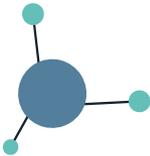




# Isolamento por Distância (IBD)

Genómica e Alterações Ambientais

*Professor Octávio S. Paulo*



# Relevância e Conceitos

O que é?	<b>Processo evolutivo</b> no qual populações mais geograficamente distantes tendem a ser geneticamente mais diferenciadas.
Principais causas	Barreiras de dispersão e fluxo genético limitado
Contexto genómico	Insights sobre a <b>variação genética</b> e os <b>processos evolutivos</b> nas populações
Importância	Revelar <b>padrões</b> de resistência genética e vulnerabilidade em espécies ameaçadas.  <ul style="list-style-type: none"><li>• Prever <b>impactos</b> de mudanças ambientais no futuro</li><li>• Contribuir para <b>estratégias de conservação</b> e gestão sustentável da biodiversidade.</li></ul>

# Como medir IBD?

## Análise de Correlação entre distâncias geográficas e genéticas

Quanto maior a distância geográfica, maior a diferença genética?

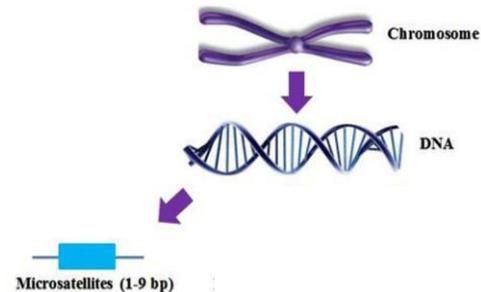
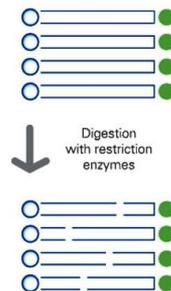
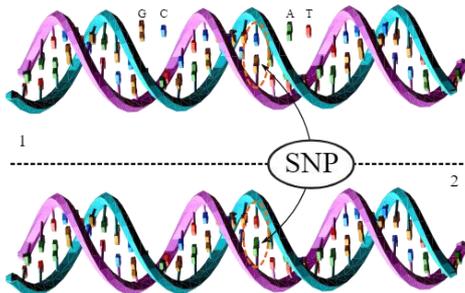
01

Recolher dados:

- **Genéticos** → Recolher amostras DNA indivíduos/populações de diferentes locais



Medir diferença genética com **marcadores moleculares** (SNPs, RFLPs, microssatélites - STRs)



# Como medir IBD?

## Análise de Correlação entre distâncias geográficas e genéticas

Quanto maior a distância geográfica, maior a diferença genética?

01

Recolher dados:

- **Geográficos** → Registrar localização espacial com:

coordenadas (latitude/longitude)

ou

medidas de distância real (km)



# Como medir IBD?

## Análise de Correlação entre distâncias geográficas e genéticas

02

Construir matrizes de distância:

$$M = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

### Matriz de Distância Genética

→ Distância genética entre cada par de indivíduos/populações:

$F_{ST}$  (fixação genética), Distância de Nei, Distância de Jaccard

cada célula  $(i,j)$  contém a distância genética entre o indivíduo/população  $i$  e o indivíduo/população  $j$ .

### Matriz de Distância Geográfica

→ Distância geográfica entre todos os pares de pontos usando fórmulas apropriadas

Euclidiana, Geodésica (Haversine), Caminhos Reais

cada célula  $(i,j)$  contém a distância geográfica entre os locais  $i$  e  $j$ .

# Como medir IBD?

## Análise de Correlação entre distâncias geográficas e genéticas

Quanto maior a distância geográfica, maior a diferença genética?

03

### Teste de Mantel:

- Comparação duas matrizes : verificar se existe uma correlação estatisticamente significativa:
- Distâncias genéticas aumentam proporcionalmente às distâncias geográficas?
- Avaliar resultados estatísticos:
  - Valor  $r$  → se  $r > 0$  existe correlação positiva entre matrizes;
  - Valor  $p$  → se  $p < 0.05$  indica correlação estatisticamente significativa.

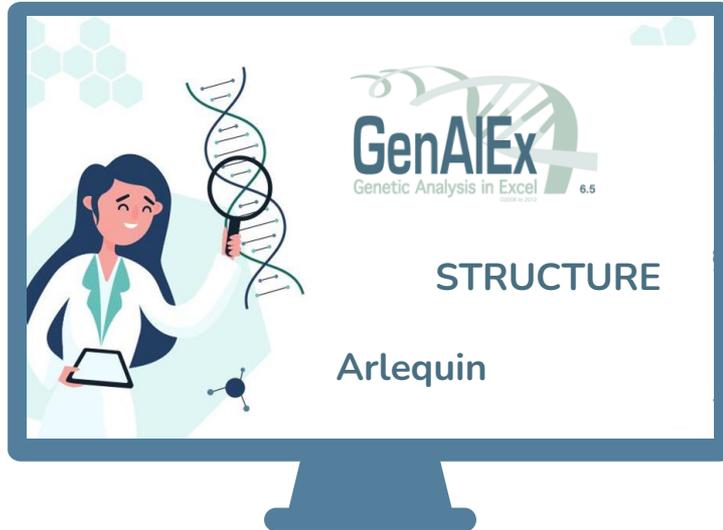
# Como medir IBD?

## Análise de Correlação entre distâncias geográficas e genéticas

Quanto maior a distância geográfica, maior a diferença genética?

04

Ferramentas Bioinformáticas → softwares



- Cálculo correlações e testar hipóteses;
- Avaliar estrutura genética e presença agrupamentos populacionais;
- Estimar diversidade genética, testes de diferenciação e padrões genéticos.

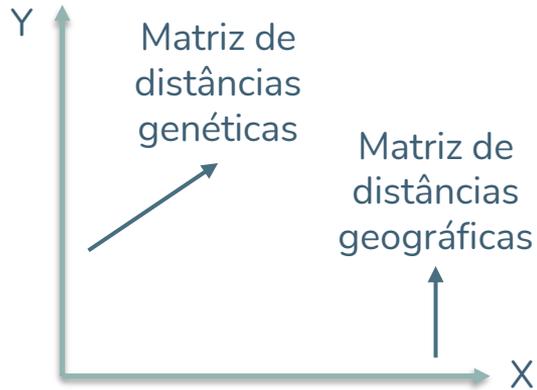
# Como medir IBD?

## Análise de Correlação entre distâncias geográficas e genéticas

Quanto maior a distância geográfica, maior a diferença genética?

05

Visualizar Resultados:



1) Gráficos de dispersão

Incluir **linha de tendência** → Visualizar **padrão de IBD**

2) Mapas Geográficos com Gradientes de Diversidade Genética

3) Heat Maps

4) Gráficos de Rede

5) PCA

6) Histograma ou Boxplot

7) Superfícies de Regressão

# Como medir IBD?

## Análise de Correlação entre distâncias geográficas e genéticas

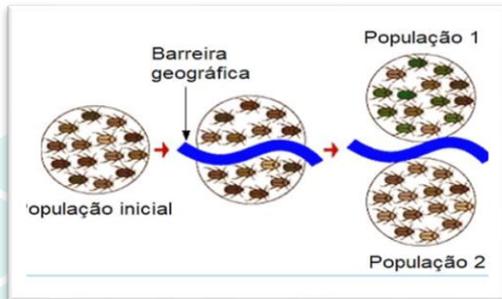
06

Limitações e desafios metodológicos:

### Barreiras Geográficas e Ambientais

Limitam fluxo genético:

- Físicas;
- Fragmentação Habitat.



### Complexidade Populacional

Quebrar padrão de IBD:

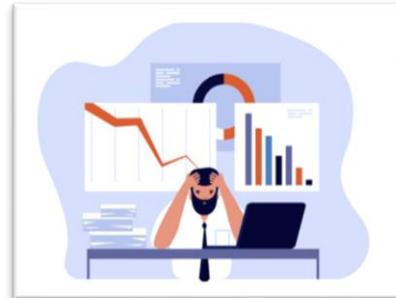
- Migrações e Misturas;
- História Populacional.



### Problemas na Colheita e Análise de Dados

Pode capturar padrões diferentes:

- Medição da Distância;
- Número Amostras;
- Escolha Marcador Genético.



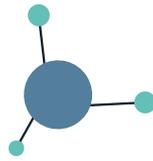
### Escala e Tempo

Captura padrões diferentes:

- Escala Espacial;
- Fatores temporais.



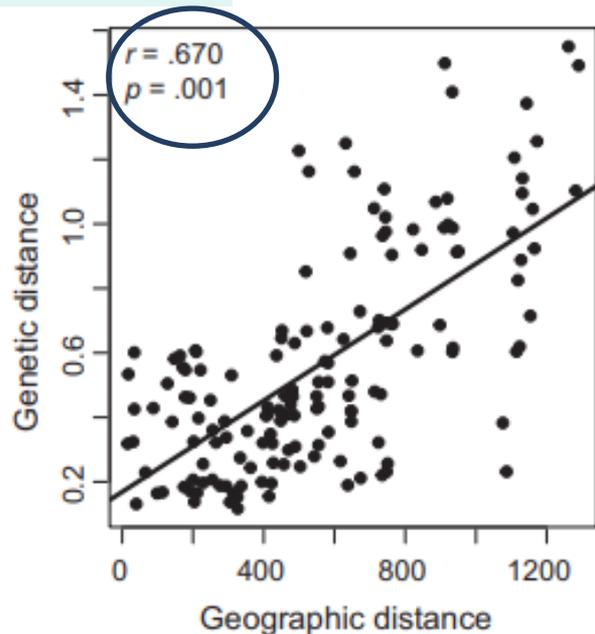
# Caso de Estudo



**Objetivo:** Avaliar como a distância geográfica influencia diferenciação genética de **C.Oliveri**

**Metodologia:** Amostragem **330** indivíduos de 18 populações; marcadores **EST-SSR**; Teste Mantel

**Resultados:**



Correlação positiva significativa:  $p < 0.05$  e  $r > 0$



Confirma Padrões de IBD

**Conclusão:** preservação habitats e conectividade entre populações → cruciais para manter **diversidade genética** e **resiliência** a alterações ambientais



**Figura 1:** Relação entre distâncias genéticas e geográficas com base em testes de Mantel para populações de C.Oliveri.



# Conclusão

O que é IBD? Qual a sua importância? Efeitos no genoma?

- ✓ **Isolation by Distance (IBD)** : processo evolutivo em que populações geograficamente distantes tendem a ser mais geneticamente diferenciadas, devido ao fluxo genético limitado e à dificuldade de migração entre elas.



- ✓ Estudo de **IBD**: fornece insights fundamentais para preservar habitats, garantir conectividade entre populações e manter a diversidade genética, essencial para a resiliência frente a mudanças ambientais.





# Conclusão

Como medir? Quais as limitações?

- ✓ **Medição IBD:** correlação entre distâncias geográficas e distâncias genéticas, por meio de amostras de DNA e o uso de marcadores moleculares, seguidos pela construção de matrizes de distância e aplicação do Teste de Mantel.

- ✓ Barreiras geográficas, complexidade histórica das populações, escalas espaciais e temporais inadequadas, e dados insuficientes podem **dificultar a detecção de padrões de IBD**.





# Referências Bibliográficas



- Lilja T, Troell K, Kirik H, Lindström A. A distinct group of north European *Aedes vexans* as determined by mitochondrial and nuclear markers. *Med Vet Entomol*. 2018 Sep 16;32(3):282–9.
- Mérot C, Berdan EL, Cayuela H, Djambazian H, Ferchaud AL, Laporte M, et al. Locally Adaptive Inversions Modulate Genetic Variation at Different Geographic Scales in a Seaweed Fly. *Mol Biol Evol*. 2021 Aug 23;38(9):3953–71.
- Liu H, Wang Z, Zhang Y, Li M, Wang T, Su Y. Geographic isolation and environmental heterogeneity contribute to genetic differentiation in *Cephalotaxus oliveri*. *Ecol Evol*. 2023 Mar 12;13(3).
- Smith TB, Weissman DB. Isolation by distance in populations with power-law dispersal. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2023 Apr 11;13(4).



**Obrigada pela vossa  
atenção.**

**Alguma questão?**

