

## Qual Índice de Diversidade Usar?

### *What Diversity Index Should be Used?*

- <sup>1</sup> Mauro Sergio Cruz Souza Lima  
<sup>2</sup> Carlos Albertos dos Santos Souza  
<sup>3</sup> Jonas Pederassi [jonaspederassi@yahoo.com.br](mailto:jonaspederassi@yahoo.com.br)

- 
- <sup>1</sup> Universidade Federal do Piauí, UFPI.  
<sup>2</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF.  
<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ; Museu Nacional, MN.

#### **Resumo**

Neste artigo são apresentados os axiomas dos principais índices de diversidade, que são explicados através de exemplo prático de seu uso para entendimento de graduandos de Ciências Biológicas e áreas afins. Essa abordagem metodológica permite ao estudante compreender o fundamento do valor gerado, podendo fazer uso de softwares específicos, porém com conhecimento básico para uso criterioso de seus resultados.

#### **Abstract**

*In this paper the main axioms of diversity indices used in ecology are shown. Afterwards, they are explained through practical examples which ensure the comprehension by graduate students of Biology and related fields. This approach allows the students to understand the bases of the generated value in the index, which will improve their capacity of using specific softwares with a correct interpretation of the generated results.*

#### **Palavras-chave**

Amostragem de espécies; diversidade biológica; ecologia numérica.

#### **Keywords**

*sampling species; biological diversity; numerical ecology*

---

#### **Como você deve citar?**

LIMA, Mauro Sergio Cruz Souza; SOUZA, Carlos Albertos dos Santos; PEDERASSI, Jonas. Qual Índice de Diversidade de Usar? **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, n. 30, p. 129-138, abr. 2016.

Submetido em: 23/02/2016. Avaliado em: 19/03/2016. Publicado em: 10/04/2016.

## 1 INTRODUÇÃO

O pesquisador pouco experiente, diante das miríades bibliográficas a que está submerso, fica perdido quanto ao método que melhor qualifica e afere a diversidade de sua área de estudo. O assunto parece estar esgotado, pois muitas são as obras que versam sobre Índices de Diversidade (MARGALEF, 1983; MARTINS & SANTOS, 1999; VERBERK W, 2012). No entanto, é infinita a possibilidade de formular índices de diversidade (MOLINARI, 1996), inclusive alguns artigos tiveram como público-alvo estudantes e pesquisadores poucos experientes (DIAS, 2004; MELO, 2008), porém os aspectos matemáticos e os axiomas que exigem cada Índice de Diversidade não foram explorados, de forma a permitir o entendimento daqueles que não detêm boa formação em matemática.

Um sistema axiomático é formado por axiomas e teoremas que são deduzidos a partir dele. O teorema corresponde à afirmação que pode ser verdadeira através de operações e argumentos matemáticos, cujo corolário é a consequência direta, isto é, em um sistema axiomático formal, as premissas aceitas são regras (LANCON, 2004).

A palavra diversidade, qualidade ou estado do que é diverso ou diferente (AULETE, 2015), é utilizada nos mais diversos casos, devido a sua ampla aplicabilidade, mas, no presente, isolamos o termo para o sentido *lato* Biodiversidade, que corresponde à riqueza de espécies, equabilidade de espécies e, por conseguinte, Índices de Diversidade.

A escolha da medida de diversidade é direta, quando os objetivos do estudo estão delineados com respectivos métodos amostrais (MAGURRAN, 1988). De acordo com Dias (2004), uma forma de delinear o objetivo com o modelo amostral a ser utilizado é considerar: como se quantifica o grupo amostral, quais são os métodos matemáticos que aferem o objeto de estudo e quais são os principais métodos utilizados para inventariar o grupo animal ou vegetal em estudo.

A análise da diversidade constitui dois elementos principais: medida da riqueza de espécies (MCINTOSH, 1967) e Heterogeneidade que associam riqueza e uniformidade (GOOD, 1953). A uniformidade, equidade ou equabilidade são a assembleia hipoteticamente esperada, na qual se apresenta completamente uniforme ou se representa algum padrão alcançável de equabilidade (LLOYD & GHELARDI, 1964).

Segundo Melo (2008), a ausência de critérios para a escolha do índice de diversidade e mesmo a arbitrariedade de escolha são fatores que dificultam a formulação de preditores lineares de regressão e análise de variância, devendo o pesquisador fazer uso de índices de riqueza e de equabilidade de forma separada.

Ainda que Dias (2004) e Melo (2008) tenham apresentado estudos com o objetivo de sanar várias dúvidas que assolam os pesquisadores inexperientes, entendemos que o presente trabalho contribuirá para melhor adequação da escolha do índice de diversidade com o conhecimento dos elementos que compõem matematicamente os índices e seus respectivos axiomas.

## 2 DIVERSIDADE PARAMÉTRICA

Testes paramétricos incidem diretamente sobre um parâmetro de uma ou mais populações e pressupõe uma distribuição normal das populações (GOTELLI & ELLISON, 2011). A diversidade  $\alpha$  é a propriedade espacial definida, enquanto a diversidade  $\beta$  é o quanto duas, ou mais, unidades espaciais diferem intrinsecamente (WHITTAKER, 1960). A diversidade  $\alpha$  é um ajuste logarítmico de distribuição, onde,  $S$  é o número de espécies e  $N$  o número total de indivíduos desde que  $N/S > 1,44$  e  $S > \alpha$ , isto é,  $x$

> 0,9 e tende a 1,0 e nunca o ultrapassa. Segundo Peet (1974), o pressuposto matemático deve estar entre o intervalo  $N/S \leq 1,44$  e  $X \leq 0,05$ .

A diversidade  $\alpha$  e  $\beta$  são dependentes na escala com correlação positiva, isto é, o aumento da unidade amostral resultará no aumento da diversidade  $\alpha$  (MAGURRAN, 1988 & 2011). As categorias ou classes de diversidades podem ser consideradas intra-amostrais, dentro do próprio habitat – diversidade  $\alpha$  (alfa); interamostrais, entre habitats dentro do ecossistema – diversidade  $\beta$  (beta); intrapaisagens, entre ecossistemas – diversidade  $\gamma$  (gama); interpaisagens, biogeográfica – diversidade  $\delta$  (delta) (modificado de WHITTAKER, 1972).

A Diversidade interquartil, Estatística Q (KEMPTON & TAYLOR, 1974) está atrelada à curva cumulativa de abundância de espécies e a inclinação interquartil é utilizada para medir a diversidade de forma análoga à diversidade  $\alpha$  (MAGURRAN, 2011).

A Diversidade Interquartil Q pode ser obtida através da equação 1 para dados empíricos (MAGURRAN, 2011).

$$Q = \frac{\frac{1}{2}n_{R1} + \sum_{R1+1}^{R2-1} n_{R2} + \frac{1}{2}n_{R2}}{\ln\left(\frac{R2}{R1}\right)} \quad (1)$$

n = número total de espécies com abundância R, onde R são os quartis (25%; 75%).

Segundo Kempton & Wedderburn (1978), a Estatística Q apresenta resultados tendenciosos, quando as espécies são listadas abaixo dos 50% da amostra. Para Magurran (2011), é um método simples de fácil interpretação que poderia ser mais amplamente utilizado por ecólogos.

### 3 DIVERSIDADE NÃO PARAMÉTRICA

Testes não paramétricos não estão condicionados por qualquer distribuição de probabilidades dos dados em análise, contrariamente aos paramétricos, que, no mínimo, exigem distribuição normal (GOTELLI & ELLISON, 2011). Para Magurran (2011), são considerados “medidas não paramétricas da diversidade”: índice de Shannon; índice de Brillouin; índice de Simpson; índice de Berger & Parker. O índice de Shannon-Weaver muito referido é errôneo, pois se trata de equívoco em razão de publicação de livro, cujos autores Weaver e Shannon, em 1949, apresentaram com o referido índice de Shannon, porém o índice foi desenvolvido independentemente (KREBS, 2013; MAGURRAN, 2011).

Dentre os métodos mais usuais para mensuração da diversidade, ainda, podemos citar os índices de diversidade de Margalef e o de MacArthur. O índice de Margalef (d) destaca-se por apresentar maior facilidade operacional, pois considera que todas as espécies estão uniformemente distribuídas. Por conseguinte, a relação linear entre o número de espécies e o logaritmo do número de indivíduos indica regularidade de distribuição. A regularidade do método é logarítmica, onde as abundâncias distintas de espécies ordenadas se aproximam de uma progressão geométrica. O método de mensuração da diversidade proposto por Margalef (1983) é expresso pela equação 2:

$$d = \frac{(S - 1)}{\ln N} \quad (2)$$

MacArthur (1955) estabeleceu que o comprimento dos segmentos ( $S$ ) traçados por pontos ( $S-i$ ), aleatoriamente sobre uma reta, representam ( $n$ ) espécies e que a largura entre os pontos é proporcional ao número de indivíduos das respectivas espécies, isto é, os segmentos podem ser ordenados sobre a largura decrescente das ordenadas sendo calculados os limites de distribuição de indivíduos que ocupam o lugar ( $r$ ), cuja equação 3 é:

$$p_r = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^r \frac{1}{s-i+1} \quad (3)$$

O índice de Brillouin não possui variância e, sendo assim, não é necessário nenhum teste estatístico para demonstrar diferenças significativas (MAGURRAN, 1988 & 2011). Considerando que os índices de diversidades são desenvolvidos a partir de princípios axiomáticos, independente de qualquer teste estatístico, o índice de Brillouin é o índice que melhor satisfaz esses axiomas (LAXTON, 1978). Alguns autores entendem que o índice de Brillouin não pode ser utilizado, quando as medidas corresponderem à produtividade ou massa (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983; KREBS, 2013). Para Pielou (1966), ocorre boa robustez do método, para quando as comunidades são conhecidas ou quando a amostra não é desconhecida, motivo pelo qual, mormente, o método é utilizado para mensurar a diversidade parasitária (CHAVES & LUQUE, 1999; ALVES & LUQUE, 2006; PARAGUASSÚ & LUQUE, 2007; LUQUE et al., 2008).

O índice de Brillouin guarda outra dificuldade, uma vez que depende da obtenção do logaritmo natural do fatorial de valores acima de 69, exigindo a utilização da aproximação de Stirling (DUTRA, 1995; OLIVEIRA et al., 1998; LIMA & BATISTA, 2010; ZAR, 2010). É robusto, mas pouco utilizado por ecólogos, em virtude do tempo de cálculo e familiaridade (MAGURRAN, 2011). A Equação 4 que o define recebe o nome do autor e foi proposta em 1956 (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998):

$$HB = \frac{\ln N! - \sum \ln n_i!}{N} \quad (4)$$

Berger & Parker (1970) estabeleceram uma medida de domínio que corresponde à percentagem máxima de uma contagem de espécie em uma amostra, isto é,  $D_d = P_{\max}$ , cuja equação 5 ficou definida por:

$$d = \frac{N_{\max}}{N} \quad (5)$$

Podemos dizer que se trata de uma correlação negativa, pois, na medida em que reduz a dominância de uma espécie, ocorre o aumento da diversidade. Para Magurran (2011), em biocenoses maiores que 100, ( $d$ ) é independente de ( $S$ ), mas em assembleias inferiores decresce concomitantemente com o crescimento da riqueza de espécies.

O índice de Shannon pressupõe que, durante a amostra aleatória para uma biocenose infinita, todas as espécies são amostradas. Portanto, a correlação amostral é positiva, isto é, o número de diferentes classes de parcelas aumenta à medida que a distribuição de áreas entre diferentes classes de parcelas se torna equitativas (KREBS, 2013; MAGURRAN, 2011).

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (6)$$

$p_i$  é desconhecido e estimado através do estimador de verossimilhança ( $n/N$ ), produzindo resultado tendencioso em situações em que a proporção de espécie representadas na amostra decai (PEET, 1974). O resultado do estimador de Shannon corresponderá ao intervalo 1,5 e 3,5, produzindo valores acima de 4,0 em situações excepcionais em que a amostra é alta (MARGALEF, 1983).

O índice de Simpson considera a proporção do total de ocorrências de cada espécie, isto é, quanto menor é a diversidade, maior é o valor de  $D$ . Esse índice aproxima seu resultado de zero, quanto maior for a riqueza de espécies distribuídas equitativamente (ÁLVAREZ *et al.*, 2006). O índice captura a variância da distribuição da abundância de espécies, fazendo dele um dos mais significativos e robustos métodos de medida de diversidade disponível (MAGURRAN, 2011). A equação proposta por Simpson calcula a probabilidade de amostras aleatórias incluírem dois indivíduos quaisquer como pertencentes à mesma espécie (SIMPSON, 1949).

$$D = \sum p_i^2 \tag{7}$$

#### 4 COMPREENDENDO OS AXIOMAS

Para o entendimento dos axiomas que compõem os índices de diversidade que avaliamos neste estudo, utilizamos exemplo proposto por Magurran (2011) (Tabela 1). Para efeito de compreensão dos elementos axiomáticos e o corolário matemático das equações, utilizamos planilha eletrônica Excel®.

Tabela 1 - Exemplo de dados dispostos em planilha Excel® para uso em índices de diversidade.

	A	B
1	<i>Luzula sylvatica</i>	170
2	<i>Deschampia flexuosa</i>	140
3	<i>Vaccinium myrtillus</i>	133
4	<i>Oxalis acetosella</i>	63
5	<i>Molinia caerulea</i>	52
6	<i>Polytrichum formosum</i>	38
7	<i>Holcus lanatus</i>	37
8	<i>Rhytiadelphus triquetrus</i>	33
9	<i>Antoxanthus doratum</i>	33
10	<i>Pteridium aquilinum</i>	29
11	<i>Potentillo erecta</i>	20
12	<i>Thuidium tamoriscinum</i>	15
13	<i>Spagnum acutifolium</i>	15
14	<i>Agrostis tenuis</i>	14
15	<i>Juncus effusus</i>	13
16	<i>Dicranum majus</i>	11
17	<i>Blechnum spicant</i>	10
18	<i>Rhytiadelphus squarrosus</i>	9
19	<i>Sphagnum palustre</i>	8
20	<i>Calluna vulgaris</i>	7
21	<i>Hypnum cupressiforme</i>	6
22	<i>Holcus monis</i>	6
23	<i>Rhytiadelphus brevis</i>	4
24	<i>Dryoptera dilatata</i>	4
25	<i>Pseudocleropodium purum</i>	3
26	<i>Mnium hornum</i>	3
27	<i>Gallium saxatile</i>	3
28	<i>Carex flexuosa</i>	3
29	<i>Poa trivialis</i>	2
30	S	29
31	N	884

Fonte: dos autores.

### 4.1 Diversidade interquartil, Estatística Q

$$Q = (1/2 n_{R1} + \sum_{i=1}^{R-1} (R1 + 1)^i (R2 - 1)^{R-i} [n_{R2} + 1/2 n_{R2}]) / \ln(R2/R1) \tag{8}$$

Classificar a amostra através da ferramenta; classificar; filtrar ordenando a amostra de 2 a 179; estabelecer a frequência absoluta através da função (=CONT.SE(B2:B30;"=2")), sucessivamente até o término da construção da coluna de frequência absoluta; posteriormente, construir a coluna de frequência acumulada, isto é, o somatório da frequência 1 com a frequência 2; sucessivamente até o término da coluna de frequência absoluta (Figura 1). Depois de organizada a planilha, podemos submeter os dados aos pressupostos da fórmula que exige que sejam estabelecidos o quartil da amostra. O quartil estatístico pode ser obtido através da função (=QUARTIL(D2:D22;1)), onde: 1 é o quartil mínimo, 2 é o primeiro quartil (25%), 3 o quartil mediano (75%) e 4 o valor máximo. Considerando os ajustes básico, aplica-se a fórmula:

$$Q = \frac{0,5 * 2,5 + 11 + 0,5 * 2,5}{\ln(\frac{33}{6})} = 7,91 \tag{9}$$

Figura 1 - Planilha Excel® exemplificando a construção da diversidade interquartil.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			Frequência Absoluta	Frequencia Acumulada	Quartil						
2	<i>Poa trivialis</i>	2	1	1	11	Quartil mínimo		0	1		
3	<i>Pseudocleropodium purum</i>	3	4	5	17,5	Segundo Quartil		10	5		
4	<i>Mnium hornum</i>	3	2	7	23,5	Terceiro Quartil		20	7		
5	<i>Gallium saxatile</i>	3	2	9	28	Valor Máximo		30	9		
6	<i>Carex flexuosa</i>	3	1	10				40	10	2,5	
7	<i>Rhytidadelphus brevis</i>	4	1	11				50	11		
8	<i>Dryoptera dilatata</i>	4	1	12				60	12		
9	<i>Hypnum cupressiforme</i>	6	1	13				70	13		
10	<i>Holcus monis</i>	6	1	14				80	14		
11	<i>Calluna vulgaris</i>	7	1	15				90	15	11	
12	<i>Sphagnum palustre</i>	8	2	17				100	17		
13	<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	9	1	18				110	18		
14	<i>Blechnum spicant</i>	10	1	19				120	19		
15	<i>Dicranum majus</i>	11	2	21				130	21		
16	<i>Juncus effusus</i>	13	1	22				140	22		
17	<i>Agrostis tenuis</i>	14	1	23				150	23		
18	<i>Thuidium tamoricinum</i>	15	1	24				160	24		
19	<i>Spagnum acutifolium</i>	15	1	25				170	25		
20	<i>Potentillo erecta</i>	20	1	26				180	26	2,5	
21	<i>Preridium aquilinum</i>	29	1	27				190	27		
22	<i>Rhytidadelphus triquetrus</i>	33	1	28				200	28		
23	<i>Antoxanthus doratum</i>	33									

Índices de Diversidade de Margalef  
Fonte: dos autores.

Nesse caso, basta submetermos os dados da Tabela 1 à equação, onde: S é o total de espécies e N o número de indivíduos que compõem a amostra.

#### Índice de MacArthur

$$p_r = 1/S \sum_{i=1}^r (i-1)^{r-1} / (s-i+1) \tag{10}$$

Mais uma vez, basta submetermos os dados da Tabela 1 à equação:

$$p_r = 0,034 \sum_{i=1}^r \frac{1}{s-i+1} \therefore p_r = 0,034 * 33,77 \therefore P_r = 1,16 \tag{11}$$

### Índice de Brillouin

$$HB = \ln \left[ \frac{N!}{\sum_{i=1}^N n_i!} \right] / N \quad (12)$$

Para efeito de cálculo, utilizamos a metodologia em planilha eletrônica proposta por Lima & Batista (2010), cujo resultado é  $HB = 1,37$ .

### Índice Berger & Parker

$$d = N_{max}/N \quad (13)$$

Submetendo os dados da Tabela 1 à equação composta pelo N e a espécie mais abundante amostrada.

$$d = \frac{170}{884} \therefore d = 0,19 \quad (14)$$

### Índice de Shannon

$$H' = - \sum_{i=1}^N [p_i \ln p_i] \quad (15)$$

Submetendo os dados da Tabela 1 ao índice de Shannon, temos:

$$H' = - \sum \frac{n}{N} \ln \frac{n}{N} \therefore H' = 1,15 \quad (16)$$

### Índice de Simpson

$$D = \sum_{i=1}^N p_i^2 \quad (17)$$

Submetendo os dados da Tabela 1 ao índice de Simpson, temos:

$$D = \sum \left( \frac{n}{N} \right)^2 \therefore D = 0,10 \quad (18)$$

Ao utilizarmos a mesma planilha de dados para exemplificação do uso dos índices de diversidade propostos para análise no presente estudo, não foram consideradas as regras que determinam a escolha do índice, como, por exemplo, o índice de Brillouin, que está adequado às amostras conhecidas. Porém, utilizamos o mesmo exemplo para que o estudante perceba a variação dos resultados (Tabela 2) e se certifique de buscar todas as informações causais e pressupostos amostrais contemplados no corolário de cada método. Do contrário não passarão de respostas matemáticas que não permitirão o embasamento ecológico que interprete os resultados.

Tabela 2 - Variação numérica nos resultados dos Índices de Diversidade avaliados.

Estadística Q	Margalef	MacArthur	Brillouin	Berger & Parker	Shannon	Simpson
7,91	4,12	1,16	1,37	0,19	1,15	0,10

Fonte: dos autores.

Um valor único não é capaz de descrever a estrutura específica de uma comunidade, sendo necessários modelos geométricos que reduzam o número de espécies dominantes e raras e, comumente, o log-normal faz com que as abundâncias de espécies fiquem matematicamente iguais. Ao considerarmos as variáveis que compõem os vários índices estudados no presente trabalho, identificamos que  $S$  é o número total de espécies amostradas;  $N$  número total de indivíduos na amostra;  $n_i$  ( $n$ ) número de indivíduos de cada espécie ou número de indivíduos na espécie  $i$ ;  $\ln$  é o logaritmo na base  $n$ ;  $p_i$  é a estimativa da proporção de indivíduos  $i$  encontrados de cada espécie;  $\Sigma$  é a soma de todos os  $i$  das espécies da amostra. Com este estudo apresentamos os pressupostos axiomáticos de cada índice e demonstramos matematicamente como deve ocorrer a substituição das variáveis pelos dados amostrados, porém, entendemos que, para o alcance dos resultados desejados, o melhor é fazer uso dos pacotes ecológicos disponíveis, dos quais elencamos: Irchouse (2015); PRIMER (2015), EstimateS (Colwell, 2015).

## REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ, M.; CÓRDOBA, S.; ESCOBAR, F.; FAGUA, G.; GAST, F.; MENDOZA, H.; OSPINA, M.; UMAÑA, A. M.; VILLAREAL, H. **Manual de métodos para el desarrollo de inventários de biodiversidad**. 2. ed. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2006.

ALVES, D. R.; LUQUE, J. L. Ecologia das comunidade de metazoários parasitos cinco espécies de escombrídeos (Perciformes; Scrombidae) do litoral do estado do Rio de Janeiro Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, n. 15, v. 4, p.167-181, 2006.

AULETE (sd). **Dicionário da língua portuguesa**. Lexikon Editora Digital. Disponível em: <<http://aulete.uol.com.br>>. Acesso em: 30 out. 2015.

BERGER, W. H.; PARKER, F. L. Diversity of planktonic foraminifera in deep sea sediments. **Science** v. 168, p. 1345-1347, 1970.

CHAVES, N. N.; LUQUE, J. L. Ecology of metazoans parasites of *Menticirrhus americanus* (Osteichthyes: Sciaenidae), coast area from Rio de Janeiro State, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, 8(2): 137-144, 1999.

COLWELL, R. K.. **Stimate S**: Statical stimation of species richness and shared species from samples. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>>. Acesso em: 30 out 2015.

DIAS, S. C. Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação. **Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá**, n. 26 v. 4, p. 373-379, 2004.

DUTRA, R. C. R. Um procedimento para o cálculo do índice de diversidade de Brillouin. **Revista Brasileira de Zoologia**, n. 12, v. 4, p. 1025-1028, 1995.

GOOD, L. J. The population frequencies of species and the estimation of population parameters. **Biometrika**, v. 40, p. 237-264, 1953.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed, Porto Alegre, Brasil, 2011.

IRCHOUSE. **Pisces Conservation**: Ecological software for professionals, amateurs and students. Disponível em: <<http://www.irchouse.demon.co.uk/>>. Acesso em: 03 nov 2015.

KEMPTON, R. A.; TAYLOR, L. R. Models and statistic for species diversity. **Nature**, v. 262, p. 818-820, 1974.

KEMPTON, R. A.; WEDDERBURN, R. W. M. A comparision of three measures of species diversity. **Biometrics**, v. 34, p. 25-37, 1978.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York, Harper & Row, USA, 2013.

LANCON, D. (2004). **An Introduction to the Works of Euclid whith an emphasis on the elements**. Disponível em: <<http://www.obkb.com/info/mjhpages/bookmark.htm>>. Acesso em: 17 out 2015.

LAXTON, R. R. The measure of Diversity. **Journal of Theoretical Biology**, v. 70, p. 51-67, 1978.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. Elsevier Science BV, Amsterdam, 1998.

LIMA, M. S. C. S; BATISTA, J. R. L. Rotina matemática para o cálculo do logaritmo do fatorial de um número inteiro e seu uso no cálculo do índice de diversidade de Brillouin. **Revista Brasileira de Zociências**, n. 12, v. 3, p. 305-310, 2010.

LLOYD, M.; GHELARDI, R. J. A table for calculating the "equitability" component of species diversity. **Journal of Animal Ecology**, v. 33, p. 217-255, 1964.

LUQUE, J. L.; FELIZARDO, N. N.; TAVARES, L. E. R. Community ecology of the metazoan parasites of namorado sandperches, *Pseudopercis numida* Miranda-Ribeiro, 1903 and *P. semifasciata* Cuvier, 1829 (Perciformes: Pinguipedidae), from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, n. 68, v. 2, p. 269-278, 2008.

MACARTHUR, R. Fluctuations of Animal Populations and a Measure of Community Stability. **Ecology**, 36(3): 533-536, 1955.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and its measurement**. Princeton University Press, New Jersey, USA, 1988.

\_\_\_\_\_. **Medindo a diversidade biológica**. Paraná: UFPR, Brasil, 2011.

MARGALEF, R. **Limnología**. Barcelona: Omega, 1983.

MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. **Técnicas usuais de estimativa da Biodiversidade**. **Holos**, v. 1, p. 236-267, 1999.

MCINTOSH, R. P. An index of diversity and relation of certain concepts to diversity. **Ecology**, v. 48, p. 392-404, 1967.

MELO, A. S. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, n. 8, v.3, 2008.

MOLINARI, J. A critique of Bulla's paper on diversity indicies. **Oikos**, v. 76, p. 577-582, 1996.

OLIVEIRA, E. B.; MIAZAKI, R. D.; SEVERI, W. Cálculo de fatorial e seu uso no índice de Brillouin. **Revista Brasileira de Biologia**, n. 58, v. 2, p. 337-341, 1998.

PARAGUASSÚ, A.; LUQUE, J. L. Metazoários parasitos de seis espécies de peixes do reservatório de Lajes, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, n. 16, v. 3, p. 121-128, 2007.

PEET, R. K. The measurement of species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 5, p. 285-307, 1974.

PIELOU, E. C. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. **American Naturalist**, n. 100, v. 914, 1966.

PRIMER. **Primer-E: Multivariate Statistics for Ecologists**. Disponível em <<http://www.primer-e.com/>>. Acesso em 30 out 2015.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, p. 163-168, 1949.

VERBERK, W. Explaining general patterns in species abundance and distributions. **Nature Education Knowledge**, n. 3, v. 10, p. 38, 2012.

WHITTAKER, R. H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. **Ecological Monographs**, v. 30, p. 279-338, 1960.

\_\_\_\_\_. Evolution and measurement of species diversity. **Taxon**, v. 21, p. 213-251, 1972.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5th Edition. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2010.