland shore, but with different sizes, such as the top of the figure to the side (**A**).

In this case, let's assume that the probability of immigration does not differ between the islands, after all they are the same distance from the mainland. However, we assume that the extinction rate is higher in the smaller island: the smaller the island, the smaller the number of individuals who fit in it and thus the greater the chance of a population is extinguished. Does it seems reasonable?

Our second example is composed of two islands of the same size, but which are at different distances from the coast, as in the bottom in the adjacent figure (**B**). In this case as they have almost the same area, the two islands have similar extinction rates. Now the problem becomes the arrival of new seedlings: it is reasonable to assume that the further an island is from the mainland, the lower the rate of immigration.

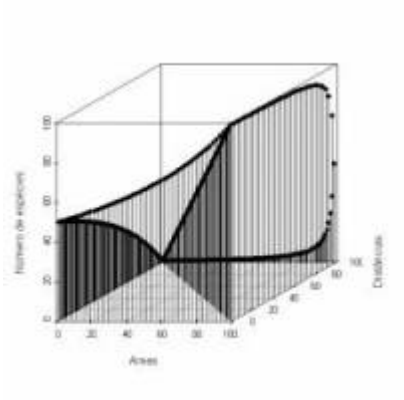
We will use the function **bioGeoIsl** to combine the islands and see if, in the end, you can find the species-area relationship, our first step. By the way, this theory was created to explain species-area relationship. 🙂

This function plots the extinction and colonization rates for each island, given the area and distance from mainland. To do so, the function calculates the maximum extinction and colonization rates for each island, as linear functions of the area and distance. The arguments for the function are:

Option	**Parameter**	**definition**
`Mainland Number of Species`	P	number of colonizing species in the main land
`Extinction/Area coefficient`	b.e	sploe of the linear relation between extinction rate and island area
`Extinction/Distance coefficient`	h.e	slope of the linear relation between extinction rate and distance
`Colonization/Area coefficient`	f.i	slope of the linear relation between colonization rate and island area

Option	Parameter	definition
`Colonization/Distance coefficient`	d.i	slope of the linear relation between colonization rate and distance
`Ratio Area/Distance effect`	weight.A	relative weight of the area and distance effects. Bigger values mean the area has more effect
`Number of Island`		number of islands[514)]
`Distance`	dist	distance between each of the island and mainland, in arbitrary units [515)]
`Size`	area	size of each of the islands, in arbitrary units[516)])

Vary the areas, distances and both providing different values for these arguments. Do not worry about the other arguments, they are compatible with the distance and area scales. Explain the difference between the graphics in biological terms. Note that the islands with more species are not always those with the largest substitution rates.



In this model we incorporated a factor that is not considered in relation species-area: distances. To do so would require a third axis containing the distances between islands and continents and then we would not have a line anymore to describe the pattern, but a surface. See next a graph in three dimensions depicting numerous imaginary islands.

To learn more

- **Gotelli, N. 2007. Ecologia.** Londrina, Ed. Planta. Capítulo 7.
- **Stevens, M. H. 2009. A primer of ecology with R.** New York. Springer. Capítulo 10.
- **MacArthur,RH. & Wilson, EO. 1967. The Theory of Island Biogeography**. Princeton University Press.

511)

se o logarítmo usado é na base dez

512)

tá, as figurinhas não precisam ser de jogadores do Vasco da década de 80

513)

a cada vez que você clica em `Evaluate` um novo sorteio é feito

514)

only for RMCDR tutorial

515)

in R you must specify the distances e.g dist=c(10,20)

516)

(in R you must specify size. e.g area=c(20,10

From:
http://ecovirtual.ib.usp.br/ -

Permanent link:
http://ecovirtual.ib.usp.br/doku.php?id=en:ecovirt:roteiro:neutr:biogeor

Last update: **2017/11/01 11:07**