

**Universidade Estadual do Rio Grande do Sul**  
**BACHARELADO EM GESTÃO AMBIENTAL:**  
**BIOINDICADORES AMBIENTAIS**  
**Sessão 7**

Professor Antônio Ruas

- Bioindicadores de reação em comunidades ecológicas.
- Índices de Diversidade.
- Índices de Shannon e Simpson.
- Exercício complementar.
- Ecotoxicologia aquática, parte I.

- **1. Comunidades ecológicas.**
- Comunidades ecológicas são as associações de várias espécies num determinado habitat.
- A comunidade ecológica também é chamada de Biocenose.
- Pressupõe que há interações tróficas e energéticas entre as populações no habitat.
- O termo Sinecologia indica o estudo de comunidades ecológicas.
- Estes conceitos são importantes no estudo dos Bioindicadores Ambientais, porque a reação observada no habitat pode ser, exatamente, a perda da diversidade na área.

- **1. Comunidades ecológicas.**
- Conceitos e medidas clássicas na Sinecologia são a Riqueza de espécies, a Diversidade e a Equitabilidade ou Equilíbrio.
- Os Índices de Diversidade permitem uma avaliação das perturbações causadas por poluição, contaminação ou destruição dos habitats. Neste caso, todos os componentes escolhidos da Comunidade Ecológica são bioindicadores de reação combinados.

-

## • **1. Comunidades ecológicas.**

- Uma das questões mais difíceis para estas pesquisas é a escolha de quais espécies serão consideradas.
- No caso dos bioindicadores aquáticos, a escolha dos macrorganismos bentônicos se justifica pelo compartilhamento do habitat, da suposição de interações ecológicas e da suposição de que a poluição reduz ou elimina espécies no habitat.
- Índices de Diversidade são usados em vários contextos e com bioindicadores em vários meios. Vamos usar o exemplo de formigas em ambiente terrestre e dois índices: Shannon e Simpson, para diversidade e equitabilidade.

## • 2. Índice de Shannon.

- Um índice de diversidade fornece mais informações do que a composição de espécies que é a Riqueza. Leva em conta a abundância de cada espécie também e permite avaliar a estrutura.
- Para o de Shannon, considera-se o seguinte para a fórmula:

H	Índice de Diversidade de Shannon
S	Riqueza, o n <sup>o</sup> de espécies na comunidade
p <sub>i</sub>	Proporção de cada espécie
E <sub>H</sub>	Índice de Equitabilidade de Shannon

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

- 2. Índice de Shannon.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

- Observa-se que é um somatório da proporção de cada espécie que contribui para a Riqueza, utilizando-se um resultado que combina o logaritmo natural desta proporção. Acima do símbolo de somatório está o S de Riqueza e abaixo, a indicação de que inicia-se com a primeira espécie. O negativo na fórmula indica que haverá uma multiplicação por (-1).
- A **Equitabilidade** que vai indicar o equilíbrio tem outra fórmula:

- **2. Índice de Shannon.**

- $$E_H = H / H_{\max} = H / \ln S$$

- A **Equitabilidade** , codificada por  $E_H$ , vai indicar o equilíbrio e tem esta outra fórmula que está acima.  $H_{\max}$  é o valor máximo do índice de diversidade e é igual ao logaritmo natural de  $S$  (riqueza).

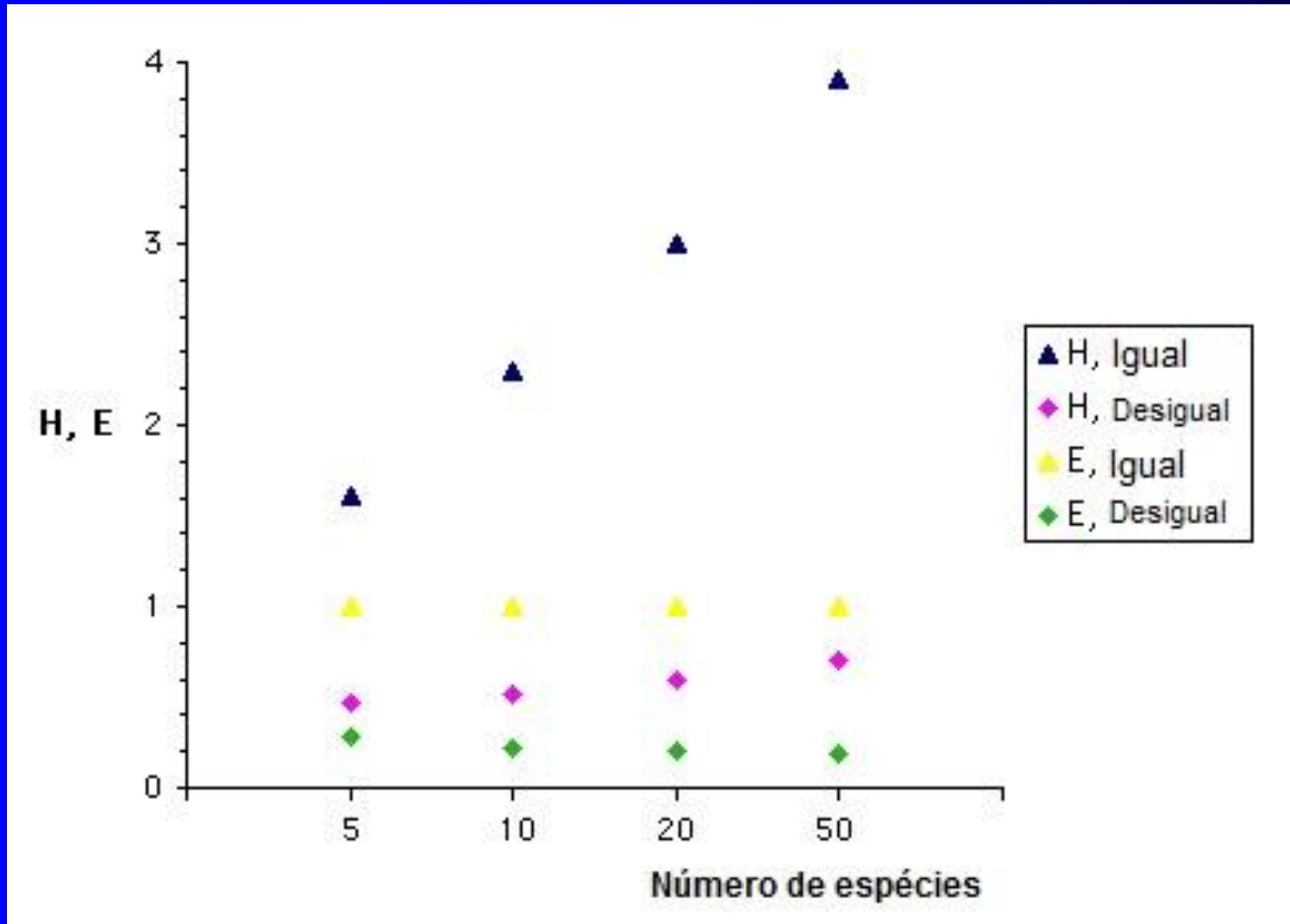
- **2. Índices de Shannon: influências.**
- Observa-se na figura a seguir as variações e influências sobre os índices de Shannon,  $H$  e  $E_H$ . Hipoteticamente, são 4 comunidades ecológicas, compostas de 100 indivíduos.
- Cada uma tem na Riqueza 5, 10, 20 e 50 espécies respectivamente.
- Os símbolos nas linhas marcadas como “**Igual**” indicam que as proporções observadas entre os indivíduos das espécies foram iguais, ao contrário daqueles marcados com “**Desigual**”, onde uma das espécies contou com 90% dos indivíduos e as restantes são equivalentes na proporção. Esta espécie que predomina em proporção é chamada de dominante.



- **2. Índices de Shannon: influências.**
- 
- No primeiro caso  $E_H$  é igual a 1,0 sempre, mas  $H$  aumenta conforme aumenta dramaticamente o  $n^o$  de espécies. No 2º caso,  $H$  aumenta lentamente e  $E_H$  diminui lentamente conforme aumenta o  $n^o$  de espécies.
- Claramente os Índices de Shannon fornecem muito mais informação do que a Riqueza isoladamente.

## 2. Índices de Shannon: influências.

- Figura 1: Variações de  $H$  e  $E_H$  conforme avaliações distintas.



- Fonte: Professor.

- **2. Índices de Shannon: exemplo hipotético.**
- Concebeu-se uma avaliação de diversidade e equitabilidade com bioindicadores macroinvertebrados bentônicos. Houve identificação de espécies, mas no exemplo, elas estão denominadas de forma mais simples, com números em cada grupo, Coleoptera 1, Trichoptera 2, etc.
- A comparação proposta é de 3 arroios, sendo que os índices estão calculados no primeiro caso com o uso do Excel. Propõem-se como exercício que as demais tabelas em Excel sejam completadas e os índices calculados. Totais, proporções, Ln e outras partes do cálculo são fáceis de organizar nas planilhas do Excel.

• 2. Índices de Shannon: exemplo hipotético: Tabela 1. Fonte: Professor.

Arroio 1	NºEspécimes	Proporção	Ln	Prop x Ln	
Coleoptera 1	20	0,114286	-2,16905	-0,24789	
Coleoptera 2	15	0,085714	-2,45674	-0,21058	
Hemiptera 1	10	0,057143	-2,8622	-0,16355	
Trichoptera 1	30	0,171429	-1,76359	-0,30233	
Ephemeroptera 1	25	0,142857	-1,94591	-0,27799	
Plecoptera 1	30	0,171429	-1,76359	-0,30233	
Chironomidae 1	20	0,114286	-2,16905	-0,24789	
Annelida 1	10	0,057143	-2,8622	-0,16355	
Annelida 2	10	0,057143	-2,8622	-0,16355	
Syrphidae 1	5	0,028571	-3,55535	-0,10158	
Total	175			-2,18125	2,181252
Riqueza	10		2,302585		
Diversidade de Shannon					2,181252
Equitabilidade de Shannon					0,947306

• **2. Índices de Shannon: exemplo hipotético. Tabelas 2 e 3. Fonte: Professor.**

Arroio 2	Espécimes	Proporção
Coleoptera 1	10	0,064935
Coleoptera 2	5	0,032468
Hemiptera 1	5	0,032468
Trichoptera 1	2	0,012987
Ephemeroptera 1	1	0,006494
Plecoptera 1	1	0,006494
Chironomidae 1	50	0,324675
Annelida 1	20	0,12987
Annelida 2	30	0,194805
Syrphidae 1	30	0,194805
Total	154	
Riqueza	10	
Diversidade de Shannon		
Equitabilidade de Shannon		

Arroio 3	Espécimes
Coleoptera 1	2
Coleoptera 2	1
Hemiptera 1	1
Trichoptera 1	1
Ephemeroptera 1	1
Plecoptera 1	1
Chironomidae 1	60
Annelida 1	30
Annelida 2	40
Syrphidae 1	80
Total	217
Riqueza	10
Diversidade de Shannon	
Equitabilidade de Shannon	

### • 3. Índices de Simpson.

- Para o de Simpson, considera-se o seguinte para a fórmula:

<b>D</b>	Índice de diversidade de Simpson
<b>S</b>	Riqueza
<b>p<sub>i</sub></b>	Proporção de cada espécie
<b>E<sub>D</sub></b>	Equitabilidade

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$$

- Nesta fórmula, o que se observa é o cálculo da recíproca do somatório das proporções elevadas ao quadrado, sendo mais simples de calcular que o de Shannon. A Equidade de Simpson codificada com  $E_D$  tem a fórmula a seguir.

### • 3. Índices de Simpson.

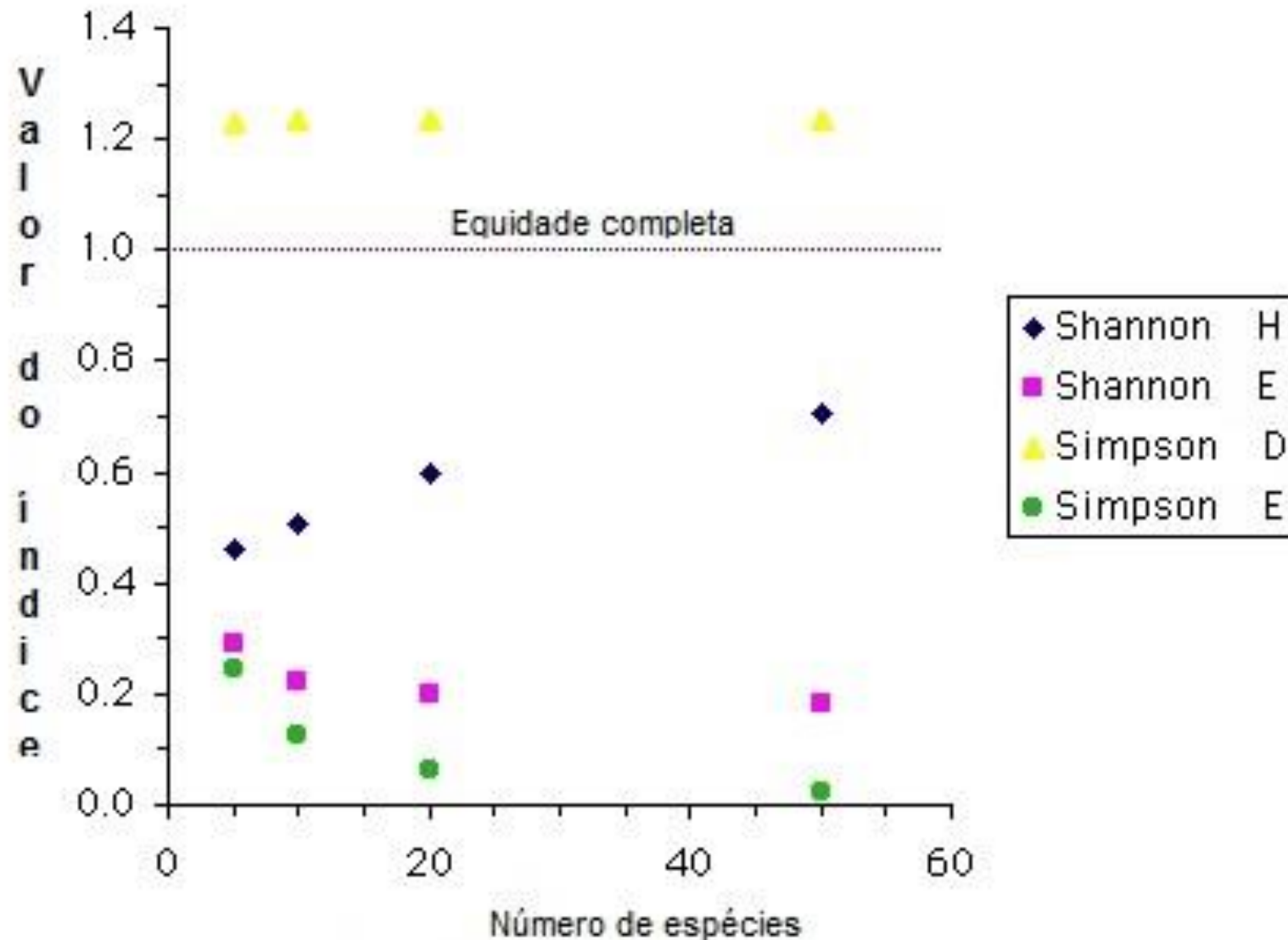
$$E_D = \frac{D}{D_{\max}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^S N_i^2} \times \frac{1}{S}$$

• Nesta fórmula, observa-se que a Equidade de Simpson é calculada com a divisão do Índice D pelo Índice Máximo  $D_{\max}$ , que é resolvido como  $1/S$ , também chamado de recíproca da Riqueza.

- Nos índices de Simpson, o valor de D é muito dependente da Equidade  $E_D$ . Por outro lado, se  $E_D$  é constante, D aumenta com a Riqueza. Assim, os índices são mais dependentes entre si. Na prática ambos devem ser calculados e discutidos.
- Vamos observar estas variações a seguir na situação de uma espécie dominante, que conta com proporção de 90% dos espécimes coletados.

## 2. Índices de Simpson: influências.

- Figura 2: Variações de  $H$ ,  $E_H$ ,  $D$  e  $E_D$  na situação “desigual”. Fonte: Professor.





- **4. Ecotoxicologia aquática.**

- Inicaremos nesta parte do tópico que vai abordar avaliações ecotoxicológicas com organismos-teste, com definições de **Ecotoxicologia.**

- Para Butler, "a ciência preocupada com os efeitos tóxicos de agentes químicos e físicos sobre organismos vivos, especialmente sobre populações e comunidades dentro de ecossistemas definidos, incluindo os destinos e interações desses agentes no ambiente" (1978). A ecotoxicologia aquática segue estes princípios, aplicados ao ambiente aquático.

- A ecotoxicologia aquática distingue-se da avaliação geral da qualidade da água, com ou sem bioindicadores, por que usa padrões toxicológicos, expressos em testes de ecotoxicidade. Esses testes são feitos em laboratório e consistem em exposição de organismos teste a poluentes específicos ou combinados.

- **5. Exercício.**

- Para os grupos praticarem um dos índices, o de Shannon, solicita-se que completem as tabelas 2 e 3 onde há dados hipotéticos de uma avaliação com macroinvertebrados bentônicos, já resolvido na tabela 1.
- Sugere-se que estas tabelas sejam copiadas no Excel e acrescentadas novas colunas para os cálculos que são simples.
- A proporção é o quociente entre o número de espécimes de cada grupo e o total de espécimes. A seguir esta decimal é convertida para Ln. O Excel tem a função Ln. Ainda há a multiplicação entre proporção e Ln e este somatório é o primeiro índice!