

DESEMPENHO DE ESTIMADORES DE RIQUEZA NÃO-PARAMÉTRICOS COMO FORMA DE AVALIAÇÃO DA SUFICIÊNCIA AMOSTRAL EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

GABRIEL MARCOS VIEIRA OLIVEIRA¹, ANTÔNIO JOSÉ DA SILVA NETO²,
ISABEL CAROLINA DE LIMA GUEDES³

RESUMO: Dentre as formas mais usadas de verificação da suficiência amostral em estudos florísticos, destaca-se a curva espécie-área. Entretanto, a correta interpretação deste método consiste no alcance de um nível de representatividade da riqueza, mas não do valor real do número de espécies de uma comunidade. Visando estimar com certo nível de precisão a riqueza de comunidades, foram desenvolvidos estimadores não-paramétricos de riqueza, que passaram a ser utilizados para representar a riqueza florística da amostra, e verificar a suficiência amostral. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho de estimadores não-paramétricos na estimativa da riqueza de espécies em fragmentos de floresta estacional semidecidual e a aplicação dos mesmos como forma de verificação da suficiência amostral. Foram utilizados dados obtidos através da realização de censos florestais em cinco fragmentos de floresta estacional semidecidual no Estado de Minas Gerais. Foram avaliados os estimadores Jackknife 1 e 2 e Chao 1 e 2. Para cada estimador, comparou-se a riqueza estimada a partir de diferentes tamanhos de amostras com os valores observados. Observou-se que os estimadores de riqueza não-paramétricos fornecem subestimativas da riqueza máxima, com alta probabilidade. Os resultados sugerem que, nos fragmentos de floresta estacional semidecidual avaliados, a utilização dos estimadores não-paramétricos para a determinação do percentual de espécies amostradas, não se justifica para amostragens inferiores a 25% da área total. Apesar da fração amostrada não ser considerada no cálculo da riqueza pelos estimadores não-paramétricos analisados, pode ser utilizada na avaliação da precisão das estimativas geradas pelos mesmos.

Palavras-chave: riqueza florística, curva espécie-área, amostragem.

INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas enfrentados em estudos direcionados ao conhecimento da diversidade dos ecossistemas florestais nativos é a dificuldade de obtenção das informações necessárias à sua caracterização confiável. Uma representação fiel da diversidade de espécies de uma comunidade só seria atingida através de um levantamento com enumeração completa dos indivíduos, chamado censo florestal, que se torna inviável do ponto de vista econômico para a grande maioria dos estudos.

Desta forma, o emprego de técnicas de amostragem, mostra-se como a forma mais exequível para realização de estudos de descrição e análise da vegetação. Porém é necessário avaliar a adequação dos métodos e procedimentos amostrais capazes de contemplar a maior parte da variabilidade da comunidade estudada e, desta forma, realizar inferências mais precisas sobre a diversidade do local.

Tão importante quanto a definição correta de métodos e procedimentos amostrais, é a verificação de suficiência amostral. Segundo Gomide (2005), somente após a determinação da suficiência amostral pode-se obter índices de diversidade e similaridade e realizar a caracterização florística da área de estudo. Gomide (2005) menciona ainda que, a deficiência amostral pode levar a

¹ Mestrando em Engenharia Florestal, DCF/UFLA, gabrielmvo@gmail.com

² Mestrando em Engenharia Florestal, DCF/UFLA, antoniojsnd@yahoo.com.br

³ Doutoranda em Engenharia Florestal, DCF/UFLA, isabelcarolinadelima@yahoo.com.br

interpretações e conclusões equivocadas da fisionomia estudada, por não contemplar corretamente a população em estudo.

A riqueza e a diversidade de espécies são diretamente influenciadas pela natureza da comunidade e pelo esforço amostral despendido, uma vez que o número de espécies aumenta com o aumento do número de indivíduos amostrados (BARROS, 2007; COLWELL et al., 2004). Portanto, é necessário selecionar amostras que representem o padrão florístico do local. Para uma amostragem eficiente, devem-se conhecer os princípios básicos dos métodos e procedimentos a serem adotados, e ainda, ter uma noção da estrutura da comunidade estudada.

Dentre as formas de verificação da suficiência amostral em estudos de composição florística, a curva espécie-área é, sem dúvida, a mais difundida e utilizada no meio científico (SCHILLING & BATISTA 2008), destacando-se também a regressão linear em platô (GOMIDE et al., 2005). Entretanto, a correta avaliação da suficiência amostral por meio da acumulação de espécies, consiste no alcance de um nível de representatividade da riqueza, não do valor real do número de espécies de uma comunidade.

Visando modelar e estimar com certo nível de precisão a riqueza de comunidades florestais, foram desenvolvidos estimadores não-paramétricos de riqueza, entre os quais se destacam Jackknife 1 e 2, Chao 1 e 2, ACE, ICE, o método Bootstrap, função Michaelis-Menten, entre outros. O detalhamento completo da formulação e dos princípios de cada um destes estimadores pode ser consultado em Colwell (2006). No Brasil, recentemente, estes estimadores tem sido utilizados principalmente em estudos de comunidades de artrópodes, sobretudo insetos (KRUG & ALVES-DOS-SANTOS, 2008; RICETTI & BONALDO, 2008), e em menor proporção em estudos de vegetação (SONEGO et al., 2007). De acordo com esses trabalhos, a riqueza esperada através dos estimadores, passa a ser um parâmetro para comparação com a riqueza encontrada na própria amostra, tornando-se uma forma de verificação da suficiência amostral.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o desempenho de estimadores não paramétricos na estimativa de riqueza de espécies em cinco fragmentos de floresta estacional semidecidual (FESD) e analisar a aplicação dos mesmos, como forma de verificação da suficiência amostral.

MATERIAL E MÉTODOS

Base de dados

Foram utilizados dados coletados em censos florestais realizados em cinco fragmentos de floresta estacional semidecidual (FESD), localizados no Estado de Minas Gerais (Tabela 1). Priorizou-se o estudo de fragmentos pertencentes à mesma fitofisionomia (FESD), por considerar que, provavelmente, haveria maior semelhança quanto à variabilidade de espécies arbóreas.

Tabela 1 – Caracterização dos fragmentos estudados

Fragmento	Município	Área (ha)	Área da parcela (m²)	Riqueza observada (spp.)
1	Lavras	5,04	400	182
2	Timóteo	2,00	1000	211
3	Timóteo	1,00	1000	81
4	Timóteo	1,00	1000	158
5	Timóteo	1,00	1000	137

Análise dos dados

Apesar da grande variedade de estimadores de riqueza citados na literatura, foram utilizados apenas os estimadores Jackknife 1 e 2 e Chao 1 e 2, por serem mais usuais em estudos de vegetação (Tabela 2). Para cada estimador, comparou-se a riqueza estimada a partir de diferentes tamanhos de amostras com os valores observados no censo. Cabe ressaltar que as estimativas de riqueza foram obtidas sob diferentes tamanhos amostrais, até o limite correspondente ao número máximo de unidades cabíveis no fragmento (m). O procedimento foi executado com o auxílio do *software* EstimateS 8 (COLWELL, 2006).

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

Tabela 2 – Estimadores de riqueza não-paramétricos utilizados e respectivas formulações

Estimador	Formulação
Chao 1 (clássica)	$\hat{S} = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_2}$
Chao2 (clássica)	$\hat{S} = S_{obs} + \frac{Q_1^2}{2Q_2}$
Jackknife 1	$\hat{S} = S_{obs} + Q_1 \left(\frac{m-1}{m} \right)$
Jackknife 2	$\hat{S} = S_{obs} + \frac{Q_1(2m-3)}{m} - \frac{Q_2(m-2)^2}{m(m-1)}$

em que: \hat{S} = riqueza de espécies estimada; S_{obs} = riqueza de espécies observada; F_i = número de espécies que tem exatamente i indivíduos em todas as amostras juntas ($F_1 = \text{singletons}$ e $F_2 = \text{doubletons}$); Q_j = número de espécies que o ocorrem em exatamente em j amostras ($Q_1 = \text{únicas}$; $Q_2 = \text{duplicatas}$); m = número total de unidades amostrais (parcelas); ver Colwell (2006) para mais detalhes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de riqueza máxima observada e determinada por cada um dos estimadores avaliados, considerando o censo florestal, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Riqueza máxima observada e determinada pelos estimadores não-paramétricos analisados

Fragmento	Riqueza observada (spp.)	Riqueza estimada			
		Jackk 1	Jackk 2	Chao 1	Chao 2
1	182	238,55	272,19	232,07	250,27
2	211	290,8	327,18	267,01	287,7
3	81	177,18	213,55	129,6	164,98
4	158	227,23	253,16	223,7	262,19
5	137	183,8	209,76	164,52	198,45

Ao analisar os valores apresentados na Tabela 3, verifica-se que todos os métodos superestimam a riqueza máxima em todos os fragmentos. Isso pode ser explicado pelo fato dos estimadores se apoiarem na heterogeneidade dos dados para realizar suas estimativas. A cada ocorrência de uma espécie considerada rara (ver COLWELL 2006), aumenta-se a heterogeneidade, fazendo com que os estimadores considerem uma maior probabilidade de encontrar novas espécies. Desta forma, os estimadores de segunda ordem (Jackknife 2 e Chao 2) superestimam ainda mais a riqueza total por considerarem raras espécies que ocorrem em até duas parcelas, enquanto os estimadores de primeira ordem (Jackknife 1 e Chao 1) são menos rigorosos nesse aspecto.

Os comportamentos das curvas da estimativa de espécies obtidas através dos estimadores não-paramétricos em função do número de parcelas em cada fragmento são apresentados na Figura 1.

Observa-se que a maior parte dos estimadores só produzem resultados próximos ou equivalentes à riqueza observada, quando a amostra corresponde a aproximadamente 30% da área total dos fragmentos. Entretanto, nos fragmentos 1 e 2, a riqueza de espécies foi estimada a partir de uma amostragem de cerca de 25% da área total. Em termos práticos, uma amostragem tão intensa, raramente é praticada. Estudos de vegetação visando conhecer a composição florística e a estrutura de fragmentos de FESD e outras fisionomias, normalmente, não chegam a amostrar 1% da área total (REIS et al. 2007; RONDON-NETO et al. 2000; SOUZA et al. 2010).

Na Tabela 4 é apresentada a intensidade amostral, para cada estimador, que permite estimar de forma aproximada a riqueza total do fragmento. Nota-se que, o estimador Chao 2 é o primeiro a gerar resultados de riqueza total iguais ou próximos ao valor observado, sendo esse fato observado em quatro dos cinco fragmentos estudados. Apenas no fragmento 1 o estimador Jackk 2 foi o primeiro a fornecer estimativas de riqueza próximas ao observado no censo. Esse resultado foi atingido a partir de 32 parcelas amostradas, ou seja, 25,4% da área total do fragmento.

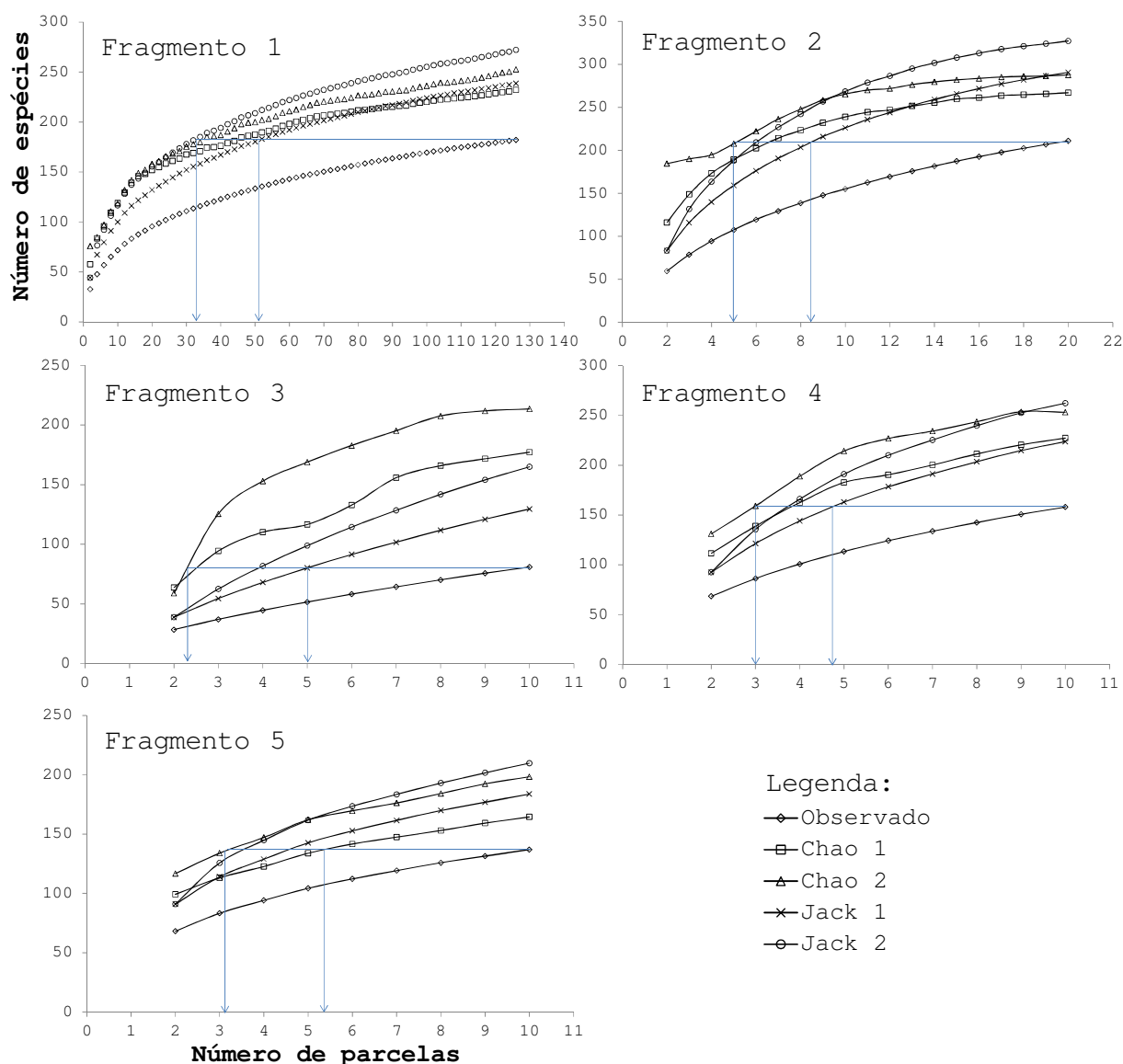


Figura 1–Estimativa de riqueza máxima em função do número de parcelas amostradas.

Em uma abordagem realista dos resultados dispostos na Tabela 4, é importante destacar que, em geral, não se conhece o valor verdadeiro da riqueza de espécies e, portanto, é impossível estabelecer a intensidade amostral sob a qual os estimadores produzirão resultados equivalentes à riqueza total de um fragmento florestal. Desta forma, utilizar os estimadores de riqueza para determinar o percentual das espécies que foi efetivamente amostrado em um levantamento, pode levar a conclusões equivocadas sobre a representatividade da amostra, uma vez que não se sabe se a intensidade amostral utilizada no estudo foi suficiente para captar a heterogeneidade da população e, sobretudo, para representar o comportamento ou a probabilidade de ocorrência de espécies raras.

No entanto, a partir de determinada intensidade amostral os dados apresentaram variabilidade “ideal” e os estimadores avaliados manifestaram com exatidão a riqueza da vegetação estudada (Figura 2). Apesar da fração amostrada não ser uma variável utilizada no cálculo da riqueza pelos estimadores não-paramétricos, é indiretamente considerada, de forma que o tamanho da amostra seja capaz de captar, a variabilidade existente na comunidade.

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

Tabela 4–Intensidade amostral requerida para obtenção da estimativa de riqueza equivalente à riqueza total do fragmento

Fragmento	Estimador	<i>n</i>	<i>S_{est.}</i>	<i>S_{obs.}</i>	Área amostrada (%)	<i>S_{total}</i>
1	Jackk 1	52	183,0	135,3	41,3	182
	Jackk 2	32	181,6	113,3	25,4	
	Chao 1	44	182,4	127,4	34,9	
	Chao 2	45	181,1	117,1	35,7	
2	Jackk 1	7	216,0	129,0	35,0	211
	Jackk 2	6	209,3	119,0	30,0	
	Chao 1	7	214,2	129,0	35,0	
	Chao 2	5	207,8	107,0	25,0	
3	Jackk 1	6	91,5	58,0	60,0	81
	Jackk 2	5	98,9	51,0	50,0	
	Chao 1	3	94,0	37,0	30,0	
	Chao 2	3	125,6	37,0	30,0	
4	Jackk 1	5	163,0	113,0	50,0	158
	Jackk 2	4	166,0	100,0	40,0	
	Chao 1	4	162,5	100,0	40,0	
	Chao 2	3	159,1	86,0	30,0	
5	Jackk 1	5	142,7	104,0	50,0	137
	Jackk 2	4	144,9	94,0	40,0	
	Chao 1	6	141,6	112,0	60,0	
	Chao 2	3	134,0	83,0	30,0	

em que: *n* = número de parcelas; *S_{est.}* = riqueza estimada em *n* parcelas; *S_{obs.}* = riqueza observada em *n* parcelas; *S_{total}* = riqueza observada no censo florestal (*m* parcelas).

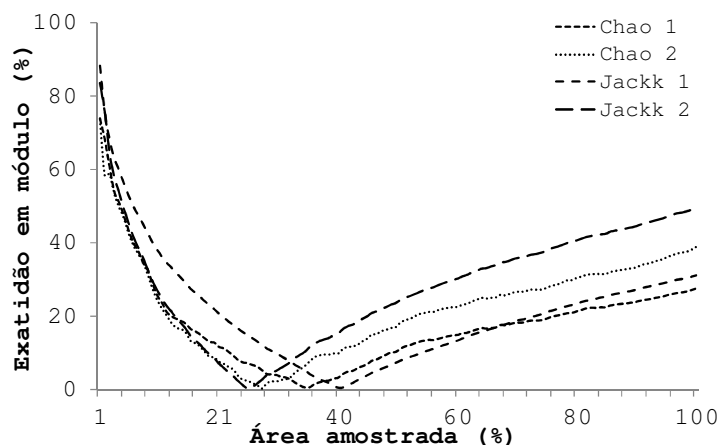


Figura 2–Comportamento da exatidão ($|S_{est.} - S_{obs.}|$) dos estimadores em função da área amostrada no Fragmento 1.

CONCLUSÕES

Em estudos de vegetação, há uma elevada probabilidade de que estimadores de riqueza não-paramétricos superestimem a riqueza máxima de espécies em função da não adequação da amostra.

Os resultados sugerem que, nos fragmentos de floresta estacional semidecidual estudados, a utilização dos estimadores não-paramétricos para a determinação da suficiência amostral de um levantamento, não se justifica para amostragens inferiores a 25% da área.

Apesar da fração amostral não ser considerada no cálculo da riqueza pelos estimadores não-paramétricos analisados, pode ser utilizada na avaliação da precisão das estimativas geradas pelos mesmos.

REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

- BARROS, R. S. M. 2007. **Medidas de diversidade biológica**. Programa de Pós Graduação em Ecologia – Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em: <http://www.ecologia.ufjf.br/admin/upload/File/Estagio_docencia_Ronald.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2009.
- COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology**, 85:2717-2727. 2004.
- COLWELL, R.W. 2006. **Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 8. Disponível em: <<http://purl.oclc.org/estimates>>. Acesso em: 11 jan. 2009.
- GOMIDE, L. R. *et al.* Uma nova abordagem para definição da suficiência amostral em Fragmentos florestais nativos. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 376-388, out./dez. 2005
- KRUG, C. & ALVES-DOS-SANTOS, I. O uso de diferentes métodos para amostragem da fauna de abelhas (hymenoptera: apoidea), um estudo em floresta ombrófila mista em Santa Catarina. **Neotropical Entomology**, 37(3): 265-278 (2008).
- REIS, H.; SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D.; OLIVEIRA-FILHO, A.; MELO, J. M. Análise da composição Florística, diversidade e similaridade de fragmentos de mata atlântica em Minas Gerais, **Revista Cerne**, Lavras, v, 13, n, 3, p, 280-290, 2007.
- RICETTI, J. & BONALDO, A. B. Diversidade e estimativas de riqueza de aranhas em quatro fitofisionomias na Serra do Cachimbo, Pará, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 98, n. 1, p. 88-99, 2008.
- RONDON-NETO, R. M.; BOTELHO, S.A.; FONTES, M. A. L.; DAVIDE, A.C. & FARIA, J.M.R. Estrutura e composição Florística da comunidade arbustivo - arbórea de uma clareira de origem antrópica, em uma floresta estacional semidecídua montana, Lavras, MG, Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 02, n. 1, p. 79-94, 2000.
- SCHILLING, A.C. & BATISTA, J.L.F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira Botânica**, v.31, n.1, p.179-187, jan.-mar. 2008.
- SONEGO, R. C.; BACKES, A.; SOUZA, A. F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. Brasília, **Acta Botânica Brasílica**, v. 21, p. 943-955. 2007.
- SOUZA, P. B.; SAPORETTI JUNIOR, A. W. ; SOARES, M. P.; VIANA, R. H. O. ; CAMARGOS, V. L DE.; MEIRA NETO, J. A A. Florística de uma área de cerradão na floresta Nacional de Paraopeba - Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 86-93, jan./mar. 2010.