

# Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação

Sidclay Calaça Dias

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Federal da Paraíba, CCEN, DSE, 58059-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil. e-mail: pachistopelma@hotmail.com

**RESUMO.** Neste trabalho são apresentados breves aspectos teóricos e práticos relativos ao estudo da diversidade e da riqueza de espécies destinadas aos estudantes de graduação. Questões relativas ao delineamento da pesquisa, à coleta e as análises dos dados são apresentadas e discutidas, brevemente, além de modelos de distribuição de abundância, índices de diversidade e estimadores de riqueza acompanhados de referências da literatura sobre o tema. Objetiva-se mostrar aos alunos, os reveses relativos ao uso inadequado de análises sobre os componentes da diversidade de espécies, aplicados a um conjunto de dados.

**Palavras-chave:** modelos de abundância de espécies; índices de diversidade; estimadores de riqueza.

**ABSTRACT. Designing diversity and richness studies: an approach to undergraduate students.** Aspects of theory and practice related to studies on species richness and diversity measurement are presented to Biology Sciences undergraduate students. Questions concerning the designing of the research, data collecting and analysis are presented. Models of relative abundance distribution, diversity indices and estimators of species richness are briefly discussed, followed by bibliographic references on the theme. Pitfalls related to the inadequate analysis of diversity of species components, applied to the data, are showed to the students.

**Key words:** models of abundance; diversity indices; richness estimators.

## Introdução

Desde muito tempo, os biólogos tentam quantificar a diversidade de formas de vida no planeta. O método mais lógico para isso era uma simples contagem de quantos e quais organismos vivem em uma área. Nas primeiras décadas do século XX, alguns naturalistas tentaram (e conseguiram!) propor métodos para medir a abundância e a riqueza de uma área, através de metodologias que envolviam critérios aritméticos (passíveis de análises estatísticas mais rigorosas, que dessem bojo aos resultados obtidos). Hoje em dia, as análises de riqueza e de diversidade estão muito em moda e difundidas entre a comunidade científica (Carvalho 1997; Moreno 2001; Santos 2003). Praticamente todas as políticas públicas e não-governamentais de projetos conservacionistas utilizam medidas de diversidade e de riqueza para apoiar os dados que subsidiarão as verbas destinadas à medidas de preservação ambiental ou mesmo de espécies, animais ou vegetais.

A primeira fase da pesquisa sobre diversidade começa na mesa do laboratório com muitos livros, artigos e pesquisa sobre o assunto. Apesar de ser exaustiva e exigir muita dedicação para leituras (a maioria em língua inglesa), essa fase (que muitos chamam de delineamento experimental) é a mais importante de toda a pesquisa científica (Brower *et*

*al.*, 1997; Vilar e Carvalho 2003). Nela o pesquisador delinea todas as partes da metodologia que ele aplicará em campo e em laboratório. Antes de sair coletando dados, todos aqueles que quiserem fazer estudos sobre biodiversidade devem tomar o cuidado de estabelecer hipóteses e prováveis metodologias de análises dos dados.

Pode-se estabelecer algumas perguntas que auxiliarão o aluno a tentar entender passo a passo uma pesquisa sobre diversidade: 1) Como é que se quantifica e se acessa uma fauna ou uma flora? (esta pergunta, obviamente, depende de com qual grupo animal ou vegetal o aluno trabalha); 2) Quais são os métodos matemáticos que utilizamos para efetuar cálculos que nos indiquem diversidade ou estimem riqueza? 3) Quais são as principais armadilhas nos estudos sobre levantamento de uma fauna ou flora? Apesar de a pergunta número dois suscitar muitas explicações quanto às análises estatísticas empregadas nesse tipo de cálculo, apenas nos me propomos a mostrar quais são os principais métodos para cálculo de índices de diversidade e estimadores de riqueza, dar uma breve explicação sobre os pressupostos teóricos que estão por trás desses métodos e fazer comentários sobre a sua aplicabilidade desses aos alunos dos cursos de Biologia.

Claro que o aluno terá de se remeter aos livros textos básicos de ecologia e de estatística, caso queira

se aprofundar no assunto (recomendo Magurran 1988; Krebs, 1994, 1999; Pianka, 1994; Brower *et al.*, 1997; Zar, 1999). Infelizmente não há muitos textos em português, o que facilitaria a vida do aluno que ainda não domina o inglês. Em português, devido à clareza do texto, recomendamos Martins e Santos (1999), Melo (2003) e Santos (2003) para leituras sobre métodos de medidas de diversidade e de riqueza. Há uma apostila, em espanhol, disponível na internet, de autoria de Moreno (2001), que é um guia de fácil leitura e compreensão sobre os métodos de quantificação da diversidade. Para cada palavra que denote maiores explicações quanto ao linguajar ecológico-estatístico, haverá um breve comentário entre colchetes. Para cada conjunto de índices ou de estimadores, haverá uma breve descrição do pressuposto do teste, além de uma indicação da bibliografia especializada.

Os principais objetivos deste texto são esclarecer como se organiza a coleta das informações, como se proceder às análises e mostrar ao aluno da graduação quais são os principais cuidados que devemos tomar ao fazermos estudos sobre diversidade de organismos, com relação às coletas de dados, às análises e às interpretações dos resultados obtidos.

### O que é diversidade e riqueza?

O conceito de diversidade envolve dois parâmetros: riqueza e abundância relativa (Pianka 1994). Riqueza é a quantidade de espécies e abundância relativa é a quantidade de indivíduos de determinada espécie que ocorre em um local ou em uma amostra (Pianka, 1994, Moreno, 2001). Existem métodos para se quantificar a diversidade? Sim, existem vários métodos paramétricos e não-paramétricos [dados com distribuição normal são chamados paramétricos, enquanto os de distribuição não-normal são os não-paramétricos; normalidade é uma medida que está ligada à variância e ao desvio padrão do conjunto dos dados]. Segundo Magurran (1988), existem várias formas de efetuarmos cálculos de diversidade e de riqueza para o mesmo conjunto de dados (contando as pequenas variações aritméticas que alguns desses cálculos sofrem). Segundo Carvalho (1997), os métodos de análise da diversidade variam de acordo com a questão formulada, bem como variam para a mesma questão, de acordo com quem as faz. Ou seja, não há métodos melhores que outros, mas sim métodos que se ajustam melhores a determinado tipo de dado coletado.

Os estimadores de riqueza fornecem a quantidade de espécies que se pode encontrar em uma área, sem levar em conta a quantidade de indivíduos por espécie (abundância). Há uma tendência, nos dias de hoje, de se estimar somente a riqueza de animais ou vegetais em uma área. Segundo algumas propostas ecológicas, o que realmente importa em um estudo conservacionista é o cálculo da quantidade observada

(riqueza) e da quantidade de espécies que pode ser potencialmente descoberta e, portanto, preservada (Santos, 2003).

Devido à grande quantidade de formas de se efetuar cálculos de índices de diversidade, a interpretação de um método pode se mostrar equivocada quando se aplica mais de um índice para o mesmo conjunto de dados. É preciso dizer que antes mesmo da coleta do dado a ser analisado, o pesquisador precisa estabelecer as hipóteses e as perguntas ecológicas que ele quer responder, bem como determinar um provável método de análise para depois não ficar “afogado” em números, tentando ajustar “na marra” as análises aos seus dados. Há uma forma de quantificar se ocorre diferença da diversidade que é através dos modelos baseados na distribuição da abundância relativa das espécies (Tabela 1).

**Tabela 1.** Modelos de distribuição de abundância.

| Modelos                   | Pressupostos                                                                                                                                                                                              | Referências               |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| modelo log-normal         | Ver texto                                                                                                                                                                                                 | May, 1975; Magurran, 1988 |
| modelo log-série          | Usado para descrever matematicamente a relação entre o número de espécies e seu número de indivíduos originalmente em pesquisas entomológicas (onde as populações são, em sua maioria, hiper-abundantes). | May, 1975; Magurran, 1988 |
| modelo série-geométrica   | Usado em modelos onde o padrão de abundância é encontrado primariamente em ambientes com uma comunidade simples e relativamente pequena ou em ambientes com estágios de sucessão recentes.                | May, 1975; Magurran, 1988 |
| modelo da “vara-quebrada” | Usado para ordenar o número de indivíduos das espécies mais abundantes de uma comunidade; utilizado como proposta para cálculo de sobreposição de nicho.                                                  | May, 1975; Magurran, 1988 |

Os principais modelos são: i) log-normal, ii) log-série (log-series), iii) série-geométrica (geometric-series) e iv) modelo da “vara-quebrada” (broken stick model) (para uma revisão destes modelos ver May, 1975; Magurran, 1988; Martins e Santos, 1999; Melo, 2003; Santos, 2003). Segundo Magurran (1988) o log-normal é o mais usado, pois a maioria das comunidades estudadas por ecólogos mostra este padrão de abundância de espécies. Esse modelo é testado através do método de qui-quadrados [qui-quadrado é uma distribuição que analisa duas ou mais categorias qualitativas] e pode ser utilizado em inventários onde não se exige coletas divididas em unidades amostrais (Santos, 2003). O pressuposto teórico desse modelo é que a abundância das espécies e as classes de abundância devem ser expressas em logaritmos na base 2 e esse resultado de padrão de distribuição é chamado de oitavas [intervalos de classe que representam a abundância das espécies] (Colwell e Coddington, 1994). Plotando os dados da log-normal em um gráfico ( $y$  = número de espécies;  $x$  = número de indivíduos, oitavas ou classes de abundância), obtém-se uma curva normal truncada à

esquerda [truncada = quando parte da cauda da curva está oculta], de forma que, aumentando-se o esforço de coleta, podemos obter os dados relativos à quantidade de espécies que poderemos, potencialmente, encontrar em um ambiente (Santos, 2003).

Além desses modelos, existem índices utilizados para mensurar diversidade os quais são baseados na abundância relativa das espécies (Tabela 2). Os mais usados são: i) Shannon-Wiener, ii) Simpson, iii) Margalef, iv) MacIntosh e v) Brillouin (para uma revisão desses índices, ver Magurran, 1988, Martins e Santos, 1999). O índice de Shannon-Wiener assume que os indivíduos são coletados aleatoriamente de uma grande e infinita população, assumindo, também, que todas as espécies estão representadas na amostra (A) (Magurran, 1988). Uma das grandes críticas que se tem feito a esse índice é justamente o fato de que o cálculo da diversidade baseado na abundância relativa não dá nenhuma resposta ecológica plausível de análise depois de computada. Por ser muito robusto, esse índice pode ser usado em comparações através das variâncias [medida de tendência central que informa a variação em torno da média] obtidas durante o cálculo do valor do índice ( $H'$ ) por testes  $t$  de Student (Magurran, 1988; Brower *et al.*, 1997; Zar, 1999). O índice de Simpson também pode ser usado em comparações através do cálculo de suas variâncias.

**Tabela 2.** Índices de diversidade.

| Índice         | Pressuposto                                                                                                                                                                                                                                                                 | Referência     |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Shannon-Wiener | Ver texto                                                                                                                                                                                                                                                                   | Magurran, 1988 |
| Simpson        | Derivado das medidas de dominância [índices heterogêneos que medem os “pesos” das espécies abundantes mais comuns em uma comunidade], dá a probabilidade de um de dois indivíduos retirados ao acaso de uma grande e infinita comunidade pertencerem a espécies diferentes. | Magurran, 1988 |
| Margalef       | Derivado da combinação de S (número de espécies registradas) e N (número total de indivíduos somados acima de todas as espécies S).                                                                                                                                         | Magurran, 1988 |
| MacIntosh      | Derivado da proposta de que uma comunidade pode ser prevista como um ponto em um hipervolume de S dimensões e que a distância euclidiana da assembléia da sua origem pode ser usada como uma medida de diversidade.                                                         | Magurran, 1988 |
| Brillouin      | Usado quando a aleatoriedade da amostra não pode ser garantida.                                                                                                                                                                                                             | Magurran, 1988 |

Como as abundâncias nunca são equitativas, a maioria dos dados relativos aos estudos de diversidade (utilizando-se os índices de diversidade) tem de ser logaritimizado para se evitar tendências [do inglês *bias*, significa a diferença entre dois valores: um valor esperado e um valor obtido] de erro ao usarmos números muito grandes (centenas ou milhares, por exemplo) junto com números muito pequenos (unidades simples ou dezenas) (Wolda, 1981). Todos esses métodos, em teoria, independem do tamanho da amostra, embora quanto maior for a quantidade de organismos coletados (abundância)

havia uma tendência em diminuir a chance de erro desses testes (Magurran, 1988) com exceção do modelo log-normal que, segundo Colwell e Coddington (1994), exige uma grande quantidade de espécies coletada.

Nos últimos anos, ocorreu uma explosão do uso dos estimadores de riqueza de espécies (Tabela 3). Apesar de eles não serem tão novos assim (pelo menos alguns deles já são conhecidos há três décadas), o seu uso, atualmente, é superestimulado devido ao aparecimento de *softwares* estatísticos computacionais que facilitam seu cálculo. Esses estimadores são aplicáveis a dados com diferentes distribuições de abundância (Santos, 2003) levando-se em conta os dados relativos às espécies raras (ou aquelas que só aparecem em uma ou em poucas amostras). Segundo Baltanás (1992), o cálculo da riqueza de espécies é mais acurado [diferença entre o valor da amostra estimada e o valor do número de espécies da verdadeira população] em comunidades com alta equitabilidade, onde não ocorram espécies com abundâncias muito diferentes entre si [equitabilidade = igualdade (em comunidades com alta equitabilidade, as espécies são compostas pelo número quase igual de indivíduos)]. Esse pressuposto é muito utilizado pelos usuários dessas metodologias de análises, uma vez que, segundo vários autores, a maioria das comunidades apresenta espécies compostas sempre por poucos indivíduos.

**Tabela 3.** Estimadores de riqueza.

| Estimador        | Pressupostos                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Referências                               |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Michaelis-Menten | Ver texto                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Colwell e Coddington, 1994; Colwell, 2004 |
| Jackknife 1 e 2  | Estimador de riqueza baseado na abundância (abundância aqui quantifica raridade – ou o número de <i>singletons/doubletons</i> – ou o número de espécies representadas por somente 1 ou 2 indivíduos, respectivamente)                                                                                        | Colwell e Coddington, 1994; Colwell, 2004 |
| Chao 1 e 2       | Chao 1 - estimador de riqueza baseado na abundância; Chao 2 - estimador de riqueza baseado na incidência de espécies (ou presença/ausência dos dados que quantifiquem raridade – ou o número de <i>uniques/duplicates</i> – ou o número de espécies encontradas em somente 1 ou 2 amostras, respectivamente) | Colwell e Coddington, 1994; Colwell, 2004 |
| Bootstrap        | Estimador de riqueza baseado na incidência de espécies.                                                                                                                                                                                                                                                      | Colwell e Coddington, 1994; Colwell, 2004 |
| ACE              | Estimador baseado no conceito de cobertura de amostra (abundância ou o número de <i>singletons/doubletons</i> )                                                                                                                                                                                              | Colwell e Coddington, 1994; Colwell, 2004 |
| ICE              | Estimador baseado no conceito de cobertura de amostra (ou presença/ausência dos dados que quantifiquem raridade – ou o número de <i>uniques/duplicates</i> )                                                                                                                                                 | Colwell e Coddington, 1994; Colwell, 2004 |

Existem vários estimadores de riqueza, a saber, alguns: Michaelis-Menten, Jackknife 1 e 2, Chao 1 e 2, Bootstrap, ACE e ICE (ver Colwell e Coddington, 1994; Moreno, 2001; Melo, 2003; Santos, 2003;

Colwell, 2004, para uma revisão destes estimadores). Vamos ver os princípios de cada um em linhas gerais.

Os estimadores de riqueza fazem três tipos de estimativas: i) o número de espécies acumuladas em uma curva (curva de acúmulo de espécies ou curva do coletor), ii) o número real de riqueza de espécies baseada em espécies raras compartilhadas entre grupos de amostras baseadas em incidência (Jackknife 1 e 2, Chao 1 e 2 e Bootstrap) e iii) a riqueza de espécies raras compartilhadas entre grupos de amostras por cobertura (ICE e ACE) (ver Santos, 2003; Colwell, 2004). Michaelis-Menten, segundo Colwell e Coddington (1994), é uma função que estima a riqueza através de extrapolação [adição aleatória da ordem das amostras] das curvas de acúmulo de espécies. A proposta dessas curvas é que elas representam o número de espécies descobertas, plotadas em um gráfico que nos indique qual foi a quantidade de esforço empregado para se inventariar uma área, por exemplo. Através da observação do comportamento da curva, podemos fazer uma previsão de quantas espécies (que não foram coletadas) ainda podem vir a ser descobertas. Resumindo: quando a curva de acúmulo atinge uma assíntota [formato de uma curva que se estabiliza quando o valor do eixo y não muda, tornando a curva sempre paralela ao eixo x] é porque, virtualmente, todas as espécies de uma área já foram coletadas (Colwell e Coddington, 1994). Os estimadores que se baseiam na riqueza das espécies raras compartilhadas entre grupos de amostras utilizam-se de quatro variáveis (segundo Colwell 2004): *singletons* (ou as espécies com somente um indivíduo), *doubletons* (ou as espécies com somente dois indivíduos), *uniques* (ou as espécies que ocorrem em somente uma amostra) e *duplicates* (ou as espécies que ocorrem em somente duas amostras). As estimativas realizadas com espécies representadas por poucos indivíduos são, segundo Hellmann e Fowler (1999), uma função do número de espécies raras encontradas em uma comunidade.

### Como organizar as coletas de dados

Esta é uma das questões que fogem, do campo de análise estatística, mas que, se não for muito bem compreendida pelo estudante, pode se tornar uma das maiores armadilhas no estudo da diversidade dos organismos. A tomada de informações, caso venha a ser mal feita ou mal planejada, pode contribuir com forte tendência de erro na interpretação dos resultados obtidos, onde todo dado mal coletado será mal analisado. Dependendo do tipo de análise que o pesquisador queira vir a fazer (modelos de abundância ou índices de diversidade, por exemplo), as coletas não precisam ser divididas em unidades amostrais (Santos, 2003). Na prática, esse procedimento funciona da seguinte forma: o pesquisador que vai trabalhar com a comparação da

fauna de formigas entre duas áreas pode colocar todos os animais em dois grandes potes (um para cada área) e analisar o conjunto das faunas por inteiro. Vê-se, entretanto, que já há um planejamento no esforço produzido nesse tipo de estudo, que é o de separar as amostras em duas e, obviamente, identificá-las no campo para que não haja troca ou confusão na hora de colocar cada formiga em seu devido pote. A pesquisa que envolve os modelos não-paramétricos de estimadores de riqueza requer um planejamento mais apurado, pois todas as amostras devem ser divididas em unidades amostrais. No caso do mesmo pesquisador de formigas, ele pode querer estimar a riqueza em uma área. Para tal, ele utiliza de armadilhas de queda, amostras de folhigo e busca ativa por formigas, por exemplo. Convém lembrar que cada armadilha instalada, cada amostra de folhigo e cada unidade de horário gasta na busca ativa pelas formigas deverão ser tratadas como uma unidade de amostra. Isso demanda um bom planejamento antes de ir para o campo, pois o pesquisador tem de que separar cada pequeno frasco para individualizar as amostras e etiquetas que indique data, horário, método de coleta e coletor. Esses pequenos procedimentos, embora não sejam tratados nos livros textos, são de extrema relevância para o sucesso da pesquisa sobre diversidade.

Pequenas etiquetas podem ser confeccionadas em *Word for Windows*, impressas em jato de tinta e fotocopiadas. A etiqueta fotocopiada é indelével, podendo ser anotada com grafite comum e colocada junto com qualquer líquido preservante (fomalina ou álcool). A forma de como o exemplar coletado virá a ser preservado depende do grupo animal ou vegetal com o qual o aluno trabalha. Sejam exsiccatas ou potes plásticos, todo cuidado é pouco: devemos sempre individualizar as amostras com suas respectivas etiquetas caso queiramos trabalhar com estimativas de riqueza.

### Por que usar métodos padronizados de esforço de coleta?

A principal proposta do uso dos métodos de cálculo de diversidade e de riqueza ainda não foi muito compreendida e utilizada na maioria dos trabalhos sobre ecologia de comunidades que envolvam esses tipos de cálculos. É necessário dizer que uma pesquisa que envolva coleta de animais ou de plantas para acúmulo de informações relativas à diversidade ou à riqueza só tem sentido se for feita para efetuar comparações entre conjuntos de dados (Baltanás, 1992). E quais são as comparações que podem ser feitas com esse tipo de informação? Existem algumas opções, como: comparar a fauna/flora entre duas áreas com diferentes tamanhos, ou níveis de impacto, ou ainda comparar a fauna/flora de uma mesma área entre diferentes estações do ano. Ou seja, não há sentido em calcularmos

índices/estimadores que mensurem diversidade ou riqueza, se não para efetuarmos comparações. Existem vários métodos estatísticos usados para se comparar índices de diversidade e estimadores de riqueza, paramétricos ou não (ver Wolda, 1981; Magurran, 1988; Hellmann e Fowler, 1999).

Daí a proposta deste tópico; se for para juntarmos dados que servirão para compará-los, o esforço amostral deveria ser o mesmo. Caso se utilize dados coletados com diferentes tipos de esforço amostral, na comparação entre os índices pode vir embutida uma forte tendência de erro. Segundo Melo *et al.* (2003), a comparação entre a riqueza de espécies de diferentes assembléias usando-se amostras com tamanhos diferentes pode produzir conclusões errôneas devido à forte relação positiva entre riqueza e esforço de amostragem. Imaginem, por exemplo, se uma pessoa gastar 30 horas coletando aranhas em uma área A e 5 horas em uma área B (onde: tamanho da área A = tamanho da área B). Não podemos imaginar que se possam fazer comparações confiáveis entre índices de diversidade ou estimadores de riqueza entre essas duas áreas, uma vez que o esforço de amostragem foi o mesmo. Coddington *et al.* (1991) escreveram os principais motivos para se fazer bons desenhos experimentais e coletas protocoladas para se estimar diversidade em ecossistemas tropicais. Recomendamos esse texto para maiores esclarecimentos e explicações sobre o assunto.

### Como se analisam os dados coletados?

Antes de tudo, precisamos deixar um aspecto muito bem esclarecido: primeiramente, o pesquisador deve estabelecer de modo bem definido as perguntas ecológicas que ele quer responder e quais serão os possíveis métodos de análise estatística que serão usados, antes mesmo da coleta das informações. Depois da coleta dos dados, o pesquisador passa por uma fase de organizá-los e depois tratá-los estatisticamente. E como se organiza um dado? Hoje em dia, devido à facilidade de acesso a um microcomputador, fazemos a organização desses dados em planilhas eletrônicas. Existe uma que é mundialmente usada, gratuita e compatível com quase todos os programas de análises estatísticas, o Excel®. Existem outros tipos de planilha específicas para a organização de dados referentes a estudos sobre diversidade e para o uso de determinados *softwares*. Uma dessas planilhas é a Biota®, que faz a organização de dados de inventários e tem interface com um dos programas de cálculo de diversidade e de riqueza mais utilizados que é o EstimateS®. Ela não é gratuita, embora haja descontos para Latino-Americanos e pode ser adquirida através de contatos com o autor via internet (Melo, 2003).

Todos os dados relativos aos estudos da diversidade e da riqueza, em teoria, podem ser analisados à mão com o auxílio de uma calculadora

científica de bolso. Magurran (1988) traz vários exemplos de cálculos de índices de diversidade e de modelos de abundância que podem ser repetidos, passo a passo, pelo aluno que se interessar. Os cálculos com estimadores de riqueza também podem, em teoria, ser efetuados à mão. Este procedimento, no entanto, não é muito recomendado, pois o tratamento dos dados com alguns algoritmos [processo de cálculo em que se estipulam, com generalidade e sem restrições, regras formais para a obtenção da solução do problema] pode tornar o cálculo muito trabalhoso e passível de erro. Existem vários pacotes estatísticos (gratuitos ou não) que podem nos fornecer boas respostas em relação aos dados que queremos analisar. Alguns exemplos são o Bio - Dap® (que é baseado nos cálculos de índices propostos por Magurran, 1988), o Ecological Methodology® (que acompanha o livro homônimo de Krebs, 1999) e o EstimateS®, que trabalha com todos os estimadores não-paramétricos e vários dos índices, é gratuito, vem com um guia do usuário e está disponível na internet. Desses todos, o EstimateS®, por ser gratuito, ter uma boa interface gráfica e trabalhar com planilhas do Excel® modificadas para o formato TXT; é um dos programas mais recomendados.

Maiores informações sobre endereços eletrônicos que possam vir a oferecer ao aluno possibilidade de obtenção desses e de outros *softwares* estão disponíveis em Melo (2003) e nas *home pages* dos seguintes autores: Colwell (2004), Gotelli e Entsminger (2004) e Palmer (2004).

### Pode se comparar o mesmo conjunto de dados utilizando vários índices estimadores?

O mesmo conjunto de dados relativos a um levantamento faunístico/florístico pode ser comparado por mais de um índice de diversidade ou estimador de riqueza. Supondo que um pesquisador tenha coletado insetos em duas áreas de mata e queira comparar essas duas comunidades, ele pode calcular mais de um índice ou estimador para o mesmo conjunto de dados. Por exemplo, é muito comum em trabalhos científicos que tratem de comparações entre duas assembléias, que os autores utilizem várias estatísticas a partir da utilização de mais de um índice/estimador (Magurran, 1988; Santos, 1999; Toti *et al.*, 2000). Geralmente estes trabalhos levam o nome de testes de performances de estimadores. Palmer (1990) realizou um teste de performance com estimadores que até hoje é muito citado. Segundo seus resultados, Jackknife 1 e 2 são os estimadores mais acurados para as assembléias de uma forma geral. Claro que existem exceções. A escolha de um índice ou de um estimador deve estar ligada a dois fatores: i) a estrutura da assembléia estudada e ii) a forma como o dado foi coletado. Em um trabalho a ser realizado com um grupo animal que contenha

muitas espécies (artrópodes, por exemplo) e onde o pesquisador faça coletas protocoladas (divididas em unidades amostrais), a melhor opção (mas não a única) de cálculo da diversidade de uma área é através de estimadores de riqueza. Existem vários exemplos de conjuntos de dados que receberam vários tratamentos estatísticos de forma errônea. Na maioria dos casos em que os pesquisadores analisam os vários índices/estimadores entre assembleias, podemos encontrar uma despreocupação com as análises produzidas. Existem trabalhos onde os autores calculam vários índices para a mesma assembleia analisada e nem sequer fazem menção dos porquês de se realizar tantas análises. Não iremos citar nenhum desses trabalhos, mas alertar aos alunos que tomem muito cuidado, *a priori*, na hora da elaboração do seu plano de coleta das informações e, *a posteriori*, nas análises dos resultados obtidos.

### Por que fazermos estudos referentes à diversidade?

Vimos, ao longo do texto, que os índices de diversidade e os estimadores de riqueza são muito robustos (quando aplicados cada um, para um determinado conjunto de dados) para esclarecermos questões referentes à diversidade. Soberón e Llorente (1993) citam como motivos para efetuarmos tal tipo de estudo: i) dar formalidade aos trabalhos faunísticos/florísticos, por permitir comparações mais rigorosas entre faunas/floras e ii) fornecer ferramentas que permitam previsões para estudos sobre a diversidade e conservação.

Coddington *et al.* (1991) afirmam que a riqueza de espécies desaparece rapidamente e que, no contexto atual de “o que salvar, quando, como e qual os custos para efetuarmos este salvamento”, informações sobre a riqueza de espécies ou diversidade são indispensáveis para subsidiar políticas de conservação. Segundo Colwell e Coddington (1994), os futuros inventários de biodiversidade, necessariamente, têm de ser planejados em torno de procedimentos de estimativas de riqueza. Ainda, segundo estes autores, as transformações massivas nos ambientes e as altas taxas de extinção da biota irão requerer uma agressiva capacitação humana na área da sistemática e da ecologia a fim de que os diferentes grupos de organismos possam ter um significativo papel nos principais planos de conservação.

Segundo Carvalho (1997), o jovem estudante precisa ter muito cuidado para não vacilar no “escorregadio” terreno ambientalista. Quando falamos em políticas conservacionistas, por exemplo, estamos falando em um objetivo último da pesquisa científica. O papel do biólogo, nesse plano de conservação da diversidade, é o de fazer pesquisa básica, coletar animal e planta, identificá-los e planejar estudos sobre

a ecologia ou a evolução do grupo que lhe seja do seu agrado.

### Agradecimentos

Agradeço a Ana Cecília G.P. Falcão, Gentil Alves e Stephenson H. Abrantes (UFPB), ao M.Sc. Edson F. Oliveira (UEM/Nupélia) e ao M.Sc. Everton A. Santos (CNPq) por terem lido todas as versões do manuscrito original; aos Drs. Adriano S. Melo (UFRGS) e Alexandre Vasconcellos (UFPB) pelas valiosas críticas e sugestões; a Edson F. Oliveira e Everton A. Santos pelas laboriosas horas de discussões on-line e pelos pdf's; a Capes por garantir minha bolsa de Mestrado.

### Referências

- BALTANÁS, A. On the use of some methods for the estimation of species richness. *Oikos*, Copenhagen, v. 65, p.484-492, 1992.
- BROWER, J.E. *et al.* *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1997.
- CARVALHO, C.M. Anfíbios e Répteis: Perspectivas de estudos. *Publicações Avulsas do Centro Acadêmico de Biologia*, v.1, p. 53-60, 1997.
- CODDINGTON, J.A. *et al.* Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical ecosystems. In: *The Unity of Evolutionary Biology: Proceedings of The Fourth International Congress of Systematic and Evolutionary Biology*. Dudley, E.C. (ed.). Dioscorides Press, Portland, p. 44-60, 1991.
- COLWELL, R.; CODDINGTON, J.A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. Trans. R. Soc. London B series*, London, v. 345, p. 101-118, 1994.
- COLWELL, R.K. *User's guide to EstimateS5 statistical. Estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.0.0. Copyright 1994-2004*. Disponível em <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>>. Acesso em: out. 2004.
- GOTELLI, N.J.; ENTSMINGER, G.L. *EcoSim: Null models software for ecology. Version 7. Acquired Intelligence Inc. e Kelsey-Bear. Burlington, VT 05465*. Disponível em <<http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>>. Acesso em: out. 2004.
- HELLMANN, J.J.; FOWLER, G.W. Bias, precision, and accuracy of four measures of species richness. *Ecol. Appl.*, Washington, DC, v. 9, p. 824-834, 1999.
- KREBS, C.J. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. 4<sup>th</sup> ed. New York: HarperCollins, 1994.
- KREBS, C.J. *Ecological methodology*. 2. ed. Longman: Addison Wesley, 1999.
- MAGURRAN, A.E. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press, 1988.
- MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. *Holos*, ed. Especial, p. 236-267, 1999.

- MAY, R.M. Patterns of species abundance and diversity. In: CODY, M. L.; DIAMOND, J. M. (Ed.) *Ecology and evolution of communities*. Cambridge: Harvard University Press, MA, 1975, p. 81-120.
- MELO, A.S. Diversidade de macroinvertebrados aquáticos em riachos. In: CULLEN Jr., L. et al. *Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. (Org.) Ed. UFPR e Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba, 2003, cap. 3, p. 69-90.
- MELO, A.S. et al. Comparing species richness among assemblages using sample units: why not use extrapolation methods to standardize different sample sizes? *Oikos*, New York, v. 101, p. 398-41, 2003.
- MORENO, C.E. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T – Manuales y Tesis SEA*, vol. 1. Zaragoza. p. 84, 2001. Disponível em <<http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/mt1.htm>>. Acesso em: out. 2004.
- PALMER, M.W. The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, v. 7, p. 1195-1198, 1990.
- PALMER, M.W. *Ordination Methods for Ecologists*. Disponível em <<http://www.okstate.edu/artsci/botany/ordinate/>>. Acesso em: out. 2004
- PIANKA, E.R. *Evolutionary Ecology*. 5. ed. New York: HarperCollins, 1994.
- SANTOS, A.J. *Diversidade e composição em espécies de aranhas da Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce (Linhares – ES)*. Dissertação (Mestrado) - Unicamp, Campinas, 1999.
- SANTOS, A.J. Estimativas de riqueza em espécies. In: CULLEN Jr., L. et al. (Org.). *Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Curitiba: Ed. UFPR e Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003, cap. 1, p. 19-41.
- SOBERÓN, J.M.; LLORENTE, J.B. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.*, Maiden, v. 7, p. 480-488, 1993.
- TOTI, D.S. et al. A structured inventory of Appalachian grass bald and heath bald spider assemblages and a test of species richness estimator performance. *J. Arachnol.*, New York, v. 28, p. 329-345, 2000.
- VILAR, J.C.; CARVALHO, C.M. Considerações sobre os métodos quantitativos na pesquisa biológica. In: *Biologia Geral e Experimental*, v. 3, p. 47-5, 2003.
- WOLDA, H. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia*, Berlin, v. 50, p. 296-302, 1981.
- ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis*. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

Received on August 19, 2004.

Accepted on December 06, 2004.