

# Aprendizagem vocal em Aves

- **Classe Aves**
  - **Ordens de Não-Passeriformes**
  - **Ordem Passeriformes**
    - **Sub-ordem Suboscines**
    - **Sub-ordem Oscines**

# Aprendizagem vocal em Aves

- Os cantos em Passeriformes Oscines são referidos como aqueles que apresentam variações regionais e individuais com evidências de aquisição de elementos através de aprendizagem (Mundinger 1982, Kroodsma 1982, Canady *et al.* 1984, Marler 1991, Kroodsma 1996).
- Em não Passeriformes e Suboscines: estereotipados, simples, de repertórios pequenos e com variações geográficas mínimas (Silva 1995, Kroodsma 1996).

# Canto

- **Sinal de comunicação que tem como função biológica primordial o reconhecimento específico**
  - **Pode ser mediado pela aprendizagem, manifestada por variações populacionais, individuais e intra-individuais ou**
  - **inato, quando o indivíduo possui um canto funcional mesmo se criado em isolamento acústico. São geralmente estereotipados.**

# Repertório vs. Sucesso reprodutivo

- Em Oscines o sucesso reprodutivo tem sido relacionado ao tamanho de repertório de canto (Catchpole 1980, Searcy 1992, Searcy and Yasukawa 1996, Nollan and Hill 2004).
- Não é um parâmetro adequado para medir a diversidade ou monotonia do canto e sua aptidão seletiva

# Teoria da informação

- Teoria teve origem com os trabalhos de Claude E. Shannon e Warren Weaver em 1949
- Uma quantidade de informação é definida pelo logaritmo do número de escolhas disponíveis
- Quando há somente duas opções, a informação é proporcional ao logaritmo de 2 na base 2. Esta unidade de informação é chamada “bit”
- bit é a quantidade de informação necessária para informar qual entre dois eventos equiprováveis foi escolhido, representados pelo 0 e o 1.

# Justificativa

Fenômenos biológicos apresentam complexidade estrutural e funcional, irreversibilidade, diversidade de escalas temporais e imprevisibilidade.

A teoria da informação e a teoria de sistemas dinâmicos demonstraram ser poderosas ferramentas para o entendimento da complexidade biológica.

# Exemplo de como avaliar a biodiversidade

- Considere dois fragmentos de floresta (A e B) de 100 hectares
- O fragmento A está isolado e a área do entorno com grande ocupação humana
- O fragmento B está melhor preservado e apresenta continuidade com outras áreas de Mata



# Composição dos fragmentos

Total de 100 indivíduos

## Fragmento A

22



12



3



2



16



$$H = - \sum p_i \log_2 p_i$$

$$H = 2,81$$



6

1



1



20



17



# Composição dos fragmentos

Total de 100 indivíduos

## Fragmento B

15



12



13



7



9



$$H = - \sum p_i \log_2 p_i$$

$$H = 3,25$$



6

8



6



12



12



# Definições

- Se considerarmos um alfabeto composto de  $N$  símbolos com probabilidade  $p_i$  de ocorrência calculada de acordo com a frequência relativa observada experimentalmente, podemos definir como informação individual para cada símbolo  $I_i$  como:

1- 
$$I_i = \log_2 \left( \frac{1}{p_i} \right)$$

- Considerando todos os  $N$  símbolos emitidos, nós definimos o valor médio de  $I_i$  e chamamos de entropia informacional ( $E$ ).

2- 
$$E = \sum_{i=1}^N p_i I_i$$

- Entropia de 2º momento
- Entropia máxima

# Definições

- **Entropia máxima**

(3)

$$E_{\max 1} = \log_2 N$$

- **Entropia não-condicionada –  $E_1$  (2)**

a b c d a ...

- **Entropia condicionada –  $E_2$  (2)**

A nota seguinte pode ser

a, b, c, d

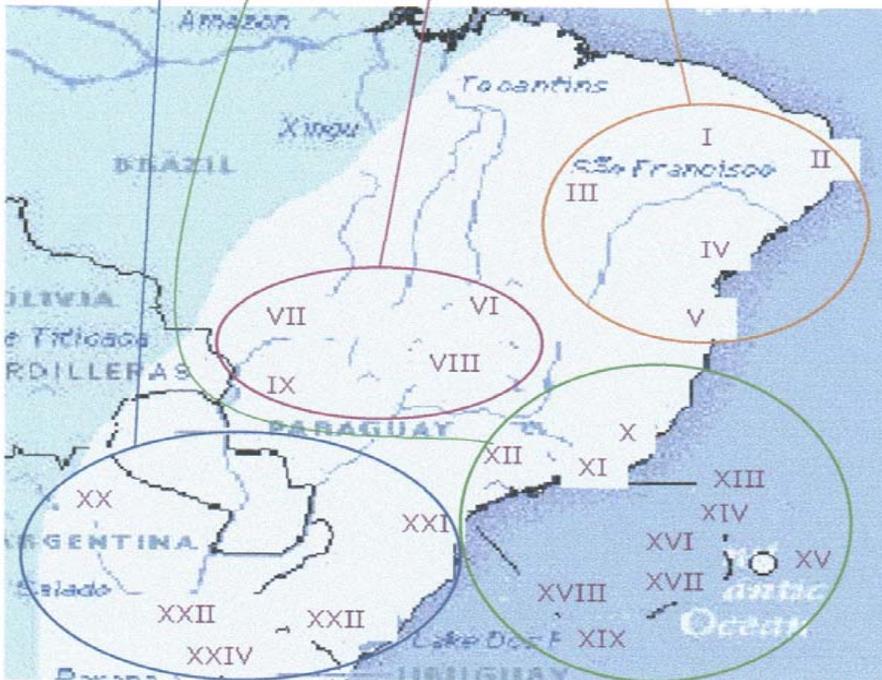
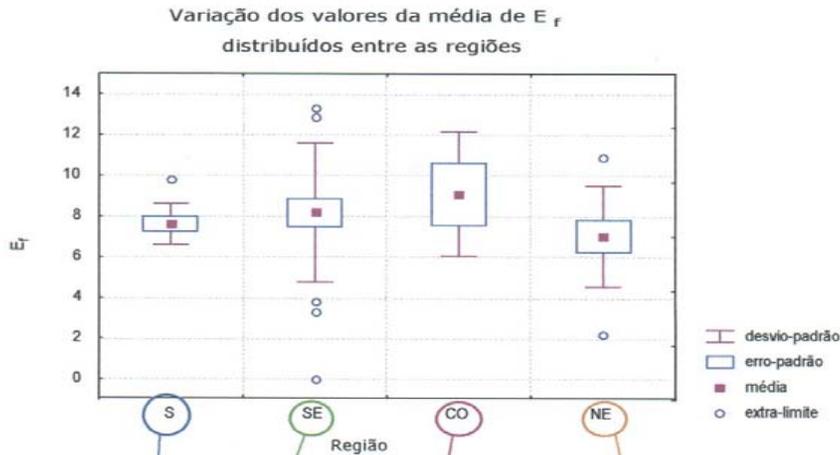
aa ... ab... ac... ad...

# Entropia

- ind 1
  - A B C D E
  - Phrases
    - 1) A B C A D A
    - 2) A C B A D E
    - 3) D A B E D A
    - 4) A B B A D A
  - $E = 2,1$
- ind 2
  - A B C D E
  - Phrases
    - 1) A A A A B C
    - 2) A A A A D E
    - 3) A A A A C C
    - 4) A A A A B C
  - $E = 1,5$

Ambos têm o mesmo repertório, porém entropias diferentes

# Distribuição de *Turdus rufiventris* e valores de entropia por região



- O valor médio de entropia é uniforme na área de distribuição da espécie, mas sua variação é menor na região Sul.

*J. theor. Biol.* (2000) 207: 57-64

# Canto versátil

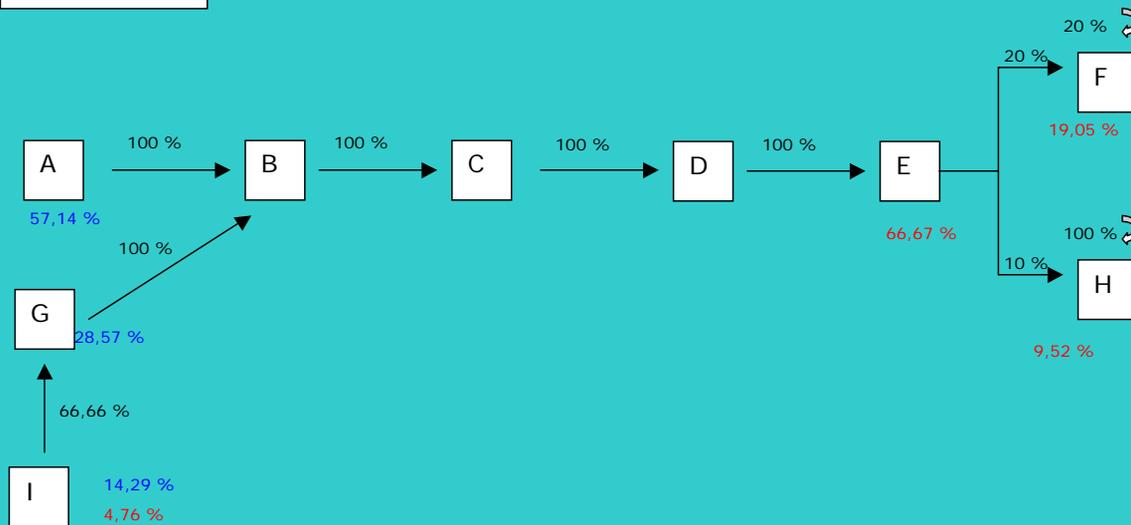


Sabiá-laranjeira *Turdus rufiventris*

Sigrist (1995) *del.*

# Sabiá-laranjeira: canto do indivíduo 4 Itabuna, BA

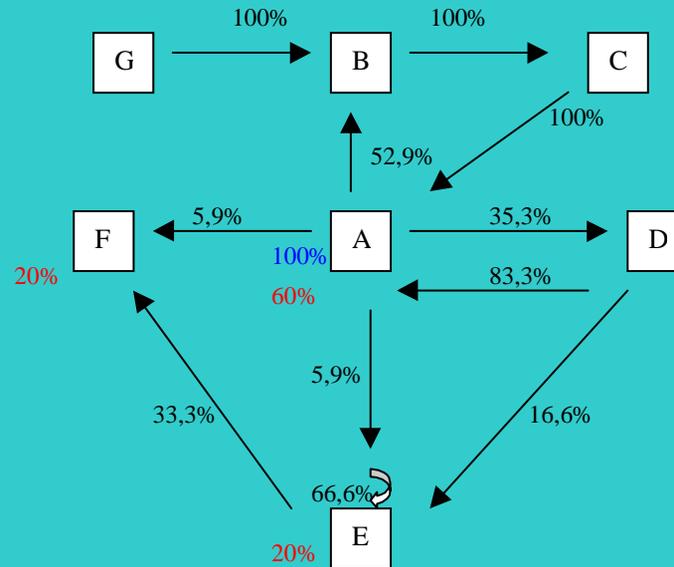
Indivíduo 4



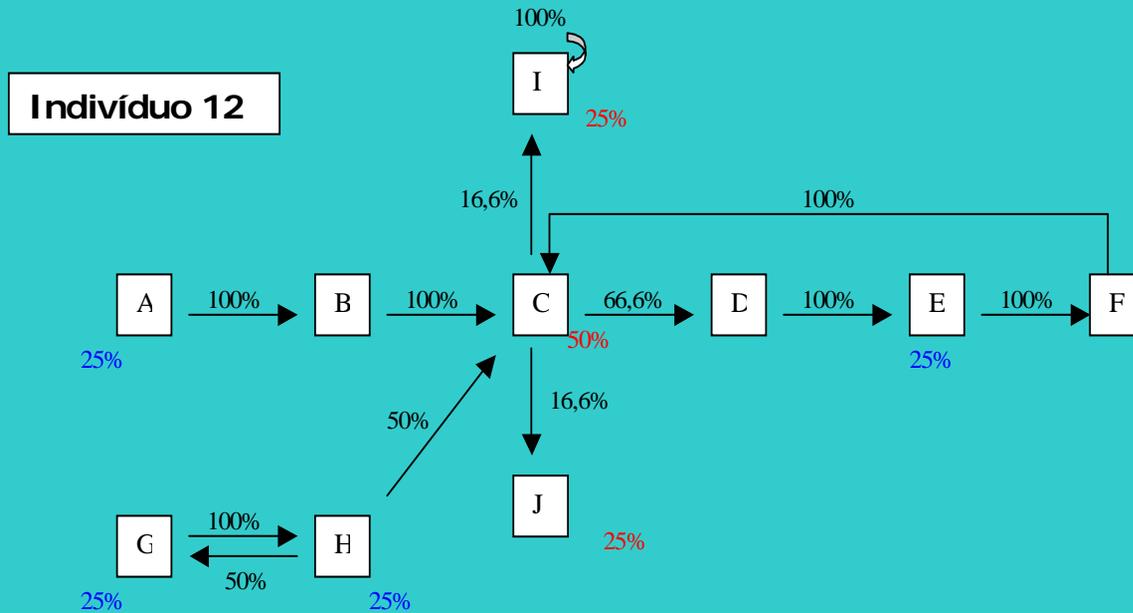
# Sabiá-laranjeira: canto do indivíduo 8

## São Paulo, SP

Indivíduo 8

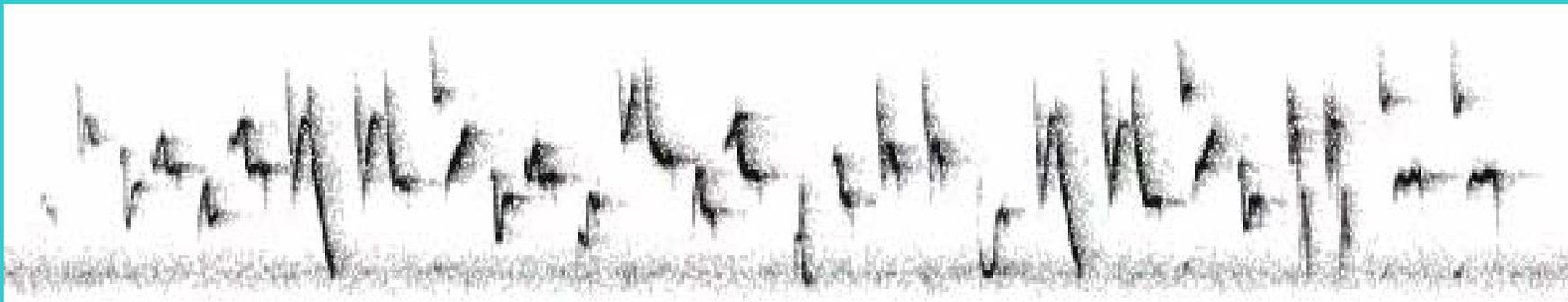
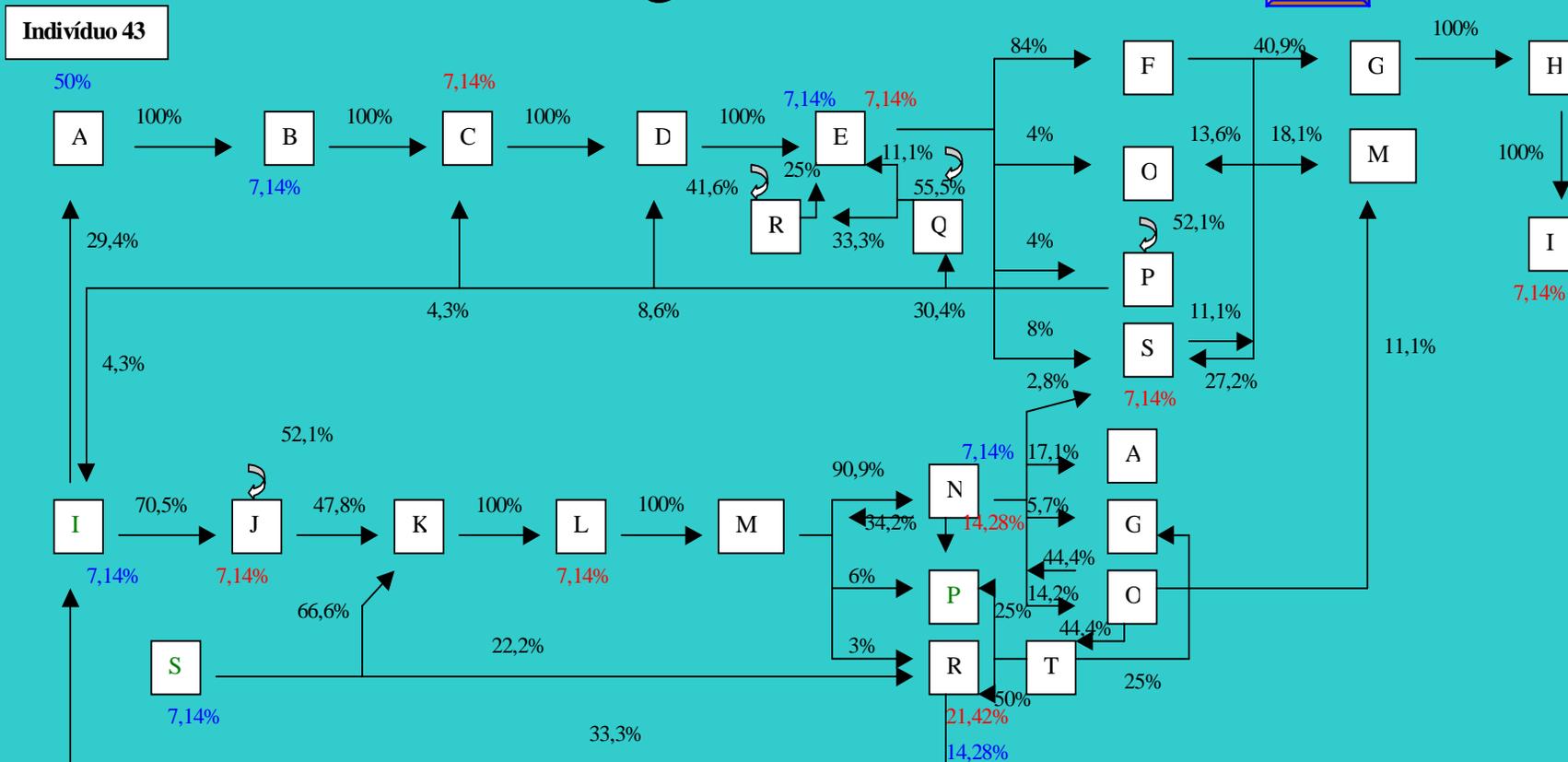


# Sabiá-laranjeira: canto do indivíduo 12 Palmas, PR



# Sabiá-laranjeira: canto do indivíduo 43

## Caraguatatuba, SP



# Os Sabiás do Brasil: quatro espécies sintópicas



*Turdus albicollis*  
Sabiá-coleira



*Turdus leucomelas*  
Sabiá-fogueteira



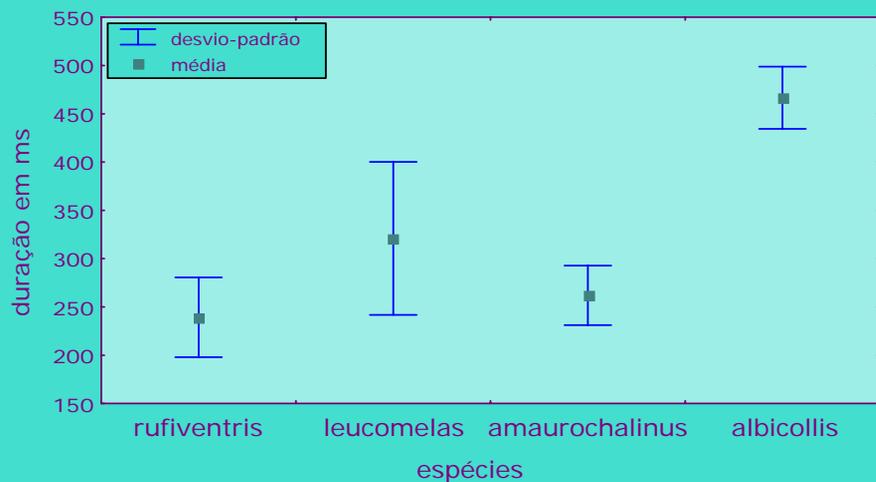
*Turdus rufiventris*  
Sabiá-laranjeira



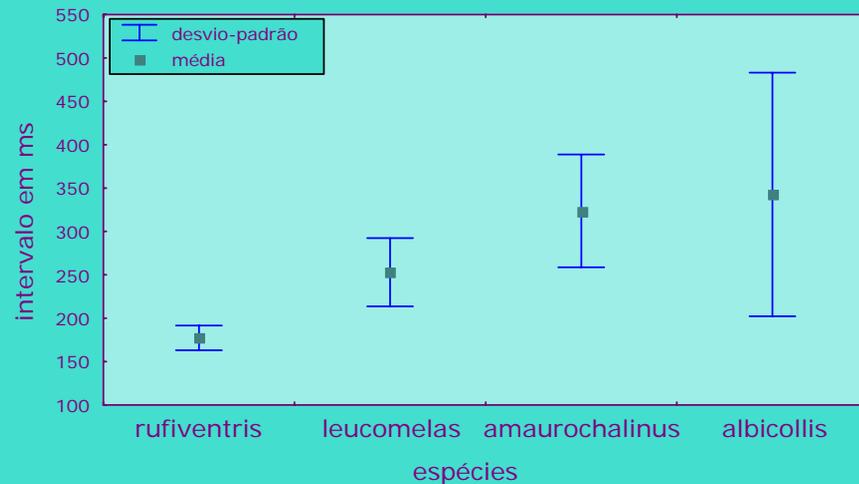
*Turdus amaurochalinus*  
Sabiá-poca

# Variação dos parâmetros temporais e de frequência para quatro espécies do gênero *Turdus*

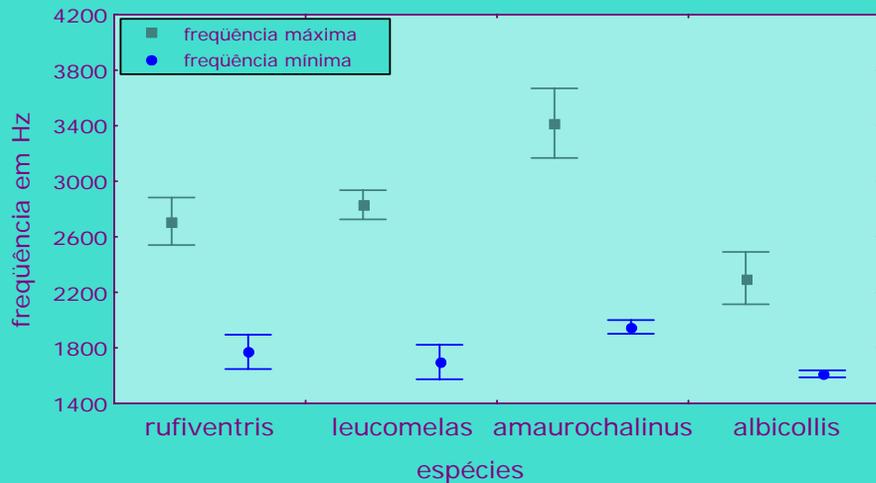
## Duração das notas



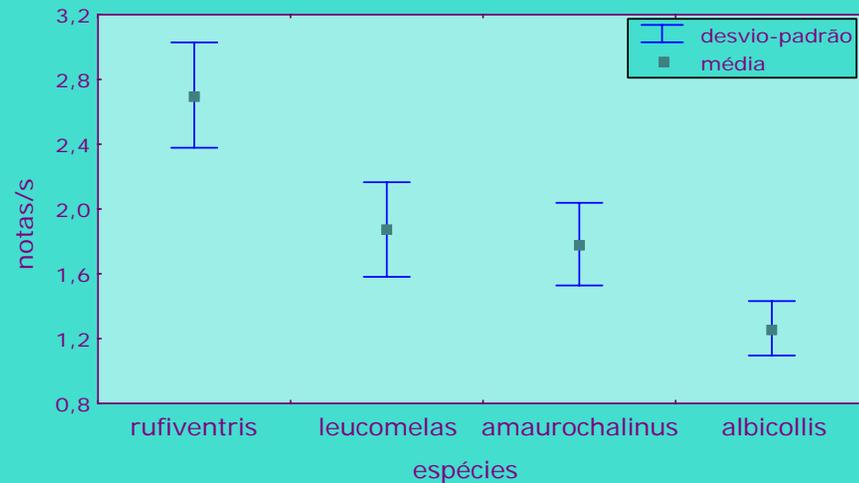
## Valores do intervalo de tempo entre as emissões



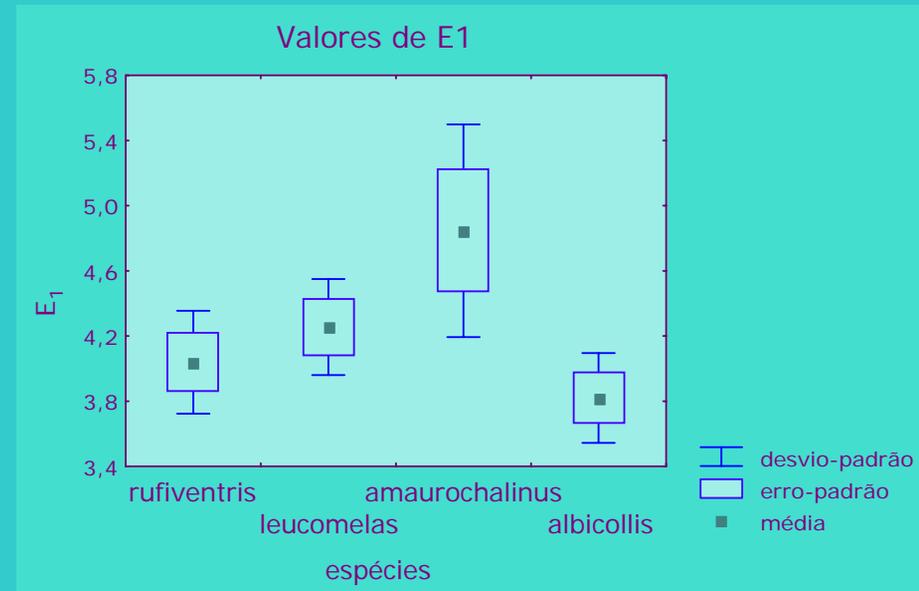
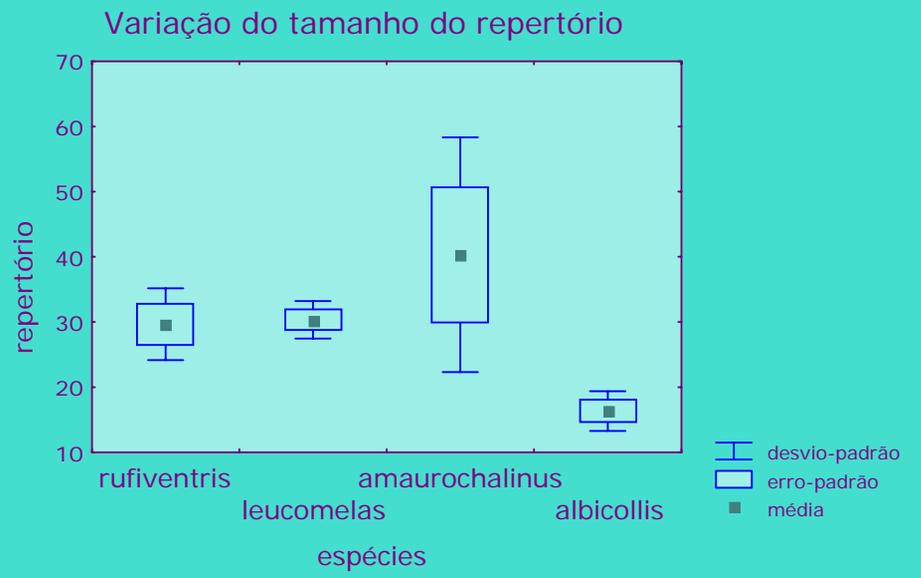
## Valores das frequências máximas e mínimas



## Número de notas emitidas por segundo



# Variação do tamanho de repertório e dos valores de entropia para quatro espécies do gênero *Turdus*

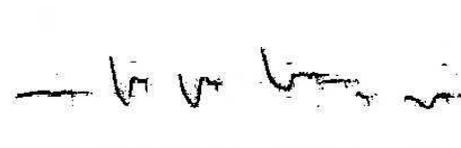


# Os Sabiás do Brasil: quatro espécies sintópicas

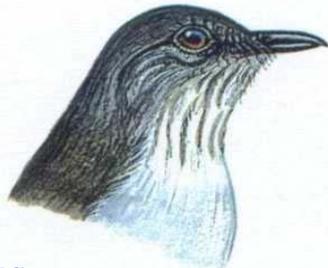
*Turdus albicollis*  
Sabiá-coleira



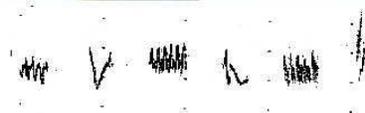
*Turdus rufiventris*  
Sabiá-coleira



*Turdus leucomelas*  
Sabiá-fogueteira



*Turdus amaurochalinus*  
Sabiá-poca



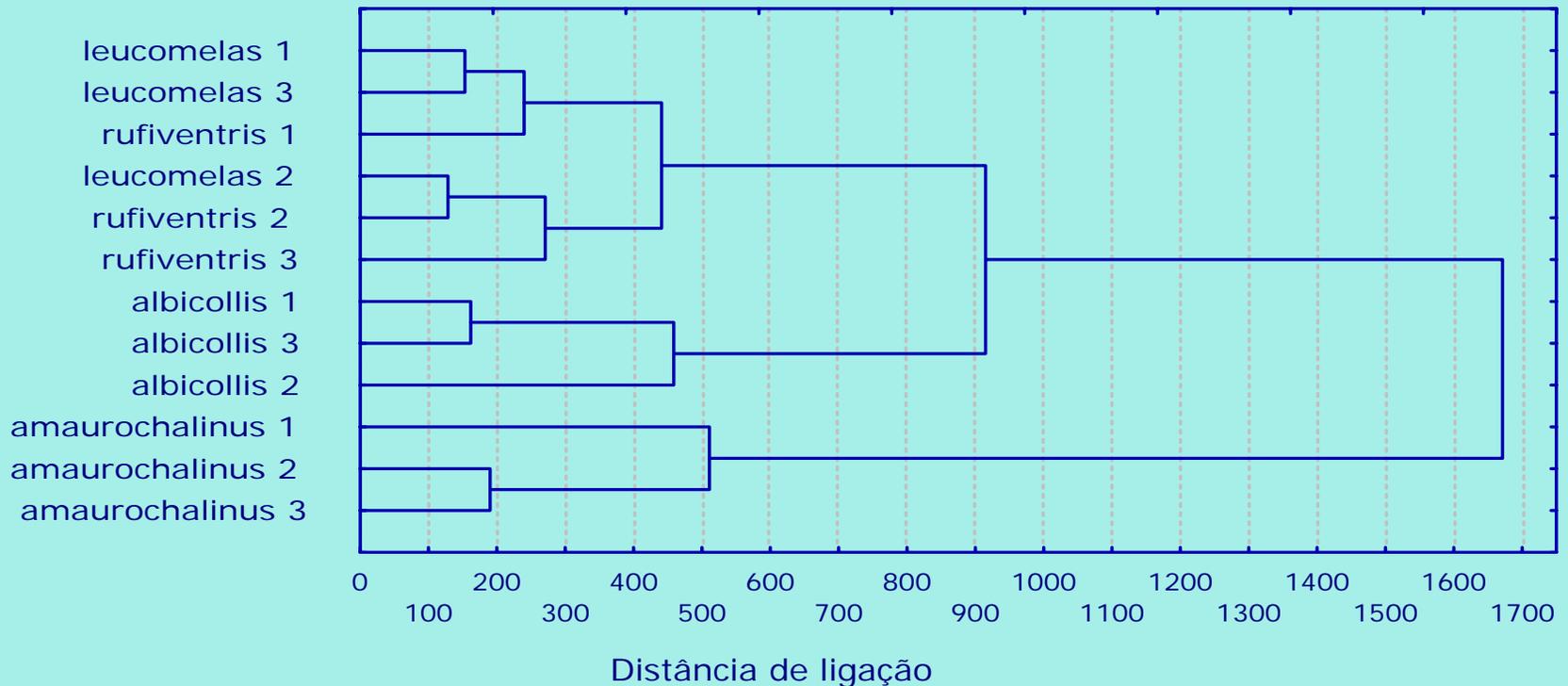
# Dendrograma das quatro espécies sintópicas do gênero *Turdus*.

## Análise de conglomerados

Complete linkage - distância euclidiana

Parâmetros temporais, de frequência,

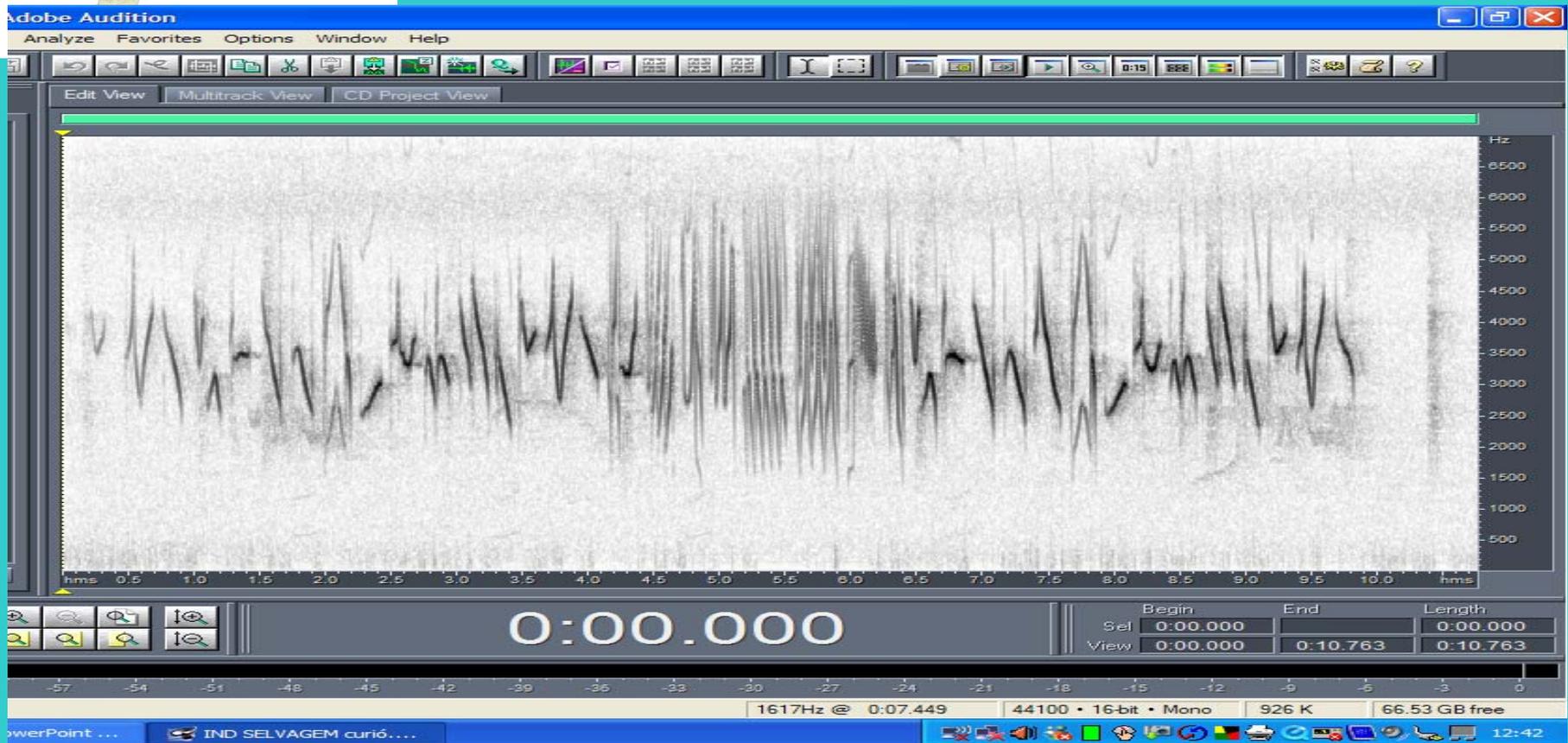
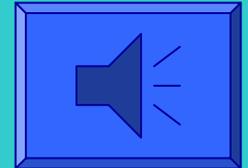
$E_1$ ,  $E_{\max 1}$ ,  $E_1/E_{\max 1}$  e  $E_f$



# O caso do Curió



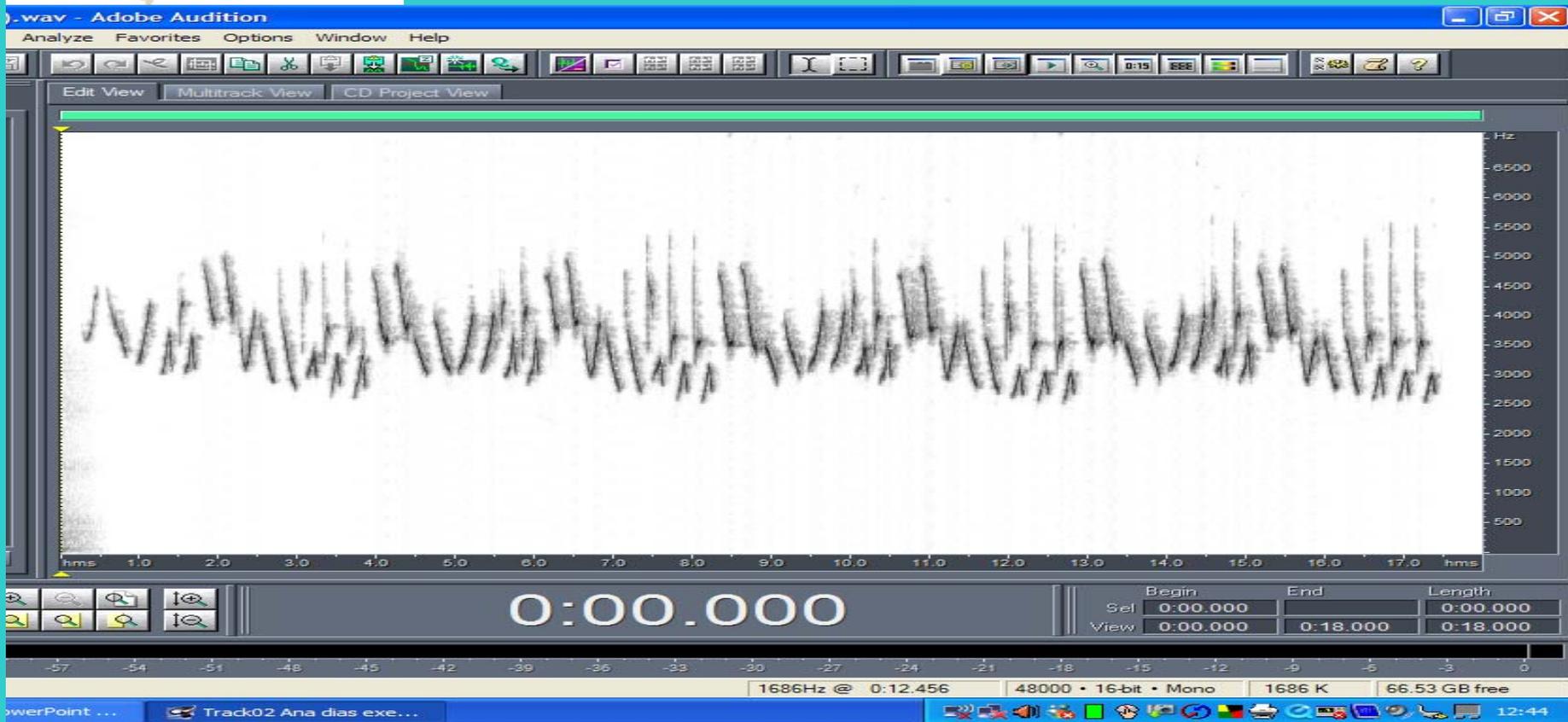
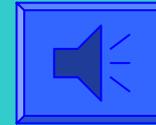
selvagem



*Oryzoborus angolensis*

# O caso do Curió

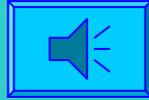
Praia Grande Clássico – Ana Dias



*Oryzoborus angolensis*

# Canto em beija-flores

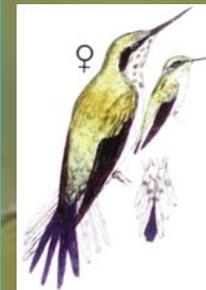
*Topaza pella*



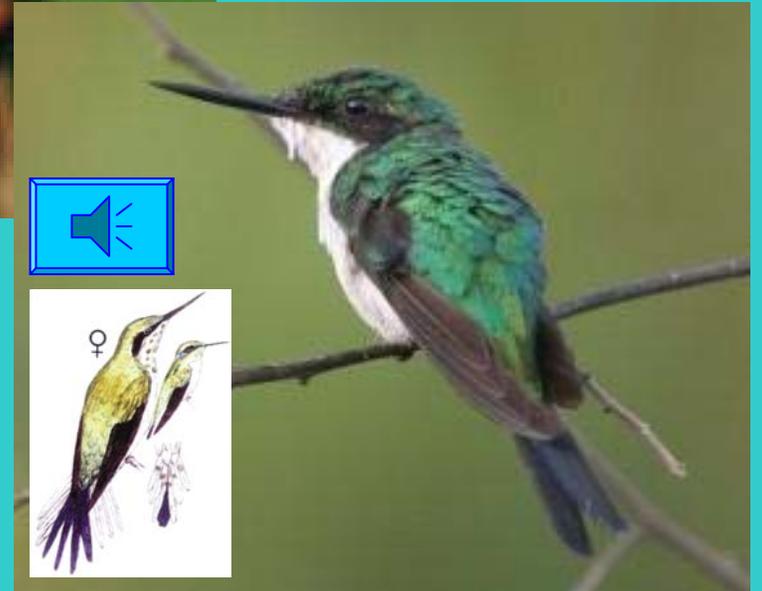
Acreditava-se no predomínio da comunicação visual



*Thalurania furcata*



*Heliathryx aurita*

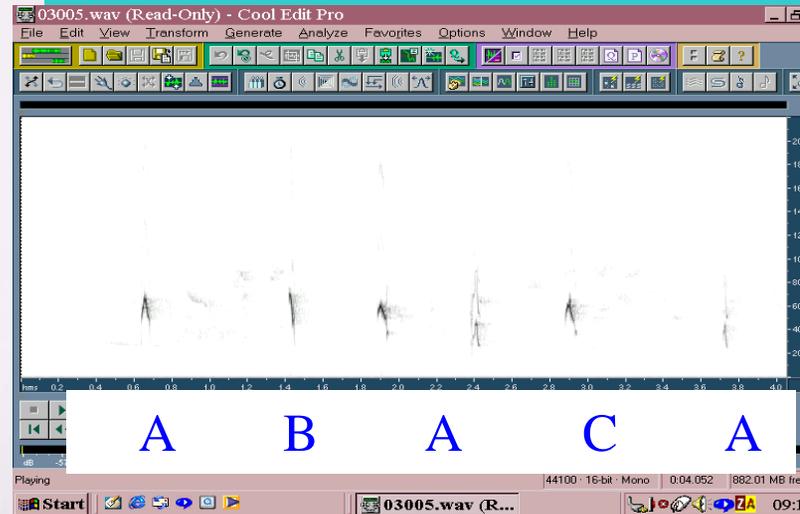
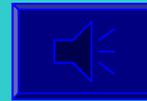


# Evidências de aprendizagem vocal em Beija-flores

- *Phaethornis longuemareus* P. guy - Wiley 1971, Snow 1977
- *P. eurynome*, *P. pretrei*, *Colibri serrirostris* e *Augastes lumachellus* - Vielliard, 1983
- *Calypte anna* - Mirsky 1976, Baptista and Schuchmann 1990,
- *C. coruscans* e *C. thalassinus* - Gaunt et al. 1994
- *Lampornis clemenciae* - Ficken et al. 2000.
- *Glaucis hirsuta* e *Aphantochroa cirrhochloris* - Jarvis et al. 2000
- *Lampornis amethystinus* - Ornelas et al. 2002

# *Colibri serrirostris*

White-vented Violetear - Beija-flor-de-orelha-violeta



# Material e métodos

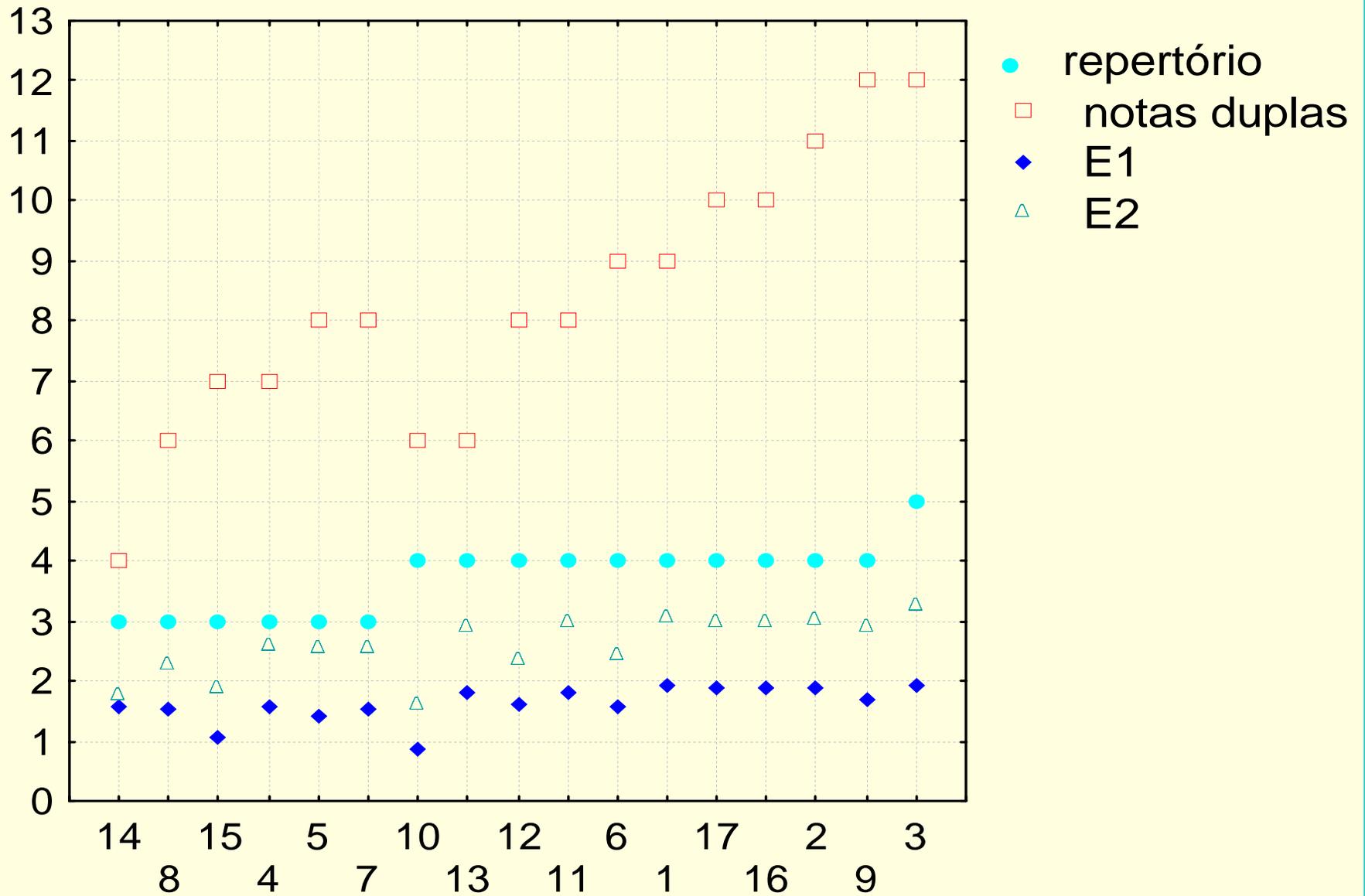
- Gravações de 17 indivíduos
- 10 localidades
- Avisoft SASLab Pro 4.3
- ASN UNICAMP e LOBio
- Cálculo da entropia condicionada e não-condicionada

# Localidades

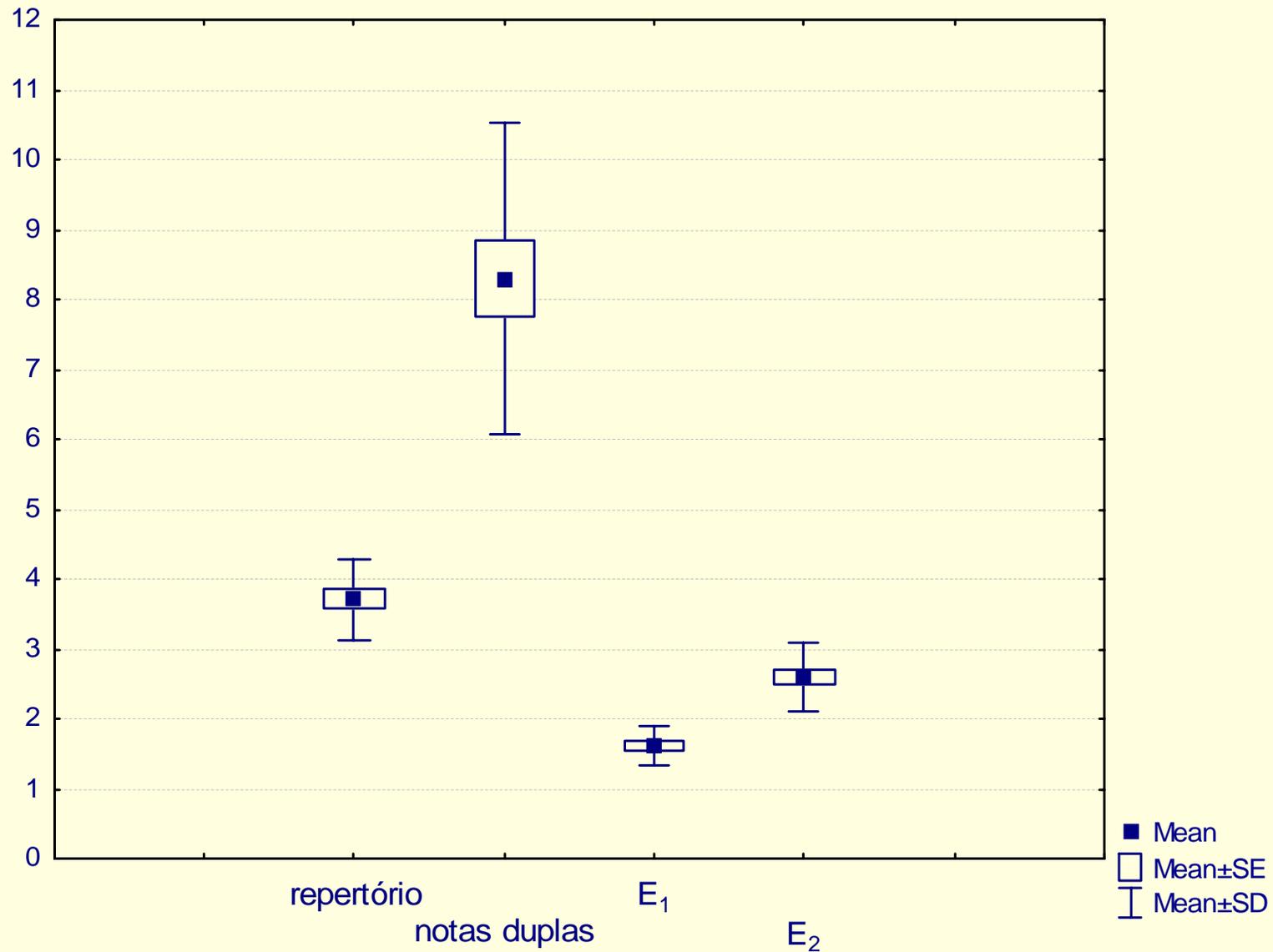


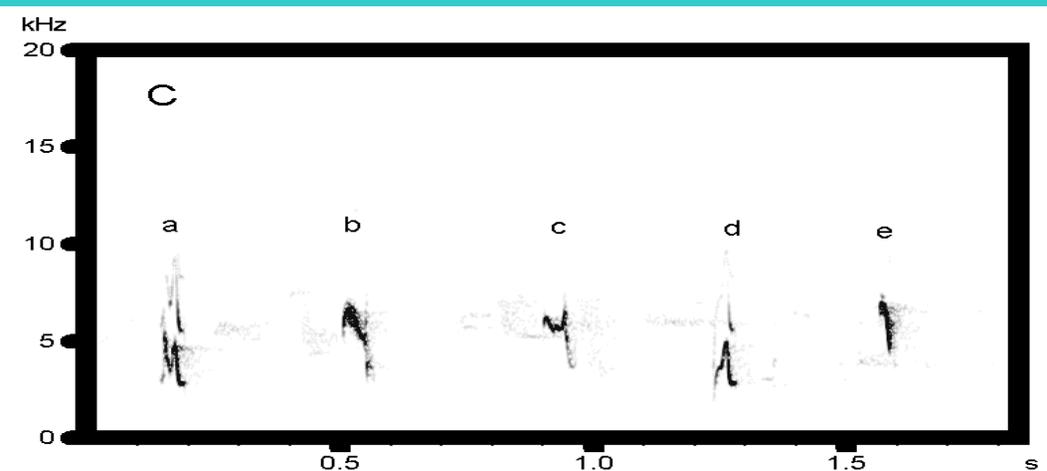
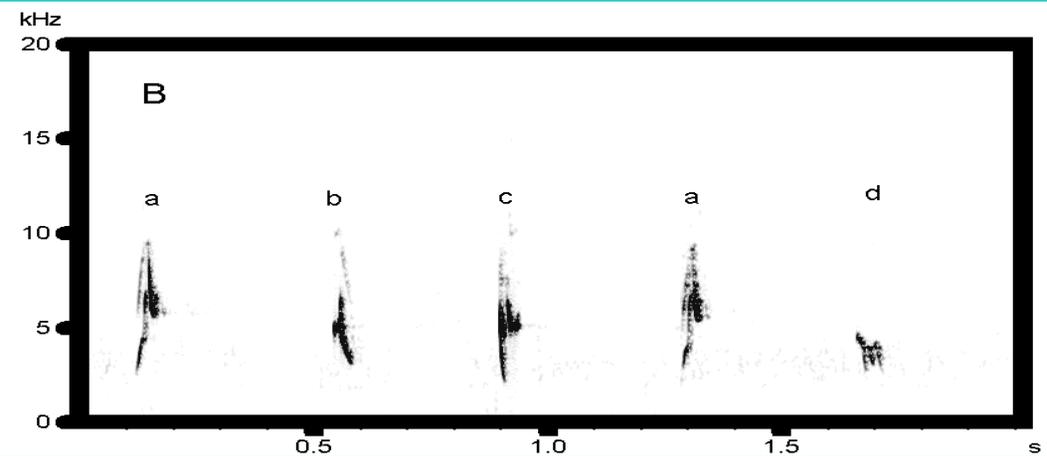
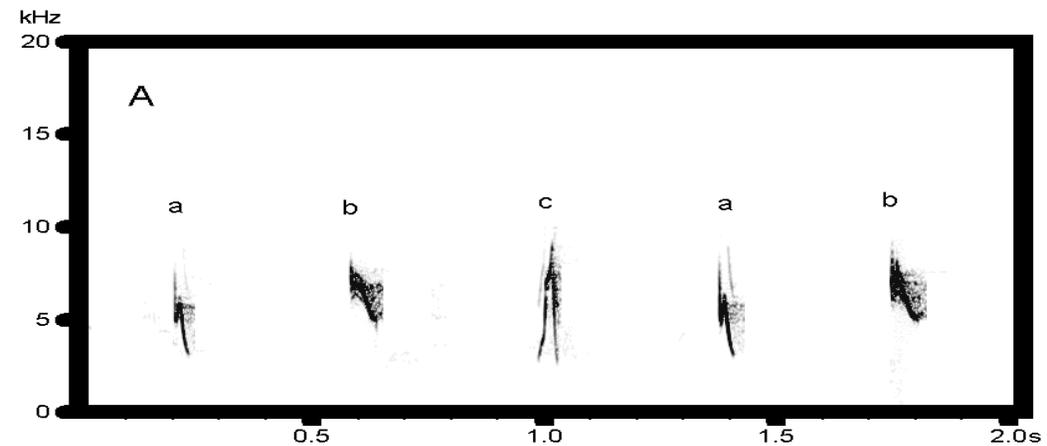
ind.	localidade
4	Palmeiras, BA
16	“ “
17	“ “
10	Mucugê, BA
11	“ “
12	“ “
13	“ “
8	Brasilia, DF
5	Diamantina, BA
6	“ “
14	Mineiros, GO
15	“ “
3	Santa Teresa, ES
2	Santa Leopoldina, ES
1	Itatiaia, RJ
7	Campinas, SP
9	Palmeira, PR

# Resultados



# Resultados





# Exemplos

- A – ind 4 - 3 tipos de notas em seqüências regulares
- B – ind 4 tipos de notas em seqüências variadas
- C – ind. 3 – 5 tipos de notas em seqüências imprevisíveis

# Compartilhamento de notas entre vizinhos

- Ind. 10
- Repertório = 4
- Notas duplas = 6
- E1 = 0,88
- E2 = 1,60
- Ind. 11
- Repertório = 4
- Notas duplas = 8
- E1 = 1,79
- E2 = 2,97

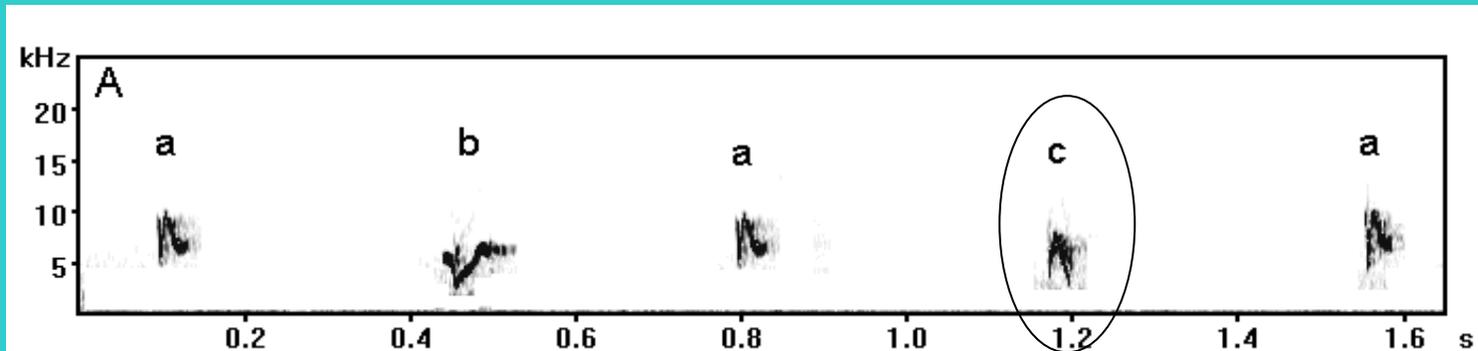
Ind. 10 e Ind. 11 - As seqüências são diferentes e compartilham somente uma nota

# Compartilhamento de notas entre vizinhos

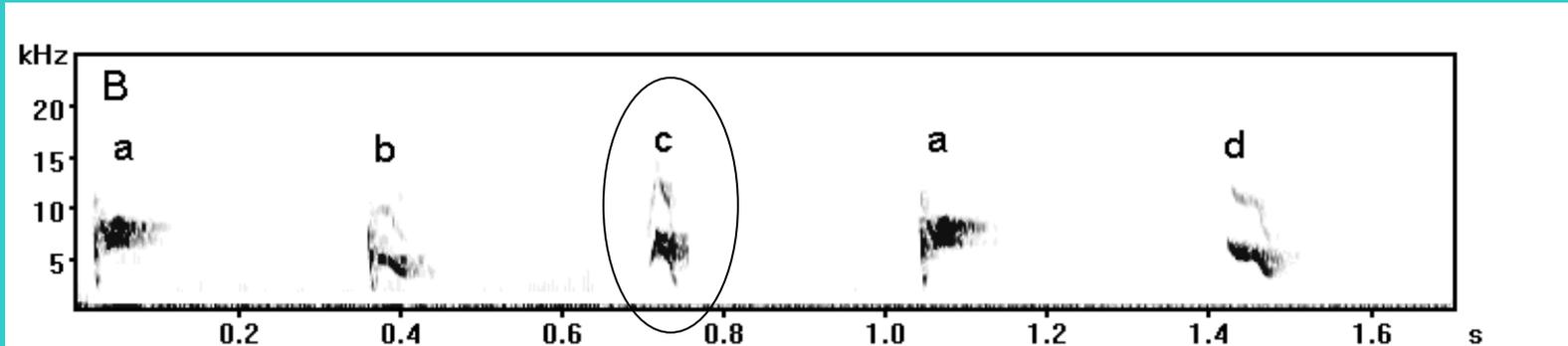
- Ind. 16
  - Repertório = 4
  - Notas duplas = 10
  - E1 = 1,90
  - E2 = 2,99
- Ind. 17
  - Repertório = 4
  - Notas duplas = 10
  - E1 = 1,87
  - E2 = 2,98

Ind. 16 e Ind. 17 - As seqüências são diferentes, as entropias altas e todas as notas são compartilhadas

# Compartilhamento de notas entre vizinhos

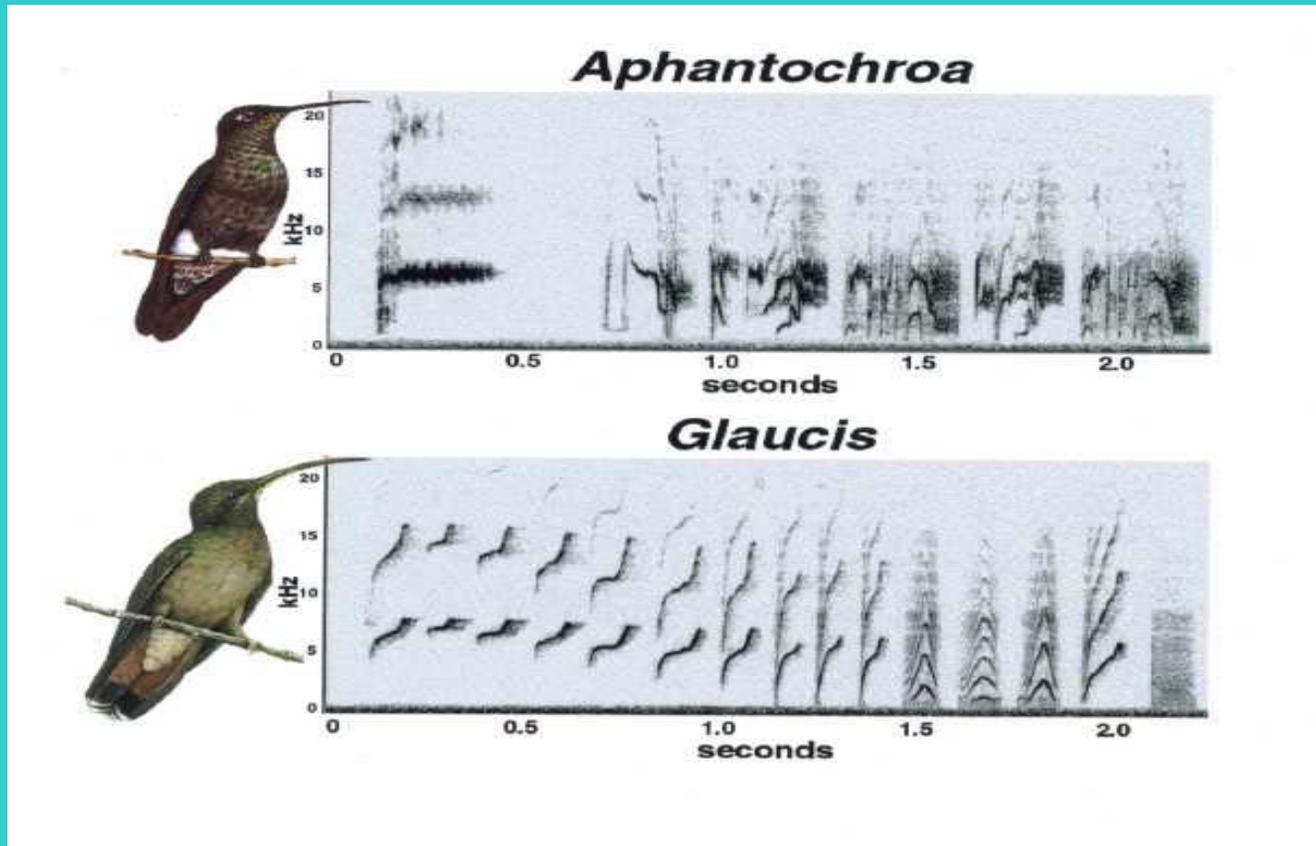


Ind. 10 – Mucugê, BA



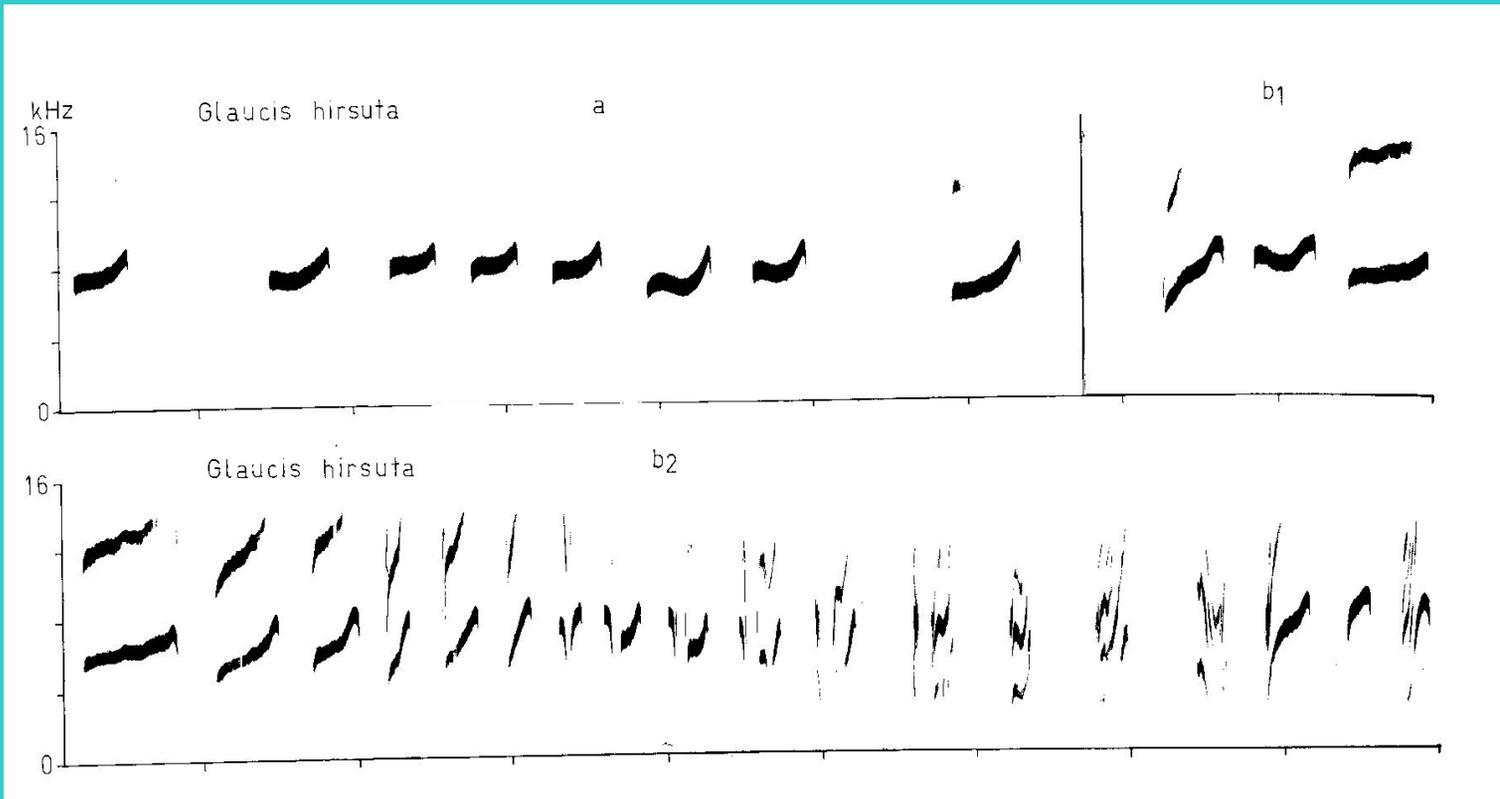
Ind. 11 – Mucugê, BA

# Aprendizagem em beija-flores



*Nature* (2000) 406 (6796): 628-632

# Canto de *Glaucis hirsuta*



natural



meia  
velocidade

# Conclusões

- Os princípios da Teoria da informação permitem uma análise objetiva da estrutura de cantos complexos de aves
- O repertório não é suficiente para análise da complexidade do canto: com o mesmo repertório pode-se chegar a entropias diferentes

# Conclusões

- $E_1$  mostra tanto o repertório quanto à proporção na qual é emitido
- $E_2$  mostra a versatilidade do canto, o número e a proporção de duas notas consecutivas. Indivíduos de cantos repetitivos mostrarão valores baixos de  $E_2$
- Os indivíduos podem ser identificados pela estrutura das notas do seu repertório e pela seqüência de emissão.

# Conclusões

- Compartilhamento de notas é raro, porém existe e isto implica em aprendizagem vocal.
- A variabilidade individual dos tipos de nota e seqüências mostram que há capacidade de criação, habilidade pouco conhecida entre as aves.
- Estas conclusões são válidas para quaisquer casos de sinais complexos de comunicação sonora