

DIVERSIDADE DE CRITÉRIOS E UNIFORMIDADE DE INDICADORES NA AMOSTRAGEM DE CERRADO

Fábio Venturoli¹ Thalles Oliveira Martins², Carlos de Melo e Silva-Neto³,

¹ Professor Doutor Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: fabioventuroli@gmail.com

² Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Brasília, Distrito Federal, Brasil - thallesflorestal@hotmail.com

³ Universidade Federal de Goiás, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG, Goiânia, Goiás, Brasil - carloskoa@gmail.com

Recebido em: 02/09/2015 – Aprovado em: 30/09/2015 – Publicado em: 15/02/2016
DOI 10.18677/TreeDimensional_2016_004

RESUMO

Estudos de comunidades florestais são importantes para entender os padrões de distribuição das espécies e suas relações com fatores ambientais locais. Diante disso, a teoria de amostragem é utilizada como ferramenta fundamental para dar confiança às estimativas populacionais, a partir de amostras representativas dessas populações. Entretanto, há de se convergir para a análise de diferentes variáveis para a correta tomada de decisão sobre a confiabilidade de inventários florestais. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi analisar um inventário florestal, em um Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, sob quatro diferentes perspectivas, variando-se o limite de inclusão na amostragem e a intensidade amostral, buscando responder sobre a precisão e consistência nas estimativas da densidade arbórea populacional. Os resultados corroboraram a premissa de que a análise do inventário deve compreender uma combinação de variáveis e que, embora seja regulamentado legalmente, o Termo de Referência elaborado pelo órgão ambiental do DF não compreendeu a heterogeneidade ambiental e a influência antrópica sobre a área estudada, e, portanto, não deve ser o único instrumento utilizado para validar um inventário florestal componente de processos de licenciamento ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Estudos de vegetação, Inventário florestal, biometria

DIVERSITY OF CRITERIA AND INDICATORS UNIFORMITY IN SAMPLING OF CERRADO

ABSTRACT

The studies of forest communities are important to understand the patterns of species and their relationships with environmental factors. Therefore, statistics are used to allow confidence to the population estimates based on representative samples of these populations. However, it's essential analyze more than one parameter to the correct decision on the efficiency of one forest inventory. The objective of this study was to analyze a forest inventory, in a Cerrado sensu stricto in the Central Brazil at four different perspectives, varying the inclusion limit of the sampling and the sampling intensity, seeking to respond to the accuracy, consistency and biases estimates of population parameters, especially in relation to tree density. The results support the assumption that the analysis of the inventory should include a combination of parameters and that the Reference Term, prepared by Oficial Environmental Agency did not considered the environmental heterogeneity and the human influence on the study area, and therefore should not be the only instrument used to validate a licensing process.

KEYWORDS: Vegetation surveys, forest inventory, biometry.

INTRODUÇÃO

A vegetação e os ecossistemas associados podem ser estudados sob uma amplitude de escalas que passa do nível das folhas ao nível de toda a biosfera, seguindo uma hierarquia organizacional (PATTEE, 1973). No entanto, estudos recentes, em nível de comunidades de plantas, têm sido importantes em razão de esta ser uma escala em que as populações e os indivíduos de uma espécie podem ser identificados e agrupados para caracterizar a vegetação de uma determinada área, por ser uma escala que permite reconhecer a natureza e a variação da vegetação sob a superfície terrestre e por ser nesta escala que ocorrem mudanças na vegetação em decorrência das atividades humanas (KENT, 2012). Como permite identificar e estudar a dinâmica da vegetação ao longo do tempo ou espaço é, portanto, a escala apropriada para aplicar (e mensurar a eficiência de) políticas e práticas de conservação e manejo florestal.

Estudos de comunidades de plantas envolvem a sua descrição, seja em estrutura e fisionomia, seja pela florística. Porém, os métodos de descrição de uma comunidade particular dependem de alguns fatores, como os objetivos e propósitos do estudo; o tamanho da comunidade; o tipo de habitat; e os recursos disponíveis: financeiros, materiais (equipamentos), recursos humanos e tempo. Além disso, a correta identificação botânica das espécies é importante nos estudos de comunidades.

Nos estudos de fisionomia e estrutura, a descrição da vegetação, geralmente, é baseada na morfologia, nas formas de vida e no tamanho das espécies presentes. Já nos estudos de florística, as espécies são relatadas pelas suas abundâncias ou pela presença ou ausência na comunidade (KENT, 2012). Em geral, os estudos em comunidades de plantas são feitos por meio de amostras, e a literatura é extensa na descrição de métodos e processos de amostragem da vegetação (PELLICO NETTO & BRENA, 1997; MCROBERTS et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014; VELOSO et al., 2014; SANQUETTA et al., 2014).

A amostragem aleatória de uma população (universo de estudo – definição estatística de população) permite fazer as estimativas dos parâmetros populacionais de forma não viesada, precisa e consistente, o que possibilita validar o inventário

florestal com determinado nível de confiança e significância (PELLICO NETTO & BRENA, 1997; QUEIROZ, 2012).

Inventários florestais que objetivam o conhecimento da densidade arbórea e da composição florística de uma comunidade vegetal são comuns em processos que envolvem a Licença para a supressão de vegetação no Brasil. Apesar dessas variáveis serem de natureza discrepante, a definição de amostra para densidade está bem estabelecida. Por outro lado, a questão da “suficiência” amostral para descrever a composição florística é um assunto considerado controverso, como discutido por SCHILLING & BATISTA (2008), porém, útil, haja vista os estudos de RATTER e colaboradores iniciados na década de 1980 que apontaram cientificamente grande parte da flora do Cerrado (RATTER et al., 2001; RATTER et al., 2003).

No Distrito Federal, por exemplo, o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (Ibram) é o órgão responsável pela emissão das Licenças para desmatamento e, para tanto, definiu em um Termo de Referência (TdR) os parâmetros mínimos para aprovar um inventário florestal em processos de supressão de vegetação nativa naquela Unidade da Federação.

Adicionalmente, as estimativas da densidade arbórea podem ser feitas por diferentes métodos e processos de amostragem da vegetação (PELLICO NETTO & BRENA, 1997; QUEIROZ, 2012; SANQUETTA et al., 2014), confiando ao órgão ambiental a capacidade de análise dos relatórios à luz da referência estatística. Esta capacidade sobrevém do conhecimento de estudos científicos comparativos entre diferentes métodos e processos de amostragem de vegetação que versam, especialmente, por otimizar os recursos dispendidos em inventários florestais sem prejuízo do reconhecimento da flora e da precisão, exatidão e consistência das estimativas não viesadas dos parâmetros populacionais (AUGUSTYNCZIK et al., 2013).

Assim, o objetivo deste estudo foi identificar uma estratégia de amostragem ótima para uma área de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal. Foram analisados quatro diferentes perspectivas (critérios) de inventários florestais, variando-se o limite de inclusão na amostragem e a intensidade amostral, buscando responder sobre a precisão e consistência das estimativas (indicadores) da densidade arbórea populacional e da diversidade florística.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu 87.000m² de Cerrado sentido restrito disposto ao longo da rodovia DF 065 no Distrito Federal, entre as coordenadas geográficas 15°57'14.83"S e 48°0'21.37"W; e situado na Faixa de Domínio do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF).

O clima local é caracterizado como Cwa pela classificação de Köppen – tropical de Savana, com inverno seco e verão chuvoso. A pluviosidade média histórica é 1.450mm.ano⁻¹, concentrando-se entre outubro e abril (Inmet, 2014). A altitude local é de 1.050 metros em relação ao nível médio do mar.

A amostragem da vegetação lenhosa foi realizada com unidades amostrais de 20m x 50m, aleatoriamente distribuídas na população. Foram consideradas duas intensidades amostrais, que corresponderam a 5,7% e 11,4% da população, doravante denominados 5% e 10%, respectivamente; e dois limites de inclusão na amostragem, sendo o primeiro deles o diâmetro a 30cm de altura em relação ao

nível do solo maior ou igual a cinco centímetros ($D_{0,30} \geq 5\text{cm}$); e o segundo a altura total igual ou superior a 2,5 metros ($H \geq 2,50\text{m}$) independentemente do diâmetro a 30cm de altura ($D_{0,30}$). Com isso foram comparadas quatro combinações de amostragem: amostragem 1 - intensidade amostral de 5,7% da população e limite de inclusão: $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$; amostragem 2 - intensidade amostral 5,7% da população e limite de inclusão: $H \geq 2,50\text{m}$; amostragem 3 - intensidade amostral 11,4% da população e limite de inclusão: $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$; e amostragem 4 - intensidade amostral 11,4% da população e limite de inclusão: $H \geq 2,50$ metros.

Em cada unidade amostral todos os indivíduos arbóreos que se enquadravam dentro dos limites de inclusão na amostragem foram mensurados em diâmetro, com auxílio de uma Suta ($D_{0,30}$), e em altura total, por meio de Clinômetro eletrônico Haglôf, sendo identificados em nível de espécie.

Verificada a distribuição normal dos dados (teste de Shapiro-Wilk - $p < 0,05$) e a homogeneidade de variâncias (teste de Levene - $p < 0,05$), buscou-se responder, por meio da Análise de Variância (Anova), a 5% de significância, se houve efeito da intensidade amostral ou do limite de inclusão na amostragem, nas estimativas da densidade populacional por hectare.

A partir do número de indivíduos por unidade amostral foram feitas as estimativas da densidade arbórea por hectare contemplando-se os dois limites de inclusão na amostragem e as duas intensidades amostrais. Para cada um dos quatro inventários florestais comparados foi calculado o número de unidades amostrais requeridas para representar significativamente a população, i.é., foi calculada a representatividade amostral dos quatro inventários florestais.

Considerando que as duas intensidades amostrais foram superiores a 5% da população, utilizou-se a abordagem referente a populações finitas, conforme indicado por ZAR (2010), fundamentado em COCHRAN (1977), da seguinte forma:

$$m = \frac{n}{1 + (n - 1)/N}$$

Em que,

$$n = \frac{S^2 t_{\alpha(2),v}^2}{d^2}$$

Nas equações, m indica o tamanho da amostra necessária para representar estatisticamente a população; n o número de unidades amostradas na população; N o tamanho da população; S^2 a variância da amostra, estimada com $v = n - 1$ graus de liberdade; d a metade da amplitude do intervalo de confiança desejável, e $1 - \alpha$ o nível de confiança da amostragem: 90%. O valor t refere-se ao valor crítico bicaudal da distribuição *t-Student*, com $v = n - 1$ graus de liberdade.

A amplitude do intervalo de confiança desejável (d) supramencionada foi calculada considerando-se os limites estabelecidos no Anexo I do Termo de Referência do Ibram (TdR), sejam eles: “erro calculado de amostragem com limite máximo de 15%, ao nível de 90% de probabilidade, e valor de *t-Student* a 90% de probabilidade”.

A representatividade amostral foi calculada por processo iterativo, com aproximações de n progressivamente mais acuradas (ZAR, 2010).

Seguindo as propriedades da distribuição normal, foi calculada a probabilidade de uma unidade amostral qualquer, escolhida aleatoriamente na população, apresentar densidade arbórea dentro do limite de erro de 15% em relação à densidade arbórea amostral média.

Uma vez que a amostragem realizada tendo com limite de inclusão a altura total maior ou igual a 2,5 metros ($H \geq 2,5\text{m}$) foi mais inclusiva do que a amostragem que considerou como limite de inclusão o diâmetro a 0,30 metros de altura em relação ao nível do solo ($D_{0,30} \geq 5\text{cm}$), foram ajustados dois modelos de regressão linear para prever a densidade arbórea populacional das árvores com $H \geq 2,5\text{m}$ em razão da densidade arbórea com $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$. Cada um desses modelos foi ajustado com uma das duas intensidades amostrais (5% e 10% da população). A significância estatística dos modelos foi verificada pela Análise de Variância da regressão, a 5% de probabilidade; pelo coeficiente de determinação múltipla (R^2); pelo erro padrão da estimativa; e pela distribuição gráfica dos resíduos.

Os coeficientes de regressão linear das duas equações, assim como os interceptos das retas no eixo Y, foram testados entre si por teste *t-Student*, a 5% de probabilidade. Neste caso, buscou-se chegar a uma equação comum que permitiu estimar a densidade arbórea com altura superior a 2,5 metros em razão da densidade arbórea com $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$, independentemente da intensidade amostral. Isso foi feito, devido à exigência contida no Termo de Referência do IBRAM de indicar a densidade arbórea com altura maior ou igual a 2,5 metros, em detrimento, do que é recomendado no Manual de Parcelas Permanentes dos Biomas Cerrado e Pantanal: indicar a densidade arbórea dos indivíduos que tenham diâmetro maior ou igual a 5cm a 0,30 metros de altura em relação ao nível do solo, também conhecido por diâmetro da base (Db) (Felfili et al., 2005).

Complementarmente, a diversidade florística foi estudada pelo índice de *Shannon-Wiener* (H') (Magurran, 2004), comparando-se as duas intensidades amostrais e os dois limites de inclusão na amostragem por teste *t-Student*, a 5% de significância, conforme recomendado por Zar (2010). Avaliou-se também a similaridade florística, pelo índice de Sorensen (FELFILI et al., 2004; 2006).

O conceito de diversidade considera a distribuição das observações entre categorias (Zar, 2010) e o índice de *Shannon* combina, portanto, riqueza e abundância de espécies, ou seja, a distribuição do número de indivíduos pelas categorias (espécies), sendo o mais apropriado ao estudo proposto. Ademais, o uso do índice de diversidade justifica-se sobremaneira em razão da escala nominal dos dados (espécies), onde não existe média ou mediana ou medidas ordenadas que sirvam como referência para a discussão de dispersão dos dados (ZAR, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade arbórea média por unidade amostral variou de 19 árvores a 25 árvores, não existindo diferença estatística significativa entre as estimativas feitas com as duas intensidades amostrais nem entre as estimativas feitas com os dois limites de inclusão na amostragem [Anova ($p > 0,05$)]. Dessa forma, a densidade arbórea por hectare ficou estimada em 224 árvores \pm 32 árvores (intervalo de confiança com 90% de probabilidade).

As estimativas do número mínimo de unidades amostrais (u.a.) necessárias para representar estatisticamente a população variaram entre 22u.a. e 35u.a., apesar do erro padrão ter se mantido estável entre as amostragens (Tabela 1). Quatro iterações foram suficientes para estabilizar o valor de m em todas as estimativas.

Tabela 1. Representatividade amostral com as duas intensidades de amostragem, 5% e 10%, e os dois limites de inclusão na amostragem: $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$ e altura total (H) $\geq 2,5\text{m}$. O número de unidades amostrais necessárias para representar estatisticamente a população é representado por m ; l indica o número de iterações para o cálculo de m ; $S_{\bar{x}}$ é o erro padrão da amostra

Amostragem	5%; H $\geq 2,5\text{m}$	5%; $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$	10%; H $\geq 2,5\text{m}$	10%; $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$
m	23	22	32	35
l	4	4	4	4
$S_{\bar{x}}$ (%)	21,1	20,8	19,1	20,3

Haja vista a distribuição normal dos dados, a probabilidade de uma parcela qualquer, aleatoriamente amostrada na população, em quaisquer das situações que combinaram as duas intensidades amostrais e os dois limites de inclusão na amostragem; apresentar número de indivíduos maior ou menor do que a média amostral foi de 50%. Porém, adotando-se o limite de erro de 15% em relação à densidade média amostral, a probabilidade de uma parcela qualquer, aleatoriamente escolhida na população, apresentar densidade arbórea dentro do limite de erro de 15%, i.e., entre 19 árvores e 25 árvores, foi 78% [$P(-1,23 \leq Z \leq 1,23) = 0,7814$].

As equações de regressão linear ajustadas para estimar a densidade arbórea populacional com altura maior do que 2,5 metros ($H \geq 2,5\text{m}$) em razão da densidade arbórea com diâmetro a 30cm do solo maior do que 5 centímetros ($D_{0,30} \geq 5\text{cm}$), seja com 5% ou 10% de intensidade amostral, foram consideradas estatisticamente significativas para as estimativas ($p < 0,05$) (Figura 1); com erros-padrão de 3,02 árvores (5% de intensidade amostral) e 2,11 árvores (10% de intensidade amostral); e resíduos uniformemente distribuídos.

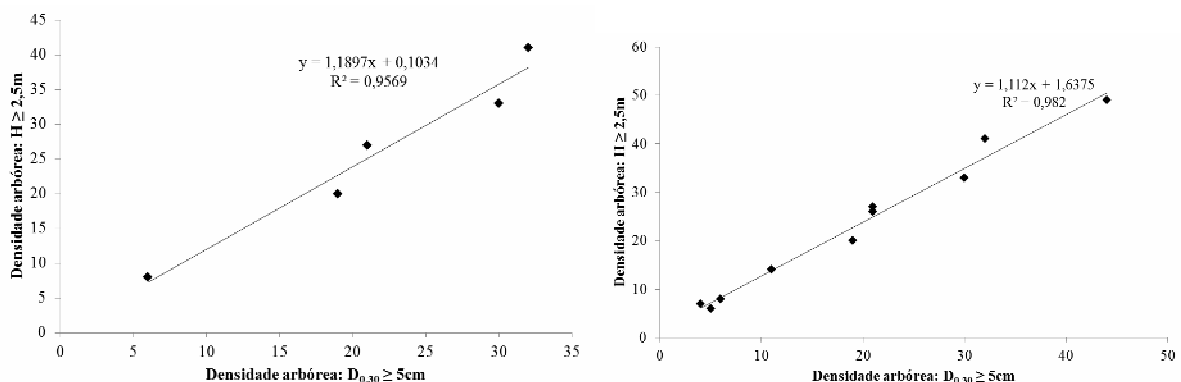


Figura 1. Regressão linear para as estimativas da densidade arbórea populacional com $H \geq 2,5\text{m}$ em razão da densidade arbórea populacional com $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$, nas duas intensidades amostrais [5% (a) e 10% (b)] em um Cerrado típico ao longo da DF-065, no Distrito Federal. Valor $p < 0,05$ para ambas as regressões, erro padrão igual a 3,02 árvores (5% de intensidade amostral) e 2,11 árvores (10% de intensidade amostral). Resíduos uniformemente distribuídos.

Os coeficientes de regressão linear das duas equações, assim como os interceptos das duas retas no eixo das ordenadas (Imagem – eixo Y) não foram

significativamente diferentes entre si [teste *t-Student* ($t = 1,38$ e $t = -0,009$; $p < 0,05$), respectivamente]. Com isso foi possível expressar a estimativa da densidade arbórea com $H \geq 2,5$ m (\hat{Y}_i em razão da densidade arbórea com $D_{0,30} \geq 5$ cm (X_i) utilizando-se um coeficiente de regressão e um valor de intercepto no eixo Y comum para as duas intensidades amostrais. Ou seja, validou-se a estimativa de densidade arbórea independentemente da intensidade amostral:

$$\hat{Y}_i = 0,3371 + 1,1792X_i$$

Na diversidade florística (*Shannon-Wiener*) foram encontradas diferenças significativas entre as duas intensidades amostrais (teste *t-Student*, $p < 0,05$). Por outro lado, não houve diferença estatística significativa entre as estimativas de diversidade florística feitas alterando-se apenas o limite de inclusão na amostragem (teste *t-Student*, $p < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Análise da diversidade florística pelo índice de *Shannon-Wiener* – H' (Teste *t-Student* – $p < 0,05$) entre as duas intensidades amostrais e os dois limites de inclusão na amostragem, no Cerrado típico ao longo da DF 065, no Distrito Federal. Valores em porcentagem representam as duas intensidades amostrais (5% e 10%); $H \geq 2,5$ refere-se a alturas totais maiores ou iguais a 2,5 metros e $D \geq 5$ refere-se a $D_{0,30} \geq 5$ cm; n. é o número de espécies e J é a equabilidade de Pielou.

Intensidade amostral; limite de inclusão na amostragem		5%; H>2,5	10%; H>2,5	5%; D>5	10%; D>5
		(valor-p)			
5%; H>2,5	valor de t	-	0,006	0,49	0,01
10%; H>2,5		-2,73	-	0,001	0,75
5%; D>5		0,68	-3,22	-	0,004
10%; D>5		-2,36	0,31	-2,87	-
Espécies (n)		34	50	32	46
H'		2,95	3,24	2,86	3,21
J-Pielou		0,83	0,82	0,82	0,83

Qualea parviflora Mart. (Vochysiaceae), *Schefflera macrocarpa* (Cham. & Schlttdl.) Frodin (Araliaceae), *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Fabaceae), *Mimosa* L. (Fabaceae) e *Caryocar brasiliense* Cambess. (Caryocaraceae) foram as espécies mais abundantes na área. Essas são espécies típicas do Cerrado *sensu stricto* (Ratter et al., 2003; Mendonça et al, 2008).

Complementarmente, verificou-se maior similaridade florística entre as amostras tomadas com a mesma intensidade amostral (> 95%), apesar da similaridade florística entre todos os inventários não ter sido baixa: 78% pelo índice de Sorensen, conforme o Dendrograma apresentado na Figura 3.

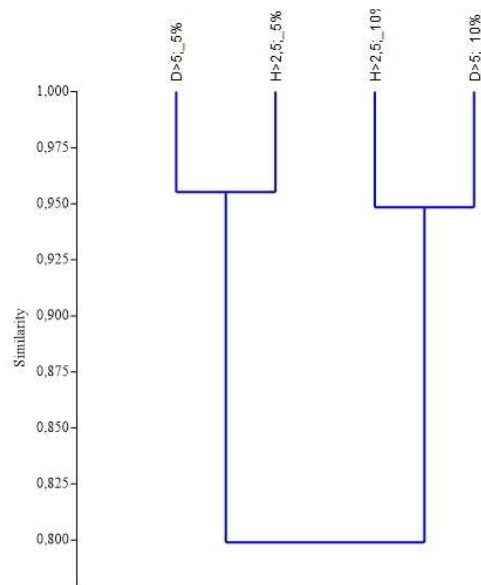


Figura 3. Dendrograma de similaridade florística (índice de Sorensen), pelo método UPGMA (Método de Agrupamento por Médias não Ponderadas/*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*), entre as duas intensidades amostrais e os dois limites de inclusão na amostragem, no Cerrado ao longo da DF 065, no Distrito Federal. Os valores em porcentagem representam as intensidades amostrais (5% e 10%); H \geq 2,5 refere-se a alturas totais maiores ou iguais a 2,5 metros e D \geq 5 refere-se a $D_{0,30} \geq 5$ cm.

A estimativa da densidade arbórea por hectare foi considerada abaixo do esperado para um Cerrado típico no Brasil Central, entre 800 árvores e 1.400 árvores (RIBEIRO & WALTER, 1998; RATTER et al., 2003; CARVALHO, 2011), refletindo a antropização local, haja vista estar localizado em área urbana, no Distrito Federal.

Ao se verificar que um aumento na intensidade amostral de 5% para 10% não garantiu a representatividade estatística da população em relação à densidade arbórea, constatou-se que aumentar exclusivamente o tamanho da amostra não significou reduzir invariavelmente a variância amostral. Contudo, como o erro padrão mostrou-se estável, independentemente do tamanho da amostra, corroborou-se que o tamanho da amostra, neste caso, não influenciou na representatividade populacional.

Apesar deste não ser um resultado esperado, pois, em geral, ao se aumentar o tamanho da amostra diminui-se a variância amostral (ZAR, 2010; QUEIROZ, 2012), este resultado esteve associado à heterogeneidade da vegetação em relação à densidade arbórea, o que era esperado por se tratar de vegetação nativa com influência antrópica. Assim, compreendeu-se que para corretamente decidir sobre a necessidade de se aumentar o tamanho de uma amostra em vegetação nativa, este pressuposto não deve ser o único a ser utilizado na tomada de decisão. Diante disso, as propriedades da distribuição normal dos dados revelaram-se alternativa segura para estimar a representatividade amostral.

Uma vez que a densidade arbórea de cada uma das abordagens da população apresentou-se normalmente distribuída em relação à sua média amostral e, considerando-se aceitável um limite de erro de 15% em relação à média amostral. A probabilidade de se encontrar ao acaso, na população, uma unidade amostral que contivesse entre 19 árvores e 25 árvores (média amostral \pm 15%) foi de 78,14%.

Com isso, todas as amostragens realizadas puderam ser consideradas representativas da população com 78,14% de confiança. Valor considerado alto, pois a probabilidade do número de árvores ser maior do que 25 árvores foi de 10,9% e de ser menor do que 19 árvores também foi de 10,9%.

A análise estatística entre as estimativas da densidade arbórea por unidade amostral aliada à variabilidade entre o número de indivíduos encontrados nas diferentes unidades amostrais permitiu inferir que a média amostral foi um estimador confiável da verdadeira média populacional, sustentando a confiança na estimativa da densidade arbórea populacional independentemente do limite de inclusão na amostragem e da intensidade amostral.

Na medida em que foi demonstrada a relação de dependência entre a densidade arbórea com altura igual ou superior a 2,5 metros em razão da densidade arbórea com $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$, independentemente se a intensidade amostral era de 5% ou de 10% da população, a equação de regressão comum comprovou a suficiência da estimativa da densidade arbórea populacional utilizando-se a amostragem em 5% da população, incluindo-se na amostra as árvores com $D_{0,30} \geq 5\text{cm}$. Diante disso, considerou-se desnecessário aumentar o limite de inclusão amostral, como preconizado pelo I_{bram}/DF , haja vista que a relação de dependência favoreceu as estimativas de densidade arbórea com altura maior do que 2,5 metros. O teste *t-Student* não apontou diferença significativa entre os coeficientes de regressão das duas equações ($t = 1,38$; $p < 0,05$), indicando que os dados foram amostrados de duas populações iguais (KENT, 2012).

As equações geradas pela regressão linear permitiram estimar a densidade arbórea, independentemente da intensidade amostral, assim como obtido por CARVALHO (2011) em Cerrado, a partir da distribuição da abundância de espécies. O autor levantou a hipótese que uma comunidade nativa no Cerrado ajusta-se apenas aos modelos que refletem comunidades ecológicas heterogêneas em equilíbrio.

Na diversidade florística, como foram encontradas diferenças significativas entre as duas intensidades amostrais, independentemente do limite de inclusão na amostragem (teste *t-Student*, $p < 0,05$). Ao se aumentar a intensidade amostral, ascendeu-se significativamente a diversidade florística.

Por outro lado, não houve diferença significativa na diversidade florística entre os dois limites de inclusão na amostragem (teste *t-Student*, $p < 0,05$), i. é., considerando-se constante a intensidade amostral, a variação no limite de inclusão na amostragem não promoveu diferenças significativas na diversidade florística local.

Apesar das diferenças na diversidade e da influência antrópica, a diversidade florística encontrada na área foi considerada alta, entre $2,8 \text{ nats.indv}^{-1}$ e $3,2 \text{ nats.indv}^{-1}$, com equabilidade (J-Pielou) entre 82% e 83% da diversidade máxima possível. Estes valores foram comparáveis a áreas de proteção ambiental de Cerrado como o Parque Estadual da Serra de Caldas, em Goiás (CARVALHO et al. 2008), o Cerrado na Chapada Pratinha, em Minas Gerais (FELFILI & FELFILI, 2001) e o Cerrado na Reserva Ecológica do IBGE, em Brasília, DF (ANDRADE et al., 2002). Com isso, a faixa de vegetação estudada, apesar de antropizada, apresentou-se como um ambiente natural tipicamente tropical: muitas espécies com poucos indivíduos e poucas espécies com muitos indivíduos (FELFILI et al., 2004; 2006). O que corrobora com o ajuste dos modelos de regressão linear supracitados, como observado por CARVALHO (2011).

Considerando ainda que a densidade arbórea não variou significativamente entre os diferentes inventários e que a similaridade florística entre eles foi superior a 78%, pôde-se considerar que a flora local esteve representada em qualquer um dos inventários. Por outro lado, estudos de FELFILI et al. (2001; 2002), MOURA et al. (2007), GOMES et al. (2011), MARACAHIPES et al. (2011) e ALMEIDA et al. (2014) recomendaram amostragens com área mínima de um hectare para registrar a riqueza das comunidades arbóreas em Cerrado *sensu stricto*. No presente trabalho, portanto, remeteu-se à discussão sobre a necessidade de se identificar todas as espécies de plantas presentes em uma comunidade vegetal, uma vez que a flora local já foi descrita e publicada (MENDONÇA et al., 2008) e que o objetivo do inventário foi estimar a densidade arbórea da população com 90% de confiança.

Complementarmente e considerando a exigência legal de inventários florestais em grande parte dos processos de Licenciamento Ambiental no Brasil, VENTUROLI (2013) discutiu a possibilidade de uso das estimativas de densidade arbórea feitas pelo Inventário Florestal Nacional (Serviço Florestal Brasileiro, 2014) em substituição aos inventários realizados para atender às exigências dos órgãos ambientais. O autor abordou que a confiabilidade dos resultados desses inventários tem sido questionada sob diferentes aspectos, entre eles a correta identificação botânica, incluindo a coleta e herborização do material, e a efetiva realização dos trabalhos de campo. Com isso, o Inventário Florestal Nacional (IFN) foi posto como uma alternativa técnica para os órgãos ambientais nos processos de licenciamento, pois os resultados seguem uma metodologia padrão e estão sujeitos a controle de qualidade. Ademais, o material botânico obrigatoriamente estará depositado em herbário, sendo identificado por especialistas.

Essa alternativa veio como uma estratégia para justificar investimentos e esforços estaduais no Inventário Florestal Nacional, garantindo confiança aos resultados e diminuindo custos e tempo no processo de licenciamento ambiental (VENTUROLI, 2013).

CONCLUSÕES

No Cerrado típico, ao longo da DF 065, no DF, amostrar árvores maiores do que 2,5 metros em altura independentemente do diâmetro da base não representa uma estimativa mais precisa e consistente em relação à amostragem que tem como limite de inclusão o diâmetro na base maior do que 5cm ($D_{0,30} \geq 5\text{cm}$).

Este estudo demonstra a importância da abordagem matemática para caracterizar e compreender uma comunidade vegetal. Demonstra também que tanto a heterogeneidade da comunidade como a influência antrópica são importantes na descrição dos padrões das comunidades e das suas variações em diferentes escalas espaciais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. F.; FAGG, C. W.; OLIVEIRA, M. C.; MUNHOZ, C. B. R.; LIMA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. B. Mudanças florísticas e estruturais no cerrado *sensu stricto* ao longo de 27 anos (1985-2012) na Fazenda Água Limpa, Brasília, DF. **Rodriguésia**, São Paulo, v. 65, n. 1, p. 01-19, 2014.

ANDRADE, L. A. Z.; FELFILI, J. M.; VIOLATTI, L. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v.16, n. 2, p. 225-240, 2002.

AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PÉLLICO NETTO, S. Avaliação do tamanho de parcelas e de intensidade de amostragem em inventários florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 361-368, 2013.

CARVALHO, F. A. Diversidade de um Cerrado sensu stricto com base em modelos de abundância de espécies. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 148-155, 2011.

CARVALHO, F. A.; RODRIGUES, V. H. P.; KILCA, R. V.; SIQUEIRA, A. S.; ARAUJO, G. M.; SCHIAVINI, I. Composição florística, riqueza e diversidade de um cerrado sensu stricto no sudeste do estado de Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 64-72, 2008.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. New York: John Wiley, 3 ed., 1977. 428 p.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 55 p.

FELFILI, J. M.; FELFILI, M. C.; FAGG, C. W.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA JÚNIOR, M. C. Phytogeography of Cerrado sensu stricto and system zoning in Central Brazil.. In: Pennington, R. T.; Ratter, J. A. (eds.). **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: diversity, biogeography, and conservation**. CRC Press, 2006. p. 79-94.

FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MARIMON, B. S.; DELITTI, W. B. C. Composição florística e fitossociologia do Cerrado sentido restrito no município de Água Boa, MT. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 103-112, 2002.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. Diversity, floristic and structural patterns of Cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, v. 175, p. 37-46, 2004.

FELFILI, J. M.; FELFILI, M. C. Diversidade alfa e beta no Cerrado *sensu stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 243-254, 2001.

GOMES, L.; LENZA, E.; MARACAHIPES, L.; MARIMON, B. S.; OLIVEIRA, E. A. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de Cerrado típico e Cerrado Rupestre, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 25, p. 865-875, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br> acesso em 10 de abril de 2014.

KENT, M. **Vegetation Description and Data Analysis**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. 414 p.

MAGURRAN, A. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing company, 2004. 215 p.

MARACAHIPES, L.; LENZA, E.; MARIMON, B. S.; OLIVEIRA, E. A.; PINTO, J. R. R.; MARIMON JUNIOR, B. H. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em Cerrado Rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 11, p. 133-141, 2011.

McROBERTS, R. E.; TOMPPO, E. O.; VIBRANS, A. C.; FREITAS, J. V. Design considerations for tropical forest inventories. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 189-202, 2013.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies.. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. D. P.; RIBEIRO, J. F. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. v. 2. Brasília: Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica. 2008. p. 421-1279.

MOURA, I. O.; GOMES-KLEIN, V. L.; FELFILI, J. M.; FERREIRA, H. D. Fitossociologia da Comunidade Lenhosa de uma área de Cerrado rupestre no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. **Revista de Biologia Neotropical**, Goiânia, v. 4, p. 83-100, 2007.

OLIVEIRA, M. M. DE; HIGUCHI, N.; CELES, C. H.; HIGUCHI, F. G. Tamanho e forma de parcelas para inventários florestais de espécies arbóreas na Amazônia Central. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 645-653, 2014.

PATTEE, H. H. **Hierarchy Theory: The Challenge of Complex Systems**. (The International library of systems theory and philosophy) George Braziller, 1973. 156 p.

PELLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Péllico Netto e Brena, D. A (eds.). 1997. 316 p.

QUEIROZ, W. T. de. **Amostragem em inventário florestal**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012. 441 p.

RATTER, J. A., BRIDGEWATER, S. & RIBEIRO, J. F. Espécies lenhosas da fitofisionomia Cerrado sentido amplo em 170 localidades do bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 7, p. 5-112, 2001.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, p. 57-109, 2003.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; S.P. ALMEIDA, S. P. **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA CPAC. 1998. p. 87-167.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; WATZLAWICK, L. F. **Inventários Florestais**: planejamento e execução. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2014. 406 p.

SCHILLING, A. C. & BATISTA, J. L. F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. Revista Brasileira de Botânica, v. 31, n.1, p. 179-187, 2008.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO/SFB. Inventário Florestal Nacional. <http://www.florestal.gov.br>. Acesso em dezembro de 2014.

VELOSO, M. D. M.; YULE, R F.; NUNES, I F. P.; AZEVEDO, P. M. S.; RODRIGUES, L. A. F.; DOS SANTOS, R. M.; FERNANDES, G. W.; PEREIRA, J. A. A. Floristic and structural variations of the arboreal community in relation to soil properties in the Pandeiros River riparian forest, Minas Gerais, Brazil. **Interciência**, v. 39, n. 9, 2014.

VENTUROLI, F. O Inventário Florestal Nacional e o Licenciamento Ambiental no Brasil. In: Simpósio Nacional de Inventário Florestal, II, 2013, Curitiba. **Anais**. Serviço Florestal Brasileiro, 2013. Não paginado.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 2010. 944 p.