

# Estrutura Espacial

Nesse tutorial vamos tratar do reconhecimento de um dos padrões mais básicos de uma população de plantas: se os indivíduos estão espacialmente mais próximos ou mais afastados do que seria esperado se simplesmente fossem distribuídos ao acaso <sup>1)</sup>.

## Objetivo

Investigar o padrão espacial em uma população de plantas e discutir quais processos subjacentes poderiam gerar os padrões observados. Antes de tudo, porém, precisamos definir alguns conceitos.



## Contexto

Um padrão espacial é uma estrutura previsível que pode ser detectada e quantificada. Em geral, considera-se que um padrão é uma estrutura diferente do aleatório, entretanto, no caso dos padrões espaciais (e outros também) o padrão aleatório também pode ser considerado um padrão, afinal tem



alguma previsibilidade <sup>2)</sup> e pode ser detectado e quantificado. Existem diversas métricas utilizadas para descrever a distribuição de indivíduos que são capazes de diferenciar, com maior ou menor eficiência, os três padrões espaciais básicos: aleatório, homogêneo e agregado.

### Padrões Espaciais

- aleatório: a distribuição dos indivíduos não é diferente do que seria esperado por uma distribuição ao acaso;
- regular ou homogêneo: os indivíduos estão regularmente espaçados. É chamado também de padrão disperso, pois está relacionado ao maior distanciamento possível entre indivíduos;
- agregado: os indivíduos estão mais próximos do que esperado por um padrão aleatório, formando agrupamentos.

Detectar um padrão espacial pode ser importante tanto para entender os mecanismos que geram o padrão, como para decidir o método e a escala de amostragem e planejar o manejo de uma população. Algumas propriedades desejáveis de uma medida do padrão espacial são:

- diferenciar claramente o padrão;
- não ser afetada por: tamanho da amostra, densidade populacional ou pela variação no tamanho e na forma da amostra;
- ser estatisticamente tratável: passível de calcular a incerteza do valor e testar a diferenças entre amostras.

Para essa prática usaremos uma estimativa de aleatoriedade de pontos chamada K-Ripley. Primeiro iremos utilizar dados de distribuição simulados com diferentes padrões e em seguida utilizar a mesma técnica para detectar o padrão espacial em uma população natural.

## Roteiro

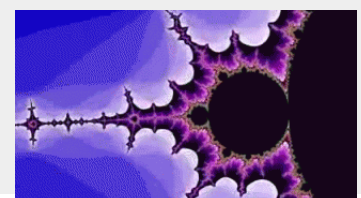
## Padrões multiescala



Nesta prática vamos quantificar o padrão espacial usando um método multiescala. Os métodos de multiescala permitem, com uma única métrica, avaliar como o padrão espacial varia com a escala. Iremos descrever o padrão espacial para o conjunto total de indivíduos em uma população em uma área delimitada e iremos avaliar o padrão desde a escala da vizinhança dos indivíduos até a escala mais ampla da população.

Para a prática vamos utilizar um programinha chamado [Programita](#), feito pelo pesquisador Thorsten Wiegand para quantificar o padrões espaciais usando medidas multiescala baseadas em distância entre pontos. Para baixar o manual do **Programita** clique

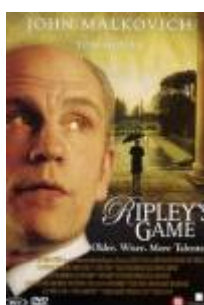
[aqui](#).



No **Programita** existem várias medidas que podem ser usadas para calcular o padrão espacial, vamos usar duas delas: o **L de Ripley** e o **O-ring**.

Ambas são abordagens baseadas em pontos, que utilizam o cálculo de distâncias ponto a ponto dentro de uma área delimitada. Essas medidas podem ser usadas para análises univariadas, ou seja, identificando o padrão para uma única classe de pontos, ou para análises bivariadas, que identifica o padrão entre dois tipos de pontos. As análises bivariadas podem ser usadas no contexto de populações para verificar se indivíduos de um dado estágio estão espacialmente associados a outro, ou no contexto de estruturação de comunidades para analisar se há atração ou repulsão na ocorrência de uma espécie em relação a outra.

## K de Ripley



O K de Ripley é uma medida da densidade média ao redor de cada ponto. Para cada ponto na área de estudo é calculada a densidade no interior de um círculo de raio  $r$  centrado no ponto (área cinza da figura). Em seguida, calcula-se uma média desses valores obtidos para todos os pontos.

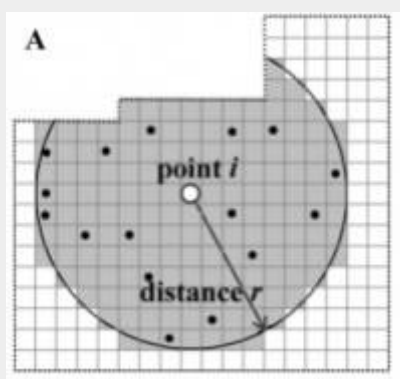


Figura: Implementação da estatística L de Ripley: contagem do número de pontos distantes de  $i$  no interior do círculo de raio  $r$ . Extraído de Wiegand & Moloney (2004).

A operação é repetida para diferentes valores de  $r$ , que permite avaliar de maneira contínua o valor de K para diferentes escalas.

$$K(r) = \frac{\sum_{i \neq j} I(d_{ij} < r)}{n} \frac{1}{\lambda}$$

Onde:

- $d_{ij}$  é a distância do ponto  $i$  ao ponto  $j$ ;
- $I(\{d_{ij} < r\})$  função indicadora, sendo 1 se o ponto está a uma distância menor que  $r$  de  $i$ , fora desse raio o ponto tem valor 0; e
- $n$  é o número de pontos total.

A interpretação visual do  $K$  não é muito intuitiva por ser uma função cumulativa associada à área do círculo relativo a  $r$ . O  $L$  de Ripley, por sua vez, é a padronização deste valor:

$$L_{\{r\}} = (\sqrt{\frac{K_{\{r\}}}{\pi}} - r)$$

Esta transformação faz com que o valor de  $L$  para uma distribuição completamente aleatória seja sempre 0 e  $L > 0$  indica agregação, enquanto  $L < 0$  indica padrão homogêneo.

## O-ring ( $O(r)$ )



A estatística **O-ring** é similar ao  $L$  de Ripley, mas baseada em um anel, ao invés de um círculo. É medida pela contagem do número de pontos em um anel de raio  $r$  e largura fixa. Da mesma forma que o  $L$ -Ripley também são calculadas as intensidades para diferentes tamanhos de anel, mantendo a largura fixa.

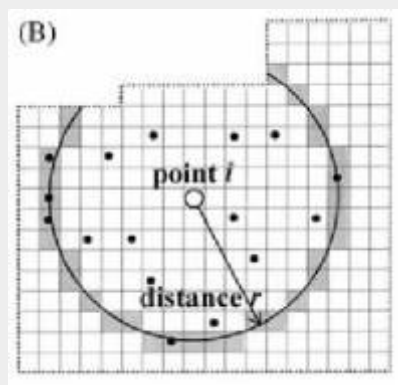


Figura: Implementação da estatística *O-ring*: contagem do número de pontos distantes de  $i$  ao longo do raio  $r$ . Extraído de Wiegand & Moloney (2004).

Logo, definimos  $O(r)$  como:  $O_{\{r\}} = L_{\{r\}} - L_{\{r-l\}}$

Onde:

- $r - l$  : é o raio menos a largura do anel <sup>3)</sup>

Na completa aleatoriedade espacial  $O(r) = \lambda$  (intensidade do padrão), quando o padrão é agregado  $O(r) > \lambda$  e quando é homogêneo  $O(r) < \lambda$

As medidas  $K_{\{r\}}$ ,  $L_{\{r\}}$  ou  $O_{\{r\}}$  apresentam soluções analíticas teóricas para o padrão definido como processo Poisson ou Completa Aleatoriedade Espacial (CAE). Ou seja, quando a distribuição dos pontos no espaço estudado não é diferente do esperado pelo acaso. Para uma dada densidade de pontos conseguimos calcular esses valores teóricos para qualquer raio. Dessa forma, para interpretar o padrão espacial dos pontos observados precisamos:

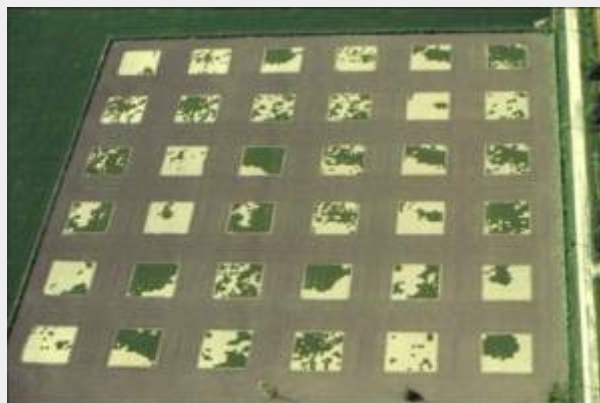


- calcular os valores observados e os teóricos para CAE;
- comparar esses valores;
- definir quando uma diferença é ou não aceitável para afirmar que o padrão é diferente do aleatório;

Para os dois primeiros tópicos acima, usamos as fórmulas e calculamos os valores. Para tirar a subjetividade do terceiro, podemos calcular intervalos de confiança ou gerar envelopes <sup>4)</sup> de confiança gerados por simulações, para definir objetivamente o que é algo diferente do esperado.

## Padrões de Pontos Simulados

### Atividade 1:



Qual processo gerou o padrão de pontos?

## Instruções gerais

- 1. baixe os arquivos relacionados ao padrão espacial 1 ou 2. Caso abra uma página mostrando os dados, clique no link com o botão direito do mouse para salvar o arquivo no seu computador:

### Dados para Análise Espacial

#### **Padrão 1**

- [População \(todos os indivíduos, sem distinguir adultos e jovens\)](#)
- [Parentais \(somente os adultos\)](#)
- [Prole \(somente os jovens\)](#)
- [Bivariado \(todos os indivíduos, distinguindo adultos e jovens\)](#)

#### **Padrão 2**

- [População \(todos os indivíduos, sem distinguir adultos e jovens\)](#)
- [Parentais \(somente os adultos\)](#)
- [Prole \(somente os jovens\)](#)
- [Bivariado \(todos os indivíduos, distinguindo adultos e jovens\)](#)

- caso não tenha o programita instalado, baixe o [programita aqui](#) na mesma pasta do arquivo de dados;
- descompacte o arquivo *programita.zip*;
- clique 2x para abrir o arquivo executável *ProgramitaJulio2006.exe*.

Bem vindo(a) ao **Programita**! Agora vamos abrir os dados que iremos trabalhar.

O **Programita** aceita arquivos de texto das extensões .dat e .asc. São arquivos em formato de texto, separados por tabulação (ou espaço). Os arquivos de dados possuem a seguinte estrutura:

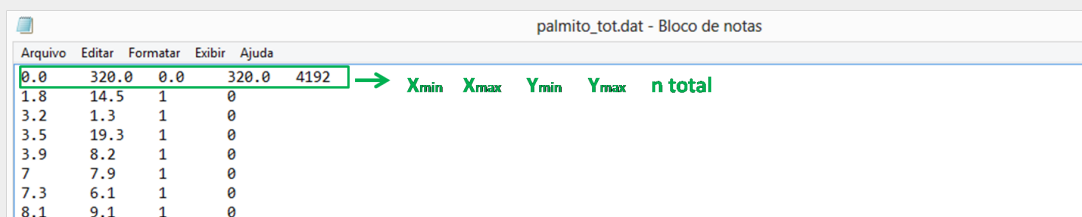
### **A primeira linha contém informações gerais sobre o arquivo de dados:**

- valor mínimo de x;
- valor máximo de x;
- valor mínimo de y;
- valor máximo de y; e
- número total de indivíduos

### **A partir da segunda linha, estão os dados dos pontos que serão analisados:**

- primeira coluna com as coordenadas x dos indivíduos;
- segunda coluna com as coordenadas y dos indivíduos;
- terceira coluna com os pontos do padrão 1 identificados por 1 e do padrão 2 por 0 <sup>5)</sup>;
- quarta coluna com os pontos do padrão 1 identificado por 0 e do padrão 2 por 1 <sup>6)</sup>.

No caso de dados univariados, a terceira coluna será sempre 1 e a quarta coluna sempre 0. Para dados bivariados as terceira e quarta colunas terão valores de 0 e 1 de acordo com o padrão do ponto.



0.0	320.0	0.0	320.0	4192	→	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax	n total
1.8	14.5	1	0							
3.2	1.3	1	0							
3.5	19.3	1	0							
3.9	8.2	1	0							
7	7.9	1	0							
7.3	6.1	1	0							
8.1	9.1	1	0							

Fig. Exemplo de arquivo .dat no formato de uso no *Programita*.

## Padrão Univariado: todos os pontos

- 1. Verifique se na janela *Input data file* estão aparecendo os arquivos .dat. Caso não esteja, verifique se o arquivo executável do programita está na mesma pasta dos arquivos .dat.

Dependendo da configuração do seu navegador o arquivo salvo pode aparecer com uma extensão diferente (p.ex. ".bin"). Nesse caso é preciso mudar a extensão do arquivo para ".dat".

- 2. no menu à esquerda selecione o arquivo **padrao"0X"all.dat**. No caso **X** vai ser 1 ou 2 dependendo da sua escolha;



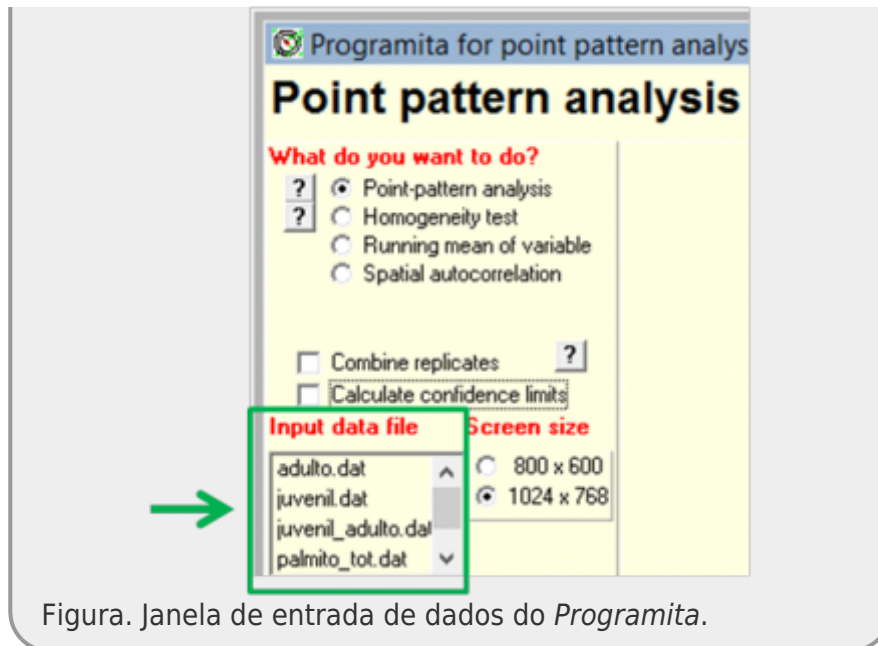
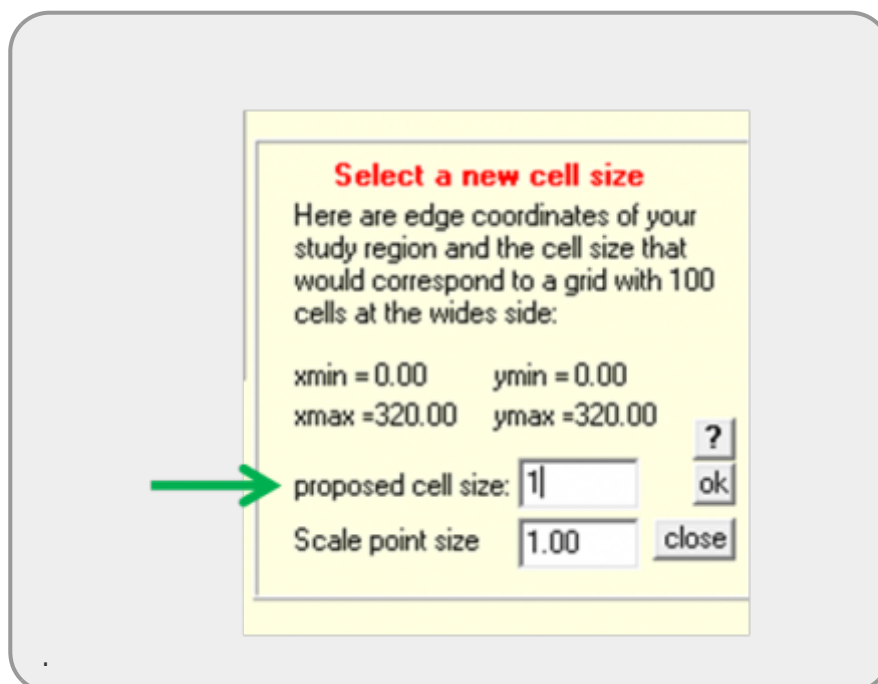


Figura. Janela de entrada de dados do *Programita*.

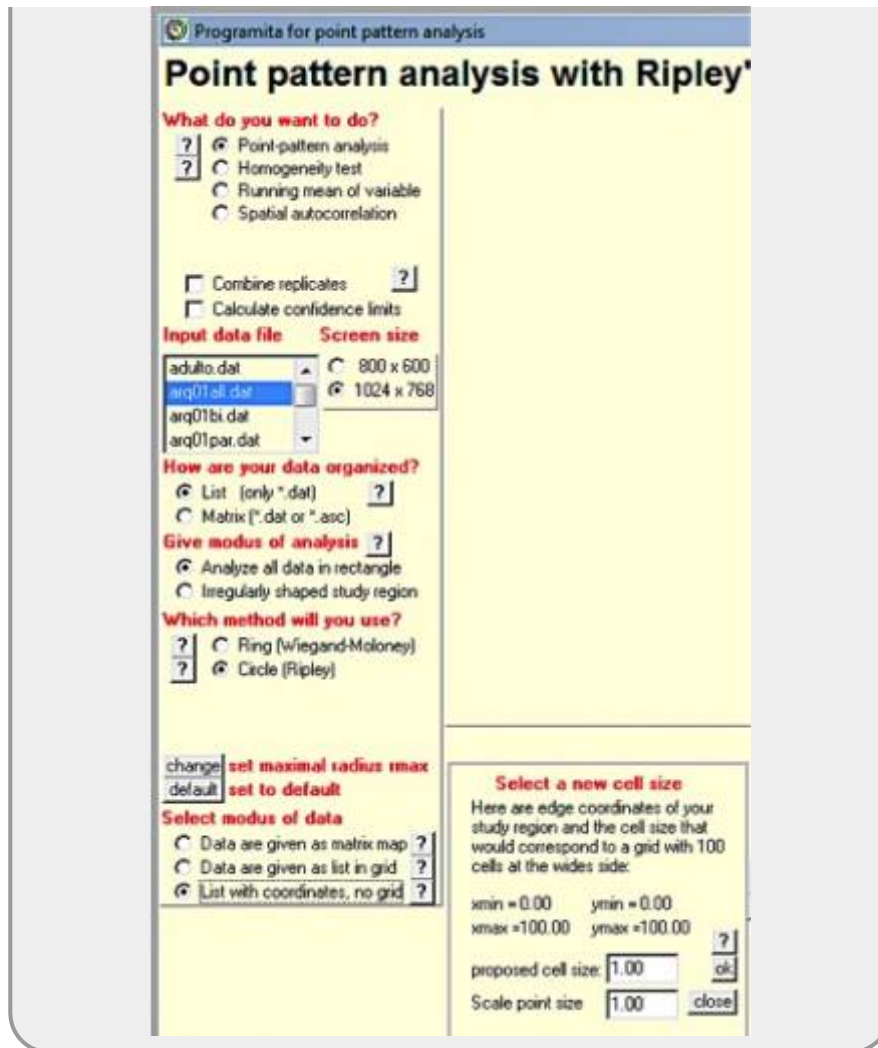
- 3. Em **How your data are organized** selecione **List**
- 4. Vamos começar usando o L de Ripley então em **Which method to use** selecione **Circle**
- 5. Em **Select modus of data** selecione **List with coordinates no grid**. Ao selecionar esta opção aparecerá uma janela com a opção **Select a new cell size**:



- 6. Caso tenha menos de 500 pontos, altere o **proposed cell size** para 1. Caso contrário deixe no padrão do programa.
- 7. Feito tudo isso, você deve estar assim:







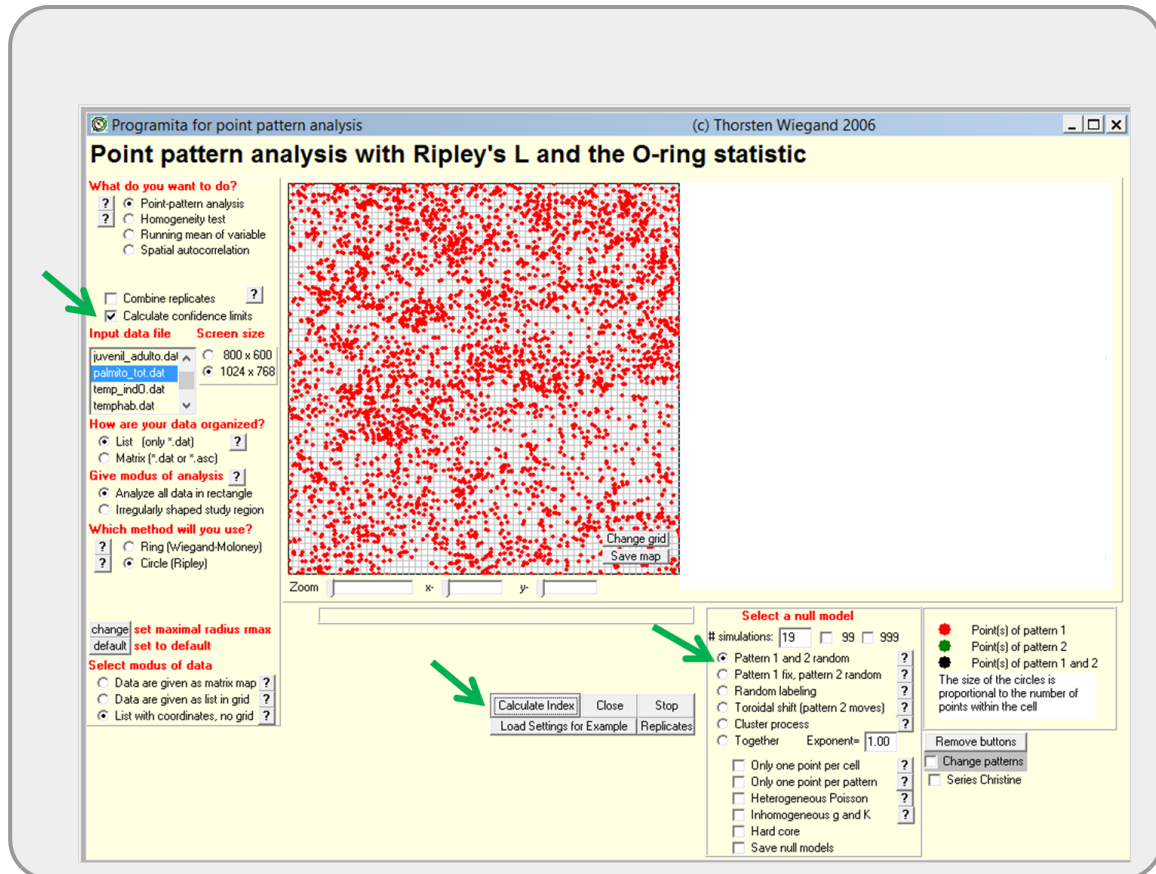
- 8. Você pode agora respirar fundo e apertar o botão **Calculate index**;

A saída visual do programa é um mapa onde os indivíduos aparecem em pontos vermelhos, seguindo as coordenadas do arquivo de dados. O gráfico no canto superior direito corresponde ao valor do L-Ripley para diferentes raios. Nessa saída gráfica é possível analisar como o padrão espacial varia de acordo com a escala.

Porém, isso não é suficiente para afirmarmos em que escalas a população é agregada. Para isso precisamos comparar o resultado observado com o padrão que seria gerado pela distribuição dos pontos completamente aleatório. Esse modelo nulo é chamado de **completa aleatoriedade espacial**. Para gerar esse modelo por simulação é necessário recolocar o mesmo número de pontos de forma aleatória na mesma área. Se fizermos isso, muitas e muitas vezes, é possível gerar um envelope de confiança (similar ao intervalo de confiança) no qual o padrão de distribuição aleatória é encontrado. Se os valores observados estão contidos dentro do envelope podemos concluir que nosso padrão não é diferente do aleatório.

Para fazer isso você deve:

- 9. selecionar a opção **Calculate confidence limits** e;
- 10. na janela **Select a null model** selecionar o modelo nulo **Pattern 1 and 2 random**;
- 11. verifique se sua tela está como a figura e clique novamente no botão **Calculate index**.



### Caso a simulação esteja demorando muito

- aperte o botão de *stop* ao lado do *Calculate index*;
- selecione outro "*modus of data*" e em seguida selecione novamente *list with coordinate*,...;
- na janela *Select a new cell size*, altere *proposed cell size* para 2;
- na janela *Select a null model* altere *# simulations* para 20;
- aperte novamente o botão *Calculate index*;

### Descreva o padrão observado

O *Programita* permite acompanhar graficamente a simulação ao longo do tempo 😊. É possível observar que a cada simulação é gerada uma distribuição aleatória dos indivíduos e recalculado os valores de L-Ripley. Ao final é gerado o gráfico com os valores observados a partir do arquivo de dados, acompanhado do envelope de confiança gerado a partir da simulação de completa aleatoriedade espacial. Valores fora do intervalo de confiança indicam a existência de um padrão espacial diferente do aleatório. ⚠️

**Dica:** Faça um *Print Screen* dos seus resultados para salvar o gráfico de cada análise que fizer ao longo da prática.

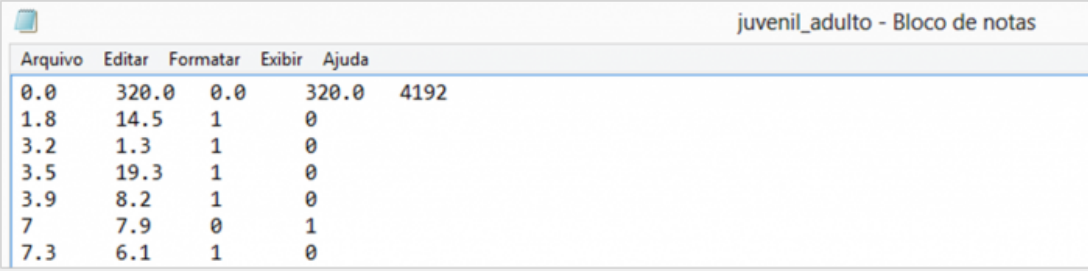
- 12. Faça o mesmo procedimento, porém em **Which method to use** selecione **Ring**
- 13. Compare os resultados entre o L-Ripley e o O-Ring.

### Atividade

- repita a análise para os arquivos com:
  - os pontos dos parentais (adultos): *padrao"0X"par.dat* e;
  - os pontos dos pontos associados - prole (jovens): *padrao"0X"prole.dat*;
- interprete o resultado para cada tipo de ponto;

## Padrão Bivariado: duas classes de pontos

O *Programita* permite a análise de padrão de pontos de uma classe em relação a outra. Para isso é necessário diferenciar os pontos no arquivo de dados, utilizando 0 ou 1 nas colunas 3 e 4, como mostra a figura abaixo, em um arquivo que distingua indivíduos adultos de juvenis:



Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
0.0	320.0	0.0	320.0	4192
1.8	14.5	1	0	
3.2	1.3	1	0	
3.5	19.3	1	0	
3.9	8.2	1	0	
7	7.9	0	1	
7.3	6.1	1	0	

↑   ↑  
adulto   juvenil

Vamos agora analisar o padrão dos pontos associados (PROLE) em relação aos parentais (PAR), seguindo o mesmo procedimento anterior.

- 1. selecione o arquivo com a separação de classes de pontos parentais e associados:

padrao"0X"bi.dat;

- 2. em **What do you want to do** selecione a opção **Point-pattern analysis**
- 3. em **How your data are organized** selecione **List**
- 4. neste caso, estamos interessados na análise do padrão em escala cumulativa para entender até que distância há agregação, por isso, em *Which method to use* selecione *L-Ripley*
- 5. em **Select modus of data** selecione **List with coordinates no grid**
- 6. para testarmos se existe agregação dos pontos PROLE em relação ao PAR , utilizaremos o envelope de confiança. selecione a opção **Calculate confidence limits** e selecione o modelo nulo **Pattern 1 fix, 2 random**.
- 7. rode a análise apertando: **Calculate index**
- 8. interprete os resultados.

### **Descubra o algoritmo**

Algoritmo é uma sequência de passos para executar uma tarefa. Os pontos dos arquivos de dados foram gerados por um algoritmo muito simples em duas fases: primeiro foram gerados os pontos parentais e em seguida os pontos associados (prole). Descreva uma sequência de tarefas <sup>7)</sup> que seria capaz de gerar a distribuição de pontos (incluindo ambas classes de pontos) que você observou a partir do seu arquivo de dados.

## **Distribuição Espacial de Palmitos na Restinga**



O Palmeiro (*Euterpe edulis* Mart.) é uma espécie muito característica das florestas atlânticas e costuma ocorrer com densidades altas em áreas mais preservadas. Vamos agora analisar os dados referentes a uma população de palmitos que ocorre em uma parcela de floresta de Restinga na Ilha do Cardoso, Cananéia -SP. Os dados foram coletados nos anos de 2009/2010 em uma área de 10,24ha (320m x 320m).

Preparamos três arquivos no formato lido pelo *Programita*:

1. dados de indivíduos juvenis (diâmetro do tronco entre 1 e 5 cm): [juvenil.dat](#)
2. dados de indivíduos adultos (diâmetro do tronco > 5 cm): [adulto.dat](#)
3. juvenis e adultos (padrão 1 adulto, padrão 2 juvenil): [juvenil\\_adulto.dat](#)

Utilizando as ferramentas disponíveis no *Programita* para descrever os padrões espaciais:

- da população total de palmito;
- apenas dos juvenis e;
- apenas dos adultos.

Investigue se a distribuição dos juvenis está associada a dos adultos.

**Padrões & Processos** Junte-se em um grupo de 2 a 4 alunos e discuta quais possíveis processos poderiam gerar os padrões descritos.

<sup>1)</sup> ou seja, a localização de um indivíduo não melhora a predição de onde outros indivíduos podem estar  
<sup>2)</sup>  
por exemplo, em relação ao número médio de indivíduos  
<sup>3)</sup>  
igual ao raio interno do anel  
<sup>4)</sup>  
equivalente a intervalo de confiança obtido por simulação numérica  
<sup>5)</sup>  
no caso de dados bivariados  
<sup>6)</sup>  
tb. no caso de dados com dois tipos de pontos  
<sup>7)</sup>  
p.ex: gerar 10 valores de x a partir de uma distribuição aleatória uniforme de 0 a 100; gerar valores de uma sequência de 10 a 90 a cada intervalo de 5 como o y....

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

Permanent link:  
[http://ecovirtual.ib.usp.br/doku.php?id=ecovirt:roteiro:pad\\_spat&rev=1632151392](http://ecovirtual.ib.usp.br/doku.php?id=ecovirt:roteiro:pad_spat&rev=1632151392)



Last update: **2021/09/20 12:23**