

## Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais

ANA CRISTINA SCHILLING<sup>1,3</sup> e JOÃO LUIS FERREIRA BATISTA<sup>2</sup>

(recebido: 10 de junho de 2006; aceito: 04 de outubro de 2007)

**ABSTRACT** – (Species accumulation curve and sampling sufficiency in tropical forests). The use of the species-area relationship, or the accumulation species curve, to determine sampling sufficiency in phytosociological studies is a current technique, despite of being a controversial issue. The definition of an optimum sample size is based on the idea that the larger the sample size, the greater the number of species in the sample, but the rate of increase becomes progressively smaller so the curve tends to a flat line. The point where the curve becomes horizontal is the minimal area to represent the plant community: the sampling sufficiency. This concept assumes that the plant community is a spacially discrete entity with fixed species composition. In tropical forests, the identification of communities boundaries is particularly difficult and, due to their high species richness, the species accumulation curves do not become flat, even with large sample sizes. The species accumulation curve is unsuitable to determine optimum sample size in tropical forests because these curves do not behave as expected, furthermore the concept of sampling sufficiency itself rests upon a problematic definition of plant community.

Keywords - phytosociology, sampling sufficiency, species-accumulation curve, species-area relation

**RESUMO** – (Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais). O uso da relação espécie-área, ou curva de acumulação de espécies, para determinar a suficiência amostral em estudos fitossociológicos é uma técnica usual, porém controversa. A definição de um tamanho ótimo de amostra está baseado na idéia de que quanto maior o tamanho da amostra, maior o número de espécies que será encontrado, mas a uma taxa decrescente, até o ponto em que a curva estabiliza e torna-se horizontal. Esse ponto seria a área mínima necessária para representar a comunidade. Entretanto, esse conceito assume que a comunidade vegetal é uma entidade espacialmente discreta com composição de espécies fixa e definida. Em florestas tropicais, por sua vez, a definição dos limites das comunidades torna-se particularmente difícil e, devido à alta riqueza de espécies, a curva não apresenta estabilização mesmo com grandes tamanhos de amostra. Assim, a curva de acumulação de espécies é inapropriada como técnica de determinação do tamanho ótimo de amostra em florestas tropicais, por não apresentar o comportamento esperado. Além disso, o conceito de suficiência amostral em si está baseado numa definição problemática de comunidade vegetal.

Palavras-chave - curva de acumulação de espécies, fitossociologia, relação espécie-área, suficiência amostral

### Introdução

A suficiência amostral é um conceito quantitativo (ou quasi-quantitativo) utilizado em estudos fitossociológicos para informar se a amostra utilizada é “representativa” da comunidade vegetal em estudo. A idéia de representatividade nesse caso está relacionada à indicação de que a composição florística e a densidade de árvores

por espécie está adequadamente amostrada. A curva do coletor, por sua vez, é uma técnica que surgiu da relação espécie-área, considerada de grande importância na caracterização de comunidades vegetais, e que vem sendo extensivamente utilizada em estudos de fitossociologia, particularmente no Brasil (tabela 1) para indicar a suficiência amostral. Entretanto, vários autores (Hopkins 1957, Martins & Santos 1999, Rice & Kelting 1955) já expressaram desconforto com o conceito de suficiência e com o uso da curva do coletor como forma de determinar a adequação de uma amostra para estudos de ecologia vegetal.

Os objetivos desse trabalho são: revisar a utilização da curva espécie-área como forma de determinar a adequação de uma amostra e analisar o conceito de suficiência amostral como forma de assegurar uma

1. Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16. 45662-000 Ilhéus, BA.
2. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais – Laboratório de Métodos Quantitativos, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba, SP.
3. Autor para correspondência: schilling@uesc.br

Tabela 1. Trabalhos publicados em periódicos nacionais, no período de 2000 a 2005, utilizando a curva do coletor para determinar a suficiência amostral.

Table 1. Published papers in Brazilian journals (2000 to 2005) using the collector's curve to determine sampling sufficiency.

Citação	Formação Florestal	Parcelas
Fonseca & Rodrigues 2000	Estacional semidecídua	Disjuntas
Kurtz & Araújo 2000	Ombrófila densa	Disjuntas
Longui <i>et al.</i> 2000	Estacional decídua	Disjuntas
Melo <i>et al.</i> 2000	Ombrófila densa	Disjuntas
Nappo <i>et al.</i> 2000a	Estacional semidecídua e ombrófila mista	Disjuntas
Nappo <i>et al.</i> 2000b	Estacional semidecídua e ombrófila mista	Disjuntas
Rondon Neto <i>et al.</i> 2000	Estacional semidecídua montana	Disjuntas
Yared <i>et al.</i> 2000	Ombrófila densa	Disjuntas
Armelin & Mantovani 2001	Ombrófila densa	Disjuntas
Gama <i>et al.</i> 2001	Ombrófila densa	Disjuntas
Negrelle & Lechtenberger 2001	Ombrófila mista	Disjuntas
Bentes-Gama <i>et al.</i> 2002	Ombrófila densa	Disjuntas
Rondon Neto <i>et al.</i> 2002a	Ombrófila mista	Disjuntas
Rondon Neto <i>et al.</i> 2002b	Ombrófila mista montana	Disjuntas
Sztutman & Rodrigues 2002	Restinga e ombrófila	Contíguas
Coelho <i>et al.</i> 2003	Ombrófila densa	Disjuntas
Gama <i>et al.</i> 2003	Várzea baixa e alta	Disjuntas
Araújo <i>et al.</i> 2004	Estacional decídua	Disjuntas
Assunção & Felfili 2004	Cerrado	Disjuntas
Budke <i>et al.</i> 2004	Estacional decídua	Disjuntas
Costa 2004	Ombrófila densa	Disjuntas
Dorneles & Waechter 2004a	Restinga	Disjuntas
Dorneles & Waechter 2004b	Restinga	Disjuntas
Fonseca & Silva Jr. 2004	Cerrado	Disjuntas
Silva & Scariot 2004	Estacional decídua	Disjuntas
Silva <i>et al.</i> 2004	Estacional semidecídua	Disjuntas
Silva Jr. 2004	Cerrado	Disjuntas
Nappo <i>et al.</i> 2005	Estacional semidecídua e ombrófila mista	Disjuntas
Oliveira & Amaral 2005	Ombrófila densa	Disjuntas

representação apropriada da comunidade vegetal em estudos ecológicos.

A curva espécie-área – Em 1835, Watson *apud* Hill *et al.* (1994) foi o primeiro a citar que o número de espécies tende a aumentar contínua e monotonicamente com a área. Porém, a ênfase na expressão matemática da relação ocorreu somente a partir dos trabalhos de Arrhenius (1921) e Gleason (1922, 1925). Esses autores alimentaram uma controvérsia sobre a validade da fórmula empírica proposta por Arrhenius (1921), em que a soma das probabilidades de encontrar cada espécie em particular em uma área dava o número provável de espécies dessa área e que teve sua correção demonstrada

para diversos tamanhos de amostra. Numa crítica a esse trabalho, Gleason (1922) sustentou que a equação proposta por Arrhenius estava totalmente errada, pois, caso estivesse correta, o número de espécies deveria aumentar continuamente com o aumento da área.

O estudo da curva espécie-área levou Braun-Blanquet (1932) a propor o uso dessa curva para indicar o “tamanho mínimo” de uma comunidade (associação). Essa “área mínima” foi definida como a menor área que pode conter uma representação adequada da comunidade e o ponto em que a curva espécie-área torna-se aproximadamente horizontal determina o chamado “número mínimo” ou “combinação característica” de espécies. Porém, segundo

Cain (1938), esse tamanho mínimo não garante por si só a representatividade da amostra, pois Braun-Blanquet utilizara povoamentos menores que a área mínima sob o argumento de que de qualquer forma seria necessário observar a presença da combinação característica de espécies na área escolhida e que mesmo uma área maior do que a área mínima poderia não conter todas as espécies características daquela associação.

Mueller-Dombois e Elleberg (1974) enfatizaram a necessidade de distinguir a questão da amostragem de comunidades vegetais nos métodos de classificação e de ordenação. Nos métodos de classificação, relacionados à escola de Zürich-Montpellier e ao método “relevé”, de Braun-Blanquet, o objetivo é a descrição de uma comunidade (associação, segundo o conceito original) em termos principalmente florísticos, visando determinar a área mínima necessária para representar a comunidade. Nesse caso, a presença ou ausência de espécies é mais importante que variações menores nos aspectos quantitativos. Já no método de ordenação, relacionado à escola Anglo-Americana, o objetivo é obter uma representatividade estatística de atributos quantitativos da comunidade, como densidade, frequência e cobertura (dominância) por espécie. Para isso são utilizadas diversas parcelas distribuídas, aleatória ou sistematicamente, sobre a área de estudo, e a presença ou ausência de espécies é considerada menos importante do que as variações, mesmo que pequenas, nos aspectos quantitativos.

Os diferentes objetivos dos métodos de amostragem descritos acima implicam em diferenças fundamentais na forma de construção da curva espécie-área. A curva construída pela agregação, ligada ao conceito de área mínima da associação, pressupõe o uso de uma parcela única formada a partir da lista de espécies em uma parcela relativamente pequena, que é gradativamente aumentada (normalmente dobrando seu tamanho) e tem as espécies adicionais contadas. Esse procedimento continua até que a adição de novas áreas não acrescente mais novas espécies ou, ao menos, um número significativo delas (Braun-Blanquet 1932, Mueller-Dombois & Elleberg 1974). Por esse sistema, a maior parcela sempre contém todas as anteriores e é então definida uma ordem não-arbitrária para a construção da curva espécie-área. Porém, quando essa curva é construída de acordo com o conceito de representação quantitativa da comunidade vegetal, são utilizadas várias parcelas, geralmente pequenas e disjuntas e a ordem de entrada das parcelas torna-se arbitrária.

Pode-se dizer que a discussão sobre a utilização de uma parcela única, em geral de um hectare, ou de uma série de parcelas disjuntas, remete a uma distinção histórica entre a escola de Zürich-Montpellier, que apresenta uma

abordagem mais qualitativa, e a escola Anglo-Americana, com uma abordagem mais quantitativa e estatística. A amostragem por parcela única remete a uma abordagem científica em que a comunidade vegetal é vista como uma associação de espécies de plantas que pode ser espacialmente delimitada, reconhecida e identificada no campo, na forma de “stands” (Braun-Blanquet 1932, Daubenmire 1968) e entendida principalmente em termos da composição florística de cada “stand”. Já a amostragem através de parcelas disjuntas está relacionada a uma abordagem científica onde a comunidade é representada por atributos quantitativos das espécies, individualmente, de modo a ter representatividade estatística. Entretanto, apesar de suas diferenças, as duas abordagens buscaram na curva espécie-área uma forma objetiva de determinar o tamanho ótimo da amostra, entendendo-se esse “ótimo” como a combinação característica de espécies da comunidade. A curva do coletor – A distinção entre os termos “curva espécie-área” e “curva do coletor” torna-se importante devido às diferentes questões ecológicas que são abordadas em cada caso. Colwell & Coddington (1994) utilizam o termo “curva de acumulação de espécies” para as curvas construídas com dados de habitats aproximadamente homogêneos no tempo e no espaço, sendo a expressão “curva espécie-área” reservada para padrões biogeográficos, o que torna implícita a heterogeneidade da área.

No presente trabalho, o termo “curva do coletor” tem sentido equivalente ao da expressão “curva de acumulação de espécies” usada por Colwell & Coddington (1994). Admitindo-se essa definição, o estudo de uma comunidade vegetal homogênea no tempo e no espaço pode ter sua relação entre riqueza de espécies e unidades amostrais representada pela curva do coletor (ou curva de acumulação de espécies). Essas unidades amostrais podem ser o número de parcelas, a área acumulada das parcelas, pontos amostrais (método de quadrantes) ou o número acumulado de indivíduos.

O uso da curva do coletor na definição do tamanho ótimo da amostra, ou para determinação da suficiência amostral, apresenta uma série de limitações. A primeira delas está relacionada à arbitrariedade da ordem de entrada das unidades amostrais na construção da curva (Colwell & Coddington 1994, Martins & Santos 1999), possibilitando gerar uma curva diferente para cada ordenação. Como consequência disso, tem-se que qualquer interpretação a respeito da forma da curva, ou de variações nessa forma a partir de um padrão básico esperado, é inválido se essa curva tiver sido gerada a partir de uma ordem arbitrária.

Diversos autores utilizam técnicas de modelagem da curva do coletor, baseadas em regressão linear ou

não-linear, para tentar definir um ponto de estabilização para a curva de acumulação de espécies (Bentes-Gama *et al.* 2002, Budke *et al.* 2004, Gama *et al.* 2001, 2003, Nappo *et al.* 1999, 2000a, 2000b, Rondon Neto *et al.* 2000). Entretanto, se a ordem das unidades é arbitrária, essa alternativa também não é válida, pois não há como utilizar o número acumulado das unidades amostrais como variável numa regressão e, de forma análoga à representação gráfica da curva, cada ordem das unidades amostrais resultaria num modelo de regressão diferente.

Considerando-se que qualquer ordem das unidades amostrais é arbitrária, a única forma apropriada de se construir uma curva do coletor seria obter um grande número de curvas a partir de várias ordenações distintas, geradas aleatoriamente, e então calcular uma curva média (Coleman 1982). Essa curva média resultante é bastante distinta da maior parte das observadas em trabalhos de fitossociologia, pois é suave, com curvatura geralmente inferior à curva gerada na ordem de observação dos dados e não apresenta patamares (figura 1). Outra vantagem da aleatorização da ordem de entrada das unidades amostrais é a possibilidade de construir intervalos de confiança empíricos para a curva do coletor. Nessa mesma linha, Pillar (2004) sugere o uso de *bootstrap*, um procedimento de aleatorização em que são feitas sucessivas reamostragens com reposição na própria amostra obtida, com o objetivo de avaliar o grau de estabilidade dessa amostra e assim permitir a determinação da suficiência amostral a partir de curvas de acumulação de espécies.

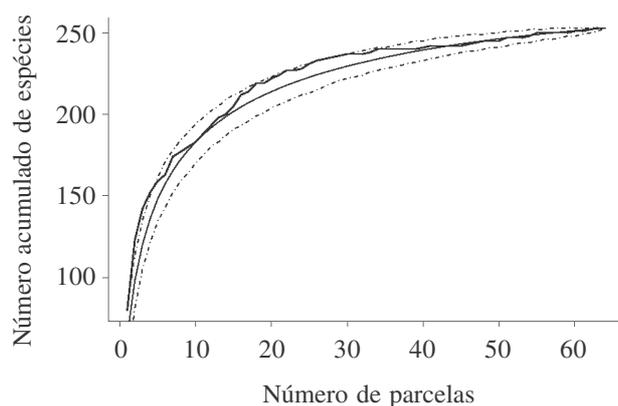


Figura 1. Curva de acumulação de espécies (linha contínua suavizada), intervalos de confiança de 95% (linhas tracejadas) e curva de acumulação de espécies utilizando a ordem de observação dos dados (linha irregular) para floresta ombrófila densa, P. E. de Carlos Botelho.

Figure 1. Species accumulation curve (smooth, continuous line), 95% confidence intervals (dashed lines) and species accumulation curve using the observation order (irregular line) for a tropical rain forest, P. E. de Carlos Botelho.

Contudo, tradicionalmente o procedimento mais usado para definir a suficiência amostral a partir da curva do coletor, apesar de equivocado, é a “inspeção visual” da curva para identificar o “ponto onde se inicia o patamar”. Cain (1938) já argumentava que a visualização do patamar é fundamentalmente um artifício gráfico, pois dependendo da relação entre o comprimento dos eixos  $x$  e  $y$  (abscissas e ordenadas) o patamar pode ou não ser visualizado. Por exemplo, uma abscissa longa grafada contra uma ordenada curta sempre resultará na visualização de um “patamar” (figura 2).

A própria idéia da existência de um patamar, entendido como o ponto em que a inclusão de unidades amostrais não resultaria na inclusão de novas espécies na amostra, é outro aspecto limitante da curva do coletor. Mesmo que esse ponto seja atingido em florestas de altas latitudes ou em comunidades vegetais herbáceas, ele provavelmente não será observado em biomas florestais tropicais onde a diversidade de espécies é muito grande (Cain & Castro 1959, Mueller-Dombois & Elleberg 1974). A obtenção de grandes amostras em florestas tropicais confirma o fato de que os patamares observados nas curvas do coletor são fundamentalmente ilusões gráficas. Os gráficos apresentados na figura 2, por exemplo, foram obtidos a partir da amostragem de uma área total de 5,76 ha, utilizando 64 parcelas disjuntas de 900 m<sup>2</sup>. Nessa amostra, bem maior que as usuais em estudos de ecologia vegetal, foram encontradas 9.544 árvores com DAP mínimo de 5 cm e ainda assim não foi possível determinar um patamar para a curva.

Dessa forma, admitindo-se a inexistência do patamar na curva do coletor, torna-se impossível definir objetivamente, sem arbitrariedade, um ponto na curva onde o tamanho da amostra é considerado adequado ou suficiente para representar a comunidade. A forma assintótica da curva do coletor nem sempre é observada nas curvas geradas com uma ordem arbitrária, mas fica clara na curva média obtida por aleatorização da ordem das unidades amostrais. Assim, se a curva do coletor é assintótica, ela tende a um valor limite com uma taxa de crescimento decrescente, mas sem apresentar um ponto específico onde ocorre a estabilização (Rice & Kelting 1955).

Cain (1938) propôs um método para definir o tamanho ótimo da amostra definido pelo ponto em que a curva atinge determinada taxa de crescimento, que seria de fácil localização em qualquer curva do coletor, independente da razão entre os eixos. Nesse trabalho, ele sugeriu que a amostragem estaria adequada quando a um aumento de 10% na área amostrada correspondesse um aumento de 10% no número de espécies. Conforme explicou em trabalho posterior (Cain 1943) esse é o ponto na curva

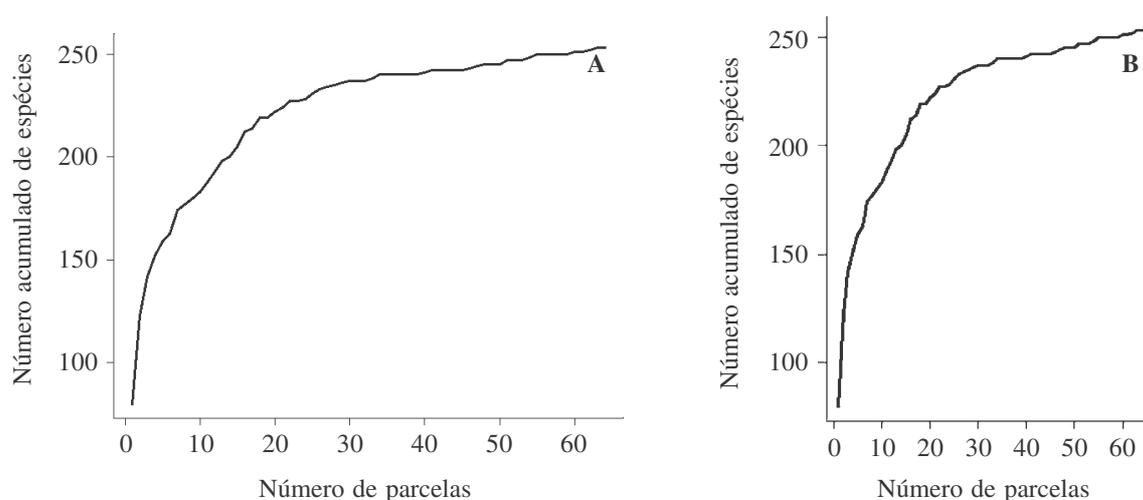


Figura 2. Curvas de acumulação de espécies para floresta ombrófila densa, P. E. de Carlos Botelho. (a) razão x:y de 2:1, (b) razão x:y de 1:2.

Figure 2. Species accumulation curve for a tropical rain forest, P. E. de Carlos Botelho. (a) x:y = 2:1, (b) x:y = 1:2

em que o incremento em novas espécies é igual à média desse incremento (número total de espécies encontradas dividido pela área total amostrada). Porém, a localização desse ponto depende da área total amostrada e em estudo realizado por Rice & Kelting (1955) foram comparadas curvas baseadas em amostras de tamanho crescente, obtendo-se valores diferentes de área mínima com o aumento do tamanho da amostra – quanto maior a área total amostrada, maior a área mínima obtida.

Assim, uma análise detalhada dos métodos de construção da curva, de suas características implícitas e das propriedades que se verificam quando a curva é aplicada a formações florestais tropicais, revela que a curva do coletor é totalmente inapropriada para determinar a suficiência amostral nos estudos de ecologia vegetal em florestas tropicais, apesar dessa prática ser ainda bastante corriqueira (Assunção & Felfili 2004, Costa 2004, Dorneles & Waechter 2004a, 2004b, Fonseca & Silva Jr. 2004, Silva & Scariot 2004). Dentro desse contexto, torna-se conveniente analisar o próprio conceito de suficiência amostral.

O conceito de suficiência amostral – Nas escolas tradicionais de fitossociologia, a suficiência amostral é definida como uma área mínima que garanta a “composição característica” da associação ou comunidade vegetal. Essa área mínima pode ser composta de uma única área referente a um “stand” observado no campo (Braun-Blanquet 1932) ou pode ser composta de várias parcelas de mesma área, localizadas em diferentes “stands”, que juntos compõem uma amostra da associação ou comunidade (Daubenmire 1968). Porém, apesar do conceito teórico de suficiência

amostral estar ligado à composição característica da comunidade, o uso da curva do coletor como método para determinação da área mínima não implica numa composição característica, mas sim num número mínimo de espécies presentes na amostra.

A pressuposição de uma composição florística característica, fixa e definida, para a comunidade está estreitamente ligada ao conceito de comunidade como associação vegetal, conforme definido por Braun-Blanquet (1932). De forma semelhante, Daubenmire (1968) e Mueller-Dombois & Elleberg (1974) apresentam a definição proposta em 1910 no Congresso Internacional de Botânica, em Bruxelas, em que a associação é tida como uma comunidade vegetal com composição definida, que apresenta uniformidade fisionômica e se desenvolve em condições uniformes de hábitat. Já Clements (1936) define associação de forma um pouco diferente (apesar de igualmente baseada na florística), como a primeira subdivisão de um bioma, formação vegetal ou mesmo de um clímax, que é caracterizada floristicamente por apenas duas espécies dominantes.

Dessa forma, o conceito de suficiência amostral está ligado à definição de associação vegetal. Inicialmente as associações eram consideradas uma realidade empírica, observável em campo. Para Braun-Blanquet (1932) as associações eram observadas na forma de “stands” e Daubenmire (1968) afirmava que eram unidades discretas e delimitadas no espaço e no tempo. Com base nessas definições, seria possível delimitar a associação de modo objetivo e previamente ao levantamento de campo, tornando-se possível verificar a adequação da amostragem.

Essa visão está ligada a um conceito de comunidade fechada, em que as espécies encontram-se fortemente relacionadas (associadas) e com limites de distribuição coincidentes (Ricklefs & Müller 1999). Porém, segundo os mesmos autores, essa visão pode ser contraposta pela idéia de comunidade aberta, como proposta por Gleason (1926), em que cada espécie tem distribuição independente das demais e, dessa forma, não apresentam limites naturais – seus limites são arbitrários em relação às distribuições geográficas e ecológicas de suas espécies componentes, que independentemente podem fazer parte de diferentes “associações”. Essa visão parece mais condizente com o que é observado nas formações florestais dos trópicos.

Colinvaux (1993) afirma que o conceito de associação é insustentável. Conforme esse autor, as pesquisas em paleobotânica permitiram demonstrar a inconsistência da idéia de comunidades vegetais discretas e existindo através de longos períodos de tempo e que as chamadas associações sempre foram “meras acomodações efêmeras entre espécies”, um fato obscurecido pelo “hábito de observar comunidades vegetais como sistemas sociais”. Por outro lado, DiMichele *et al.* (2004) concluíram que o registro fóssil oferece evidências da persistência de comunidades, inclusive de plantas, em várias escalas espaciais e temporais e que isso sugere a existência de uma hierarquia na organização ecológica, onde alguns níveis apresentam maior persistência desses padrões do que outros.

Considerando apenas a possibilidade de definir os limites de uma comunidade vegetal, Wilson & Chiarucci (2000) apresentaram um teste para a hipótese de comunidades discretas de plantas, através da extrapolação da relação espécie-área e concluíram que não há evidências de um nível determinado no *continuum* espacial que possa ser chamado de comunidade, pois se observa o mesmo tipo de heterogeneidade na composição de espécies em todas as escalas. Assim, se o conceito de associação vegetal é considerado inadequado, a definição de suficiência amostral torna-se inconsistente. Mesmo que o conceito de comunidade vegetal não pressuponha delimitação espaço-temporal, ao atrelar a suficiência amostral à representação de uma composição florística característica da comunidade, a aferição da qualidade de um levantamento de campo fica condicionada ao conhecimento prévio dessa composição.

Pode-se considerar a “tabela fitossociológica” como a forma mais apropriada para caracterizar uma comunidade vegetal. Porém essa tabela também é função de uma composição florística, em que cada espécie é associada a medidas de frequência, densidade e dominância (Martins 1993). Dessa forma, além das limitações impostas pela dificuldade de se determinar

uma composição florística característica, a tabela fitossociológica traz o problema da representatividade amostral necessária para obter estimativas confiáveis dos parâmetros quantitativos. Isso é particularmente grave em florestas tropicais. A grande riqueza e a alta proporção de espécies com baixa densidade (obtendo-se longas tabelas fitossociológicas) implicam que as estimativas desses parâmetros, para um significativo número de espécies, sejam baseadas em um pequeno número de indivíduos amostrados, tornando-as imprecisas e de baixa confiabilidade.

A impossibilidade de operacionalizar o conceito de suficiência amostral através de uma técnica quantitativa vai além da questão da curva do coletor e remete ao próprio conceito de comunidade vegetal. O uso da amostragem como método científico se fundamenta na amostragem estatística e, nesse contexto, não é possível avaliar a qualidade da amostra sem uma definição objetiva e empírica da população (em sentido estatístico) a ser amostrada.

Outro aspecto fundamental na avaliação da qualidade de uma amostra estatística e que é ignorado nas definições de suficiência amostral é o aspecto do “custo” da informação gerada pela amostra. O conceito de suficiência amostral remete à qualidade com que a composição florística é representada, o que pode ser interpretado estatisticamente como a “precisão” da informação gerada pela amostra. Porém, o tamanho ótimo de uma amostra estatística é encontrado comparando a “precisão” desejada com o “custo” de se obter a informação. O tamanho ótimo da amostra será aquele que maximize a precisão, mantendo o custo constante ou, de forma equivalente, minimize o custo mantendo a precisão constante (Shiver & Borders 1996). Estatisticamente esse é o maior problema com o conceito de suficiência amostral e com a própria curva do coletor, quando aplicada a florestas tropicais. Na curva do coletor, à medida que se observam mais unidades amostrais (parcelas ou pontos), a representação florística sempre melhora, isto é, aumenta a precisão da informação obtida. Porém, em florestas tropicais não há ponto de estabilização da curva em termos do número de espécies que são observadas à medida que se aumenta o tamanho da amostra (Cain & Castro 1959, Mueller-Dombois & Elleberg 1974) e, se não for fixado o custo (seja em dias de trabalho de campo, número de árvores amostradas ou qualquer outro aspecto), o tamanho da amostra tende ao infinito.

Considerações finais – Ao se rejeitar o conceito de comunidade vegetal como uma associação recorrente de espécies, uma lista de composição não irá representar o

sistema, pois as interações espaço-temporais tornam essa lista variável no espaço e no tempo.

A variabilidade espaço-temporal é entendida como o padrão resultante dos processos ecológicos que atuam no ecossistema florestal e, dessa forma, pode ser considerada ecologicamente mais relevante que a caracterização florística de um único trecho de uma floresta. Assim, apesar das grandes diferenças florísticas entre biomas tropicais e temperados, é a alta variabilidade espacial na composição que distingue ecologicamente uma floresta tropical de uma temperada.

Dessa forma, a “caracterização fitossociológica” de um trecho de floresta tropical, seja através de parcela única, várias parcelas ou pontos quadrantes, terá pouca relevância ecológica, uma vez que esses estudos têm como pressuposto a idéia de comunidade florestal como uma associação de espécies. Rejeitar o conceito de associação implica em também rejeitar a abordagem fitossociológica como metodologia ecológica, apesar de sua possível relevância em estudos florísticos e fitogeográficos.

Com base nessas considerações, torna-se necessária a adequação dos métodos utilizados tradicionalmente nos estudos visando à caracterização ecológica de florestas tropicais. Uma abordagem mais apropriada seria obtida pela caracterização da variabilidade espaço-temporal da composição e estrutura das comunidades, buscando padrões que podem emergir em diferentes escalas. Essa abordagem deve ser colocada como objetivo do estudo, de modo que a metodologia empregada em diferentes formações e em diferentes escalas seja a mesma, permitindo a caracterização espacial da comunidade. Para isso poderiam ser utilizados os levantamentos fitossociológicos já realizados, desde que houvesse completa coerência na metodologia empregada. Porém, além das diferenças metodológicas (como formas e tamanhos diferentes de parcela) outro problema nesse tipo de meta-estudo seria o fato de não serem fundamentados em uma amostra estatística aleatória, invalidando as comparações, pois o padrão emergente em cada caso pode ser função da alocação da amostra segundo a concepção do pesquisador e não dos atributos naturais da formação sendo estudada.

Agradecimentos – Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pelo financiamento do projeto “Métodos de Inventário da Biodiversidade”, do programa Biota. À Adriana Martini, Hilton Thadeu Z. do Couto, Fernando Roberto Martins, Paulo Inácio Prado, Sergius Gandolfi e Valério Melo pelas valiosas sugestões na elaboração do trabalho. Finalmente, a

autora agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) pela concessão da bolsa de doutorado.

### Referências bibliográficas

- ARAÚJO, M.M., LONGUI, S.J., BRENA, D.A., BARROS, P.L.C. & FRANCO, S. 2004. Análise de agrupamento da vegetação de um fragmento de floresta estacional decidual aluvial, Cachoeira do Sul, RS. *Ciência Florestal* 14:133-147.
- ARMELIN, R.S. & MANTOVANI, W. 2001. Definições de clareira natural e suas implicações no estudo da dinâmica sucessional em florestas. *Rodriguésia* 52:5-15.
- ARRHENIUS, O. 1921. Species and area. *Journal of Ecology* 9:95-99.
- ASSUNÇÃO, S.L. & FELFILI, J.M. 2004. Fitossociologia de um fragmento de cerrado *sensu stricto* na APA do Paranoá, DF, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18:903-909.
- BENTES-GAMA, M.M., SCOLFORO, J.R.S., GAMA, J.R.V. & OLIVEIRA, A.D. 2002. Estrutura e valoração de uma floresta de várzea alta na Amazônia. *Cerne* 8:88-102.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1932. *Plant sociology*. McGraw Hill, New York.
- BUDKE, J.C., GIEHL, E.L.H., ATHAYDE, E.A., EISINGER, S.M. & ZÁCHIA, R.A. 2004. Florística e fitossociologia do componente arbóreo de uma floresta ribeirinha, arroio Passo das Tropas, Santa Maria, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18:581-589.
- CAIN, S.A. 1938. The species-area curve. *The American Midland Naturalist* 19:573-581.
- CAIN, S.A. 1943. Sample-plot technique applied to alpine vegetation in Wyoming. *American Journal of Botany* 30:240-247.
- CAIN, S.A. & CASTRO, G.M.O. 1959 *Manual of vegetation analysis*. Harper & Brothers, New York.
- CLEMENTS, F.E. 1936. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology* 24:252-284.
- COELHO, R.F.R., ZARIN, D.J., MIRANDA, I.S. & TUCKER, J.M. 2003. Análise florística e estrutural de uma floresta em diferentes estágios sucessionais no município de Castanhal, Pará. *Acta Amazonica* 33:563-582.
- COLEMAN, B.D., MARES, M.A., WILLIG, M.R. & HSIEH, Y. 1982. Randomness, area and species richness. *Ecology* 63:1121-1133.
- COLINVAUX, P. 1993. *Ecology 2*. John Wiley, New York.
- COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B* 345: 101-118.
- COSTA, F.R.C. 2004. Structure and composition of the ground-herb community in a terra-firme Central Amazonian forest. *Acta Amazonica* 34:53-59.

- DAUBENMIRE, R. 1968. Plant communities. Harper & Row, New York.
- DIMICHELE, W.A., BEHRENSMEYER, A.K., OLSZEWSKI, T.D., LABANDEIRA, C.C., PANDOLFI, J.M., WING, S.L. & BOBE, R. 2004. Long-term stasis in ecological assemblages: evidence from de fossil record. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 35: 285-322.
- DORNELES, L.P. & WAECHTER, J.L. 2004a. Estrutura do componente arbóreo da floresta arenosa de restinga do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul. *Hoehnea* 31:61-72.
- DORNELES, L.P. & WAECHTER, J.L. 2004b. Fitossociologia do componente arbóreo na floresta turfosa do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18:815-824.
- FONSECA, M.C. & SILVA JUNIOR, M.C. 2004. Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. *Acta Botanica Brasilica* 18:19-29.
- FONSECA, R.C.B. & RODRIGUES, R.R. 2000. Análise estrutural e aspectos do mosaico sucessional de uma floresta semidecídua em Botucatu, SP. *Scientia Forestalis* 7:1-11.
- GAMA, J.R.V., BOTELHO, S.A., BENTES-GAMA, M.M. & SCOLFORO, J.R.S. 2001. Tamanho de parcela e suficiência amostral para estudo da regeneração natural de floresta de várzea na Amazônia. *Cerne* 7:1-11.
- GAMA, J.R.V., BOTELHO, S.A., BENTES-GAMA, M.M. & SCOLFORO, J.R.S. 2003. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. *Ciência Florestal* 13:71-82.
- GLEASON, H.A. 1922. On the relation between species and area. *Ecology* 3:158-162.
- GLEASON, H.A. 1925. Species and area. *Ecology* 6:66-74.
- GLEASON, H.A. 1926. The individualistic concept of plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 53: 7-26.
- HILL, J.L., CURRAN, P.J. & FOODY, G.M. 1994. The effect of sampling on the species-area curve. *Global Ecology and Biogeography Letters* 4:97-106.
- HOPKINS, B. 1957. The concept of minimal area. *Journal of Ecology* 45:441-449.
- KURTZ, B.C. & ARAÚJO, D.S.D. 2000. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de mata atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras do Macau, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 51:69-112.
- LONGUI, S.J., ARAÚJO, M.M., KELLING, M.B., HOPE, J.M., MÜELLER, I. & BORSOI, G.A. 2000. Aspectos fitossociológicos de fragmento de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. *Ciência Florestal* 10: 59-74.
- MARTINS, F.R. 1993. Estrutura de uma floresta mesófila. Editora da Unicamp, Campinas.
- MARTINS, F.R. & SANTOS, F.A.M. 1999. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. *Holos* 1:236-267.
- MELO, M.M.R.F., OLIVEIRA, R.J., ROSSI, L., MAMEDE, M.C.H. & CORDEIRO, I. 2000. Estrutura de um trecho de floresta atlântica da planície na Estação Ecológica Juréia-Itatins, Iguape, SP, Brasil. *Hoehnea* 27:299-322.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLEMBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation analysis. Wiley, New York.
- NAPPO, M.E., FONTES, M.A.L. & OLIVEIRA FILHO, A.T. 1999. Suficiência amostral e análise do tamanho de parcelas para o estudo da regeneração natural do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth., em área minerada, em Poços de Caldas, MG. *Revista Árvore* 23:443-454.
- NAPPO, M.E., FONTES, M.A.L. & OLIVEIRA FILHO, A.T. 2000a. Regeneração natural em sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth., implantados em áreas mineradas, em Poços de Caldas, MG. *Revista Árvore* 24:297-307.
- NAPPO, M.E., OLIVEIRA FILHO, A.T. & MARTINS, S.V. 2000b. A estrutura do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth., em área minerada, em Poços de Caldas, MG. *Ciência Florestal* 10:17-29.
- NAPPO, M.E., GRIFFITH, J.J., MARTINS, S.V., DE MARCO JUNIOR, P., SOUZA, A.L. & OLIVEIRA FILHO, A.T. 2005. Dinâmica da estrutura diamétrica da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no sub-bosque de povoamento puro de *Mimosa scabrella* Benth., em área minerada, em Poços de Caldas, MG. *Revista Árvore* 29:35-46.
- NEGRELLE, R.R.B. & LEUCHTENBERGER, R. 2001. Composição e estrutura do componente arbóreo de um remanescente de floresta ombrófila mista. *Floresta* 31:42-51.
- OLIVEIRA, A.N. & AMARAL, I.L. 2005. Aspectos florísticos, fitossociológicos e ecológicos de um sub-bosque de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 35:1-16.
- PILLAR, V.D. 2004. Suficiência amostral. *In* Amostragem em Limnologia (C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo, eds.). Editora Rima, São Carlos, p.25-43.
- RICE, E.L. & KELTING, R.W. 1955. The species-area curve. *Ecology* 36:7-11.
- RICKLEFS, R.E. & MILLER, G.L. 1999. *Ecology*. W. H. Freeman, New York.
- RONDON NETO, R.M., BOTELHO, S.A., FONTES, M.A.L., DAVIDE, A.C. & FARIA, J.M.R. 2000. Estrutura e composição florística da comunidade arbustivo arbórea de uma clareira de origem antrópica em uma floresta estacional semidecídua montana, Lavras, MG. *Cerne* 6:79-94.
- RONDON NETO, R.M., WATZLAWICK, L.F., CALDEIRA, M.V.W. & SCHOENINGER, E.R. 2002a. Análise florística e estrutural de um fragmento de floresta ombrófila mista montana, situado em Criúva, RS – Brasil. *Ciência Florestal* 12:29-37.

- RONDON NETO, R.M., KOZERA, C., ANDRADE, R.R., CECY, A.T., HUMMES, A.P., FRITZSONS, E., CALDEIRA, M.V., MACIEL, N.M.N. & SOUZA, M.K.F. 2002b. Caracterização florística e estrutural de um fragmento de floresta ombrófila mista em Curitiba, PR, Brasil. *Floresta* 32:3-16.
- SHIVER, B.D. & BORDERS, B.E. 1996. Sampling techniques for forest resource inventory. John Wiley, New York.
- SILVA, L.A. & SCARIOT, A. 2004. Composição e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta estacional decidual sobre o afloramento calcário no Brasil Central. *Revista Árvore* 28:69-75.
- SILVA, N.R.S., MARTINS, S., MEIRA NETO, J.A.A. & SOUZA, A.L. 2004. Composição florística e estrutura de uma floresta estacional semidecidual montana em Viçosa, MG. *Revista Árvore* 28:397-405.
- SILVA JUNIOR, M.C. 2004. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na Reserva Biológica do IBGE, DF. *Revista Árvore* 28:419-428.
- SZTUTMAN, M. & RODRIGUES, R.R. 2002. O mosaico vegetacional numa área de floresta contínua da planície litorânea, Parque Estadual da Campina do Encantado, Pariquera-Açu, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 161-176.
- WILSON, J.B. & CHIARUCCI, A. 2000. Do plant communities exist? Evidence from scaling-up local species-area relations to the regional level. *Journal of Vegetation Science* 11:773-775.
- YARED, J.A.G., COUTO, L. & LEITE, H.G. 2000. Diversidade de espécies em floresta secundária e primária, sob efeito de diferentes sistemas silviculturais, na Amazônia Oriental. *Revista Árvore* 24:83-90.