Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Estudo de atributos quantitativos estruturais para distinção de fitofisionomias
tropicais e a influência do tipo de unidades amostrais

Renata Aparecida Serio Abranches Junqueira

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Recursos
Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas
Florestais

Piracicaba
2018

Renata Aparecida Serio Abranches Junqueira
Bacharel em Engenharia Florestal

Estudo de atributos quantitativos estruturais para distinção de fitofisionomias tropicais e a
influência do tipo de unidades amostrais
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOÃO LUIS FERREIRA BATISTA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Recursos
Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas
Florestais

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Junqueira, Renata Aparecida Serio Abranches

Estudo de atributos quantitativos estruturais para distinção de fitofisionomias tropicais e a influência do tipo de unidades amostrais / Renata Aparecida Serio Abranches Junqueira. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011 - - Piracicaba, 2018.

83 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Estrutura de tamanho e diversidade 2. Bitterlich 3. Parcela Circular 4. Parcela Retangular. I. Título

À minha mãe
Rosália Aparecida Zagotta Serio Abranches

AGRADECIMENTO

Meus sinceros agradecimentos ao professor João Luis Ferreira Batista pela oportunidade, confiança, paciência, orientação e ensinamentos profissionais e pessoais.

À Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz” (Universidade de São Paulo), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais pela oportunidade.

Ao CNPq pelo apoio financeiro para desenvolvimento desse trabalho.

Ao projeto temático “Diversidade, dinâmica e conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40,96 ha de parcelas permanentes” (Processo nº 13/50718-5), do programa BIOTA-FAPESP (www.biota.org.br), que disponibilizou a base de dados utilizada em parte desse trabalho.

Ao projeto “Métodos de Inventário da biodiversidade de espécies arbóreas” (Processo nº 99/08515-0), do programa BIOTA-FAPESP, coordenada pelo professor Hilton Thadeu Zarate do Couto (Esalq-USP) pela disponibilidade dos dados de amostragem.

Ao Center for Tropical Forest Science e Smithsonian Tropical Research in Panama, por terem disponibilizado o banco de dados referente à parcela de Barro Colorado.

Ao professor Edson Vidal (Esalq-USP) pela confiança e por ter disponibilizado o banco de dados de Paragominas/Pará.

Aos professores Demóstenes Filho (Esalq-USP), Edson Vidal (Esalq-USP) e Débora Rother (Esalq-USP) pelas importantes contribuições durante o exame de qualificação e desenvolvimento do trabalho.

À Rafaela Neves pelas inúmeras ajudas prestadas, pela paciência, amizade e por acompanhar todo o desenvolvimento do trabalho. Ao Jefferson Polizel, pela paciência e ajuda durante o trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Métodos Quantitativos (CMQ), que embora não façam parte especificamente desse trabalho, muito contribuíram para meu conhecimento profissional e pessoal durante esses anos. À Giovana, secretária do PPG-RF, pelo apoio em vários momentos.

À toda a minha família, especialmente minha mãe Rosália, por ser minha base e sempre acreditar em mim. Aos meus irmãos Carla e Carlos, por todo carinho, amor e apoio. E ao meu marido Luís Renato pelo amor, incentivo, paciência e companheirismo em todos os momentos.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS	10
1. INTRODUÇÃO GERAL	11
1.1. LEVANTAMENTOS FLORESTAIS.....	11
1.2. ATRIBUTOS QUANTITATIVOS.....	13
1.3. FITOFISIONOMIAS.....	15
1.4. OBJETIVOS GERAIS E PLANO DA DISSERTAÇÃO.....	16
REFERÊNCIAS	17
2. ESTUDO DE ATRIBUTOS QUANTITATIVOS EM FITOFISIONOMIAS TROPICAIS	21
RESUMO	21
ABSTRACT	21
2.1. INTRODUÇÃO	22
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	23
2.3. RESULTADOS	31
2.4. DISCUSSÃO	44
2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	48
3. INFLUÊNCIA DE TIPOS DE UNIDADES AMOSTRAIS NA ANÁLISE DE ATRIBUTOS QUANTITATIVOS.....	55
RESUMO	55
ABSTRACT	55
3.1. INTRODUÇÃO	56
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	57
3.3. RESULTADOS	62
3.4. DISCUSSÃO	72
3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE.....	78

RESUMO

Estudo de atributos quantitativos estruturais para distinção de fitofisionomias tropicais e a influência do tipo de unidades amostrais

Análises estruturais de tamanho e diversidade em florestas tropicais, fornecem informações preciosas para o conhecimento e entendimento da comunidade. Uma maneira de analisar estruturalmente essas áreas são por meio de padrões ou análises comportamentais de atributos, os quais auxiliam na explicação da organização e funcionamento dessas comunidades. No decorrer do trabalho, foram analisados atributos quantitativos, como densidade de estande, área basal, diâmetro médio e diâmetro médio quadrático, tanto em valores absolutos como em relações gráficas abordando estruturalmente comunidades quanto ao seu tamanho e diversidade. O primeiro objetivo foi analisar os atributos quantitativos e verificar se por meio desses é possível discriminar a fitofisionomia da área em questão. Para isso, foram analisadas cinco parcelas permanentes abrangendo três fitofisionomias (cerradão, estacional e ombrófila) e concluiu-se que os padrões/comportamentos gerados pelos atributos nas áreas de mesma fitofisionomia nem sempre foram semelhantes. Contudo, a fitofisionomia classificada como cerradão, na maioria das vezes, gerou um comportamento distinto, se destacando e se diferenciando das demais. Já o segundo objetivo foi avaliar a influência de diferentes tipos de unidades amostrais na análise de atributos quantitativos em florestas tropicais nativas. Assim, foram analisados dados correspondentes a três tipos de unidades amostrais (pontos de Bitterlich, parcela circular e parcela retangular), em diferentes fitofisionomias: cerradão (Assis), ombrófila (Carlos Botelho) e estacional (Caetetus). Diante das análises feitas com esses dados, viu-se que para alguns atributos quantitativos, o tipo de unidade amostral influenciou nos resultados. A amostragem por Bitterlich, por exemplo estima com precisão a área basal e volume, mas tende a gerar estimativas enviesadas quando se trata de áreas com presença de muitas árvores pequenas, como no caso da área do cerradão. Na maioria das vezes, as parcelas de área fixa, como as parcelas circulares e retangulares, geraram padrões semelhantes, sendo que quaisquer diferenças podem ser devido à distribuição espacial das espécies, fatores não controlados ou ao acaso. Já a amostragem por pontos de Bitterlich, gerou resultados distintos, principalmente quando a área basal foi utilizada como medida de avaliação. Assim, dependendo da variável de interesse e da fitofisionomia amostrada, é preciso ser cauteloso na escolha do tipo de unidades amostral, pois dependendo destes fatores, os atributos quantitativos poderão gerar comportamentos e respostas diferenciadas.

Palavras-chave: Estrutura de tamanho e diversidade; Bitterlich; Parcela Circular; Parcela Retangular

ABSTRACT

Study of structural quantitative attributes for the distinction of tropical phytophysionomies and the influence of the type of sample units

Structural analyzes of size and diversity in tropical forests provide valuable information for knowledge and community understanding. One way of analyzing these areas structurally is by patterns or behavioral analyzes of attributes which help in explaining the organization and functioning of these communities. In the study quantitative attributes such as stand density, basal area, mean diameter and mean square diameter were analyzed both in absolute values and in graphical relations, structurally approaching communities as to their size and diversity. The first objective was to analyze the quantitative attributes and verify if it is possible to discriminate the phytophysionomy of the area in question. For this, five permanent plots were analyzed covering three phytophysionomies (cerradão, seasonal and ombrophilous) and it was concluded that the patterns/behaviors generated by the attributes in the areas of the same phytophysionomy were not always similar. However, the phytophysionomy classified as cerradão, in most cases, generated a distinct behavior standing out and differentiating itself from the others. The second objective was to evaluate the influence of different types of sample units on the analysis of quantitative attributes in native tropical forests. Thus, data corresponding to three types of sampling units (Bitterlich points, circular plot and rectangular plot) were analyzed in different phytophysionomies: cerradão (Assis), ombrophilous (Carlos Botelho) and seasonal (Caetetus). Considering the analyzes made was observed that for some quantitative attributes the sample unit type influenced the results. Bitterlich sampling, for example, precisely estimates basal area and volume but tends to generate biased estimates when dealing with areas with presence of many small trees as in the case of the cerradão area. Most often, fixed-area plots such as circular and rectangular plots have generated similar patterns and any differences may be due to spatial distribution of species, uncontrolled or random factors. The Bitterlich point sampling generated different results from fixed-area plots, especially when the basal area was used as an evaluation measure. Thus, depending interest parameter and the phytophysionomy sampled it is necessary to be cautious in choosing the type of sample units because depending on these factors the quantitative attributes may generate different behaviors and responses.

Keywords: Structure of size and diversity; Bitterlich; Circular plot; Rectangular plot

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1. Localização das Parcelas Permanentes. Fonte: IBGE (2010); Instituto Florestal do Estado de São Paulo (2005)	24
Figura 2. 2. Localização da Fazenda Agrossete, no estado do Pará (IBGE, 2010; SILVA, 2004). 26	
Figura 2. 3. Localização da Parcela (50 ha) na Ilha de Barro Colorado. Fonte: (ARCGIS, 2011) 27	
Figura 2. 4. Gráfico representando a densidade probabilística empírica para DAP em cada parcela	32
Figura 2. 5. Gráficos quantil-quantil para a distribuição exponencial do DAP (cm) em escala original para cada parcela	33
Figura 2. 6. Gráficos de distribuição de número de indivíduos por classe diamétrica (cm) em cada área	34
Figura 2. 7. Distribuição acumulada de indivíduos por área basal (m^2/ha), sendo a área basal em escala logarítmica.....	35
Figura 2. 8. Gráfico de espécies por classe diamétrica (cm) em cada parcela.....	35
Figura 2. 9. SAD representada pelo histograma de abundância em escala logarítmica para cada área	37
Figura 2. 10. a) Contorno da superfície de verossimilhança da distribuição PLN, sendo as cruzes os estimadores de melhor verossimilhança e as linhas tracejadas a região de log-verossimilhança menor ou igual a log (8). b) Intervalo de verossimilhança do parâmetro sigma.....	38
Figura 2. 11. a) Distribuição de abundância por rank, de abundância utilizando o modelo PLN. b) Região inicial aproximada da distribuição	39
Figura 2. 12. Distribuição acumulada de espécies por área basal com linha tracejada representando 50% das espécies, sendo a porcentagem de área basal em escala logarítmica	39
Figura 2. 13. Gráfico de área basal e abundância por espécie com modelo linear ajustado aos dados	40
Figura 2. 14. Gráfico de densidade probabilística empírica do parâmetro de densidade de estande ($ind./ha^{-1}$) para as parcelas	42
Figura 2. 15. Gráfico de densidade probabilística empírica do parâmetro área basal (m^2/ha) para as parcelas	42
Figura 2. 16. Gráficos de densidade probabilística empírica do parâmetro DAP médio (cm) em todas as parcelas	43
Figura 2. 17. Curvas do coletor com seus respectivos intervalos de confiança com base nas 10.000 reamostragens.....	44

Figura 3. 1. Localização das grades observacionais. Fonte: IBGE (2010); Instituto Florestal do Estado de São Paulo (2005)	58
Figura 3. 2. (a) Unidades amostrais circulares e retangulares. (b) Esquematização das unidades amostrais. 1. Parcela Retangular; 2. Parcela Circular; 3. Ponto de Bitterlich. Sendo a linha tracejada, a linha central e o ponto preto, o ponto central. Fonte: Adaptado de Gorenstein (2009)	59
Figura 3. 3. Abundância de espécies entre as unidades amostrais em Carlos Botelho, com os eixos em escala logarítmica, sendo cada círculo uma espécie. ρ é a correlação da PLN bivariada	63
Figura 3. 4. Ajuste dos dados de DAP (cm) à distribuição Weibull	65
Figura 3. 5. Gráficos de quantil teórico do DAP entre os tipos de unidades amostrais (circulares, retangulares e pontos de Bitterlich), utilizando as estimativas geradas pela distribuição Weibull ..	66
Figura 3. 6. Gráficos de acumulação de número de indivíduos (ind./ha) por área basal (m^2/ha), com dados de área basal em escala logarítmica	67
Figura 3. 7. Distribuição acumulada por espécies com linha tracejada representando 50% das espécies, sendo a porcentagem de área basal em escala logarítmica	68
Figura 3. 8. a) Distribuição acumulada de espécies por indivíduos em porcentagem. b) Distribuição de rank das espécies por abundância, sendo cada círculo uma espécie diferente	69
Figura 3. 9. Gráficos relacionando a densidade ($\text{ind.}/\text{ha}^{-1}$) e área basal (m^2/ha) das espécies com modelo linear ajustado aos dados, com eixos em escala logarítmica	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1. Resumo dos atributos estruturais de acordo com o censo das parcelas permanentes, utilizando limite mínimo de inclusão de DAP de 10 cm	31
Tabela 2. 2. Valores de DAP (cm) por parcela permanente	32
Tabela 2. 3. Valores de espécies por classe diamétrica (%).....	36
Tabela 2. 4. Ajuste e seleção de modelos para os histogramas de abundância. Em destaque os melhores AIC e Δ AIC.....	37
Tabela 2. 5. Estimativas de regressão linear, com valores de parâmetros	40
Tabela 2. 6. Parâmetros de média ($\bar{x}$), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) para atributos estruturais (riqueza, densidade de estande, DAP Médio e DAP Médio Quadrático) referentes às subparcelas de 400 m ²	41
Tabela 3. 1. Fórmulas para cálculo das estimativas dos atributos estruturais	60
Tabela 3. 2. Valores de atributos quantitativos nas diferentes unidades amostrais e fitofisionomia	62
Tabela 3. 3. Resumo estatístico das estimativas e erros padrão para os atributos quantitativos nas diferentes áreas amostradas.....	64
Tabela 3. 4. Estimativas dos parâmetros e erros padrão do ajuste da distribuição Weibull para os dados de DAP	65
Tabela 3. 5. Ajuste e seleção de modelos para os histogramas de abundância. Em destaque os modelos de melhor AIC e Δ AIC por unidade amostral	70
Tabela 3. 6. Estimativas de média e erro padrão para área basal e abundância por espécie e estimativas da regressão linear ajustada aos dados de abundância e área basal por espécie.....	71

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Levantamentos Florestais

A maioria dos estudos que trata da caracterização de comunidades vegetais no Brasil compreende estudos fitossociológicos baseados em tabelas de valor de importância e valor de cobertura das espécies (MARTINS, 2012). Esses levantamentos fitossociológicos se estabeleceram com uma abordagem mais quantitativa quando Cain e Castro, afirmaram que medidas quantitativas combinadas com técnicas de amostragem válidas podem ser objetivas e gerarem resultados reproduzíveis, envolvendo o estudo das relações entre as espécies e o estudo quantitativo da composição, estrutura, dinâmica e distribuição das mesmas na floresta (CAIN; CASTRO, 1959). Contudo, para estimar atributos de espécies individualmente em florestas tropicais, esse levantamento apresenta problemas, principalmente para espécies de baixa densidade (CIELO-FILHO, 2007; MARTINS, 2012; MOREIRA, 2007). Tanto os atributos absolutos como densidade e dominância, quanto os relativos, expressos pela ordem das espécies na tabela de fitossociologia, podem apresentar grandes variações dentre as simulações de amostragens analisadas, demonstrando que as estimativas são pouco confiáveis (MOREIRA, 2007).

Para que esses atributos sejam capazes de descrever fenômenos naturais que ocorrem na floresta e também serem úteis na comparação de áreas, é importante que o levantamento restrinja aos atributos da comunidade arbórea, e não de espécies individualmente (MOREIRA, 2007).

É comum utilizar em levantamentos de florestas nativas, métodos de amostragem que utilizam informações baseadas em estimativas de atributos quantitativos, que servirão para tomadas de decisão em ações de manejo e licenciamento ambiental e até mesmo para estudos teóricos, visando o avanço do conhecimento científico (MARTINS, 2012). Estudos ambientais são desenvolvidos diariamente para ações de restauração florestal, bem como concessões de licenças, entre eles os Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), Relatórios e Planos de Controle Ambiental (RCA/PCA), Plano de Utilização Pretendida (PUP) e Plano de Manejo Florestal Sustentado (PMFS).

Para isso, existem vários tipos de levantamentos florestais, os quais são realizados em função dos objetivos serem descritivos, comparativos ou analíticos (SCHWARZ, 1998). Os levantamentos descritivos têm como objetivo a descrição qualitativa e quantitativa de uma floresta em particular. Como exemplo desse tipo de levantamento, pode-se citar os inventários florestais, que focam principalmente na quantificação de produção madeireira, os levantamentos ecológicos, que descrevem uma área florestal nativa, podendo avaliar o grau de degradação da floresta e os

levantamentos florísticos, que focam na composição florística da área (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; SCHWARZ, 1998).

Nos levantamentos comparativos, o objetivo é comparar duas ou mais florestas ou duas ou mais áreas dentro de uma mesma floresta que apresentam tipos florestais diferentes, de acordo com critérios ecológicos ou silviculturais (SCHWARZ, 1998, 2005). Já os levantamentos analíticos, avaliam a relevância de um ou mais fatores ambientais que atuam sobre as florestas de uma grande região (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014).

Independentemente do tipo de levantamento, os atributos são frequentemente utilizados na detecção de padrões. Como existem padrões para explicar as assinaturas de processos fundamentais na organização e funcionamento das comunidades, considerando tendências ou arranjos não aleatórios nos descritores das espécies ou na própria comunidade (GREIG-SMITH, 1961; LIMA, 2013), a descrição desses padrões seria o primeiro passo para gerar ou testar hipóteses sobre os processos que regulam a estrutura e a diversidade das áreas (LIMA, 2013). Os padrões podem existir em várias escalas no tempo e no espaço, através das comunidades, ecossistemas, biomas e toda a biosfera (LAWTON, 1996).

Recentemente, muita ênfase tem sido dada a trabalhos que descrevem a riqueza, composição florística e estrutura fitossociológica de florestas tropicais no Brasil (MOREIRA, 2007). Porém, visto que muitas vezes esses resultados dependem do bioma, da fitofisionomia, do histórico da área de estudo, do tipo de unidade amostral, da disposição das parcelas, a busca por padrões que independem da composição das espécies e do tipo de amostragem pode ser um avanço no entendimento dessas florestas, considerando que existem poucos trabalhos que detalham a comunidade florestal (fatores bióticos e abióticos) sem entrar em níveis de comparação florística como em Cielo-Filho; Martins; Gneri (2002); Gray; Bjørgesæter; Ugland (2005); Greig-Smith (1961); Lima (2013); Lima *et al.* (2016); Plotkin; Muller-Landau (2002).

O processo de amostragem nas florestas seleciona elementos de uma população através de delineamentos amostrais, obtendo informações sobre os indivíduos. Diante dessas informações, é possível por meio dos estimadores, fazer inferências sobre a população como um todo (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; CAMPOS; LEITE, 2013).

Os sistemas amostrais variam de acordo com o arranjo estrutural no processo de amostragem, podendo ser classificados como aleatórios, sistemáticos ou mistos (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). As amostragens geralmente são realizadas de duas maneiras quanto ao tipo de unidade amostral, utilizando unidades de área fixa e forma definida ou utilizando unidades de área variável (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003). As unidades amostrais de área fixa geralmente utilizam parcelas circulares,

retangulares, quadradas ou faixas, as quais tem uma área determinada. Já as unidades amostrais de área variável, que como o próprio nome já diz, não apresentam uma área definida, sendo realizadas por meio de pontos amostrais ou árvores. Nesse grupo, incluem os métodos de Quadrantes, de Bitterlich, de Prodan e Strand.

1.2. Atributos Quantitativos

Os atributos geralmente resultam da combinação ou agregação das observações e medidas arbóreas tomadas individualmente (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014). Essas combinações, algumas vezes complexas, são importantes, pois representam características estruturais intimamente ligadas à dinâmica da floresta (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014). Nessa perspectiva, a floresta pode ser representada tanto por atributos estruturais de tamanho, como por atributos estruturais que caracterizam a diversidade das espécies.

Os atributos estruturais de tamanho possibilitam informar a composição horizontal e vertical da floresta, de forma quantitativa e/ou qualitativa, permitindo tomar decisões futuras, como por exemplo, a respeito de intervenções na estrutura de uma determinada área (CORAIOLA, 2003). A estrutura da floresta pode ser representada pelos atributos quantitativos como densidade, diâmetro, área basal, volume, biomassa entre outros (CAMPOS; LEITE, 2013; MARTINS, 2009). A densidade, por exemplo, é uma medida que pode ser representadas de várias maneiras, entre elas, pela densidade de estande, que é uma medida simples e direta que determina o número de árvores presentes em uma dada área de interesse, expressa geralmente pelo número de árvores por hectare (ha^{-1}) (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014).

Uma medida de tamanho que representa a estrutura da floresta é a distribuição de DAP¹ das árvores de uma determinada área de interesse, que pode ser representada pela própria curva de distribuição ou por uma tabela ou gráfico indicando a frequência de árvores por classe de DAP. A análise dos diâmetros, permite compreender aspectos relacionados à organização, sucessão e dinâmica do componente arbóreo (CARVALHO; NASCIMENTO, 2009). As medidas de DAP também podem ser exploradas por meio do tamanho médio das árvores e sua variabilidade (CAMPOS; LEITE, 2013), expressas pelo DAP médio e DAP médio quadrático (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003). O DAP médio é o tamanho médio associado à distribuição do DAP e a estrutura de tamanho da floresta (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; CAMPOS;

¹ Sigla utilizada para referir à medida em centímetros do diâmetro da árvore à altura do peito (1,30 metros acima do solo).

LEITE, 2013) e o DAP médio quadrático é uma medida relativa à área transversal média, representada pelo tamanho médio das árvores associado ao crescimento (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; SCOLFORO; THIERSCH, 2004). Outra medida de tamanho que pode ser avaliada é a área basal, definida pela soma das áreas transversais das árvores por unidade de área, expressa em metros quadrados por hectare (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; CAMPOS; LEITE, 2013; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003; MARTINS, 2012; SCOLFORO; THIERSCH, 2004).

A diversidade indica a variabilidade entre os organismos vivos de todos os taxons e complexos ecológicos e existem inúmeras razões para os ecólogos terem interesse sobre o assunto, pois a biodiversidade tem permanecido como um tema central na ecologia, variando seus padrões espacial e temporalmente (MAGURRAN, 1988; MAGURRAN; HENDERSON, 2003).

Como a diversidade de espécies é muito maior nos trópicos do que em regiões temperadas, determinar por que essas diferenças ocorrem tem sido um desafio contínuo para os pesquisadores (MACARTHUR, 1965; MAGURRAN, 1988). Há várias maneiras de medir a diversidade de uma determinada área, algumas apresentam análises mais complexas do que outras, porém independentemente do método utilizado, é importante que ele represente adequadamente a área de interesse, respondendo a variações do ambiente. Nas comunidades ecológicas, a densidade das espécies varia, sendo que poucas espécies são consideradas abundantes, e a maioria é rara (HENDERSON; MAGURRAN, 2010; MAGURRAN; HENDERSON, 2003; PRESTON, 1948).

Segundo MacArthur (1965), o modo mais simples de representar a diversidade de uma área é por meio do número de espécies (riqueza de espécies). Contudo, ela também pode ser descrita pela curva de acumulação de espécies, distribuição espacial, abundância e relações entre abundância e número de espécies, como por exemplo a distribuição de abundância de espécies - SAD². A SAD fornece sinteticamente informações detalhadas sobre a abundância relativa das espécies ou estrutura da comunidade (DORNELAS; MOONEN; MAGURRAN, 2009). Há diferentes maneiras de observar a SAD, seja por gráfico descrevendo a abundância pelo número de espécie, seja ranqueando a abundância ou função de distribuição cumulativa empírica (MCGILL *et al.*, 2007). A maioria dos ecólogos concorda que as SADs representam pelo menos uma ferramenta empírica para desenhar uma caracterização de comunidades ecológicas (MCGILL *et al.*, 2007), resumindo informações sobre o número e abundância das espécies encontradas em uma amostra de uma determinada comunidade (ALONSO; OSTLING; ETIENNE, 2008). A SADs apresentam, independentemente do tamanho da amostragem, como as espécies partilham os

² Será padronizada com a sigla utilizada internacionalmente, referindo à “Species Abundance Distributions”.

recursos disponíveis da área (MCGILL, 2011; MCGILL *et al.*, 2007), sendo mais informativas que usar somente o índice de diversidade.

Existem diversas medidas de abundância que podem ser usadas para descrever uma comunidade, não apenas o número de indivíduos (HENDERSON; MAGURRAN, 2010), sendo que para comunidades arbóreas, a área basal é uma boa medida de partição de recursos entre as espécies (NAVES, 2017). Porém não existem muitos trabalhos que relacionam a densidade e distribuição da área basal por espécies e pouco se sabe sobre isso.

1.3. Fitofisionomias

Fitofisionomia é uma característica morfológica da comunidade vegetal, usada para descrever a vegetação (COUTINHO, 2006). As diferentes fitofisionomias apresentam peculiaridades e diversidade distintas, ou seja, os atributos se apresentam de maneira diferente conforme o tipo de vegetação na comunidade (COUTINHO, 2006). No entanto, análises relacionadas a diferentes fitofisionomias tem sido um desafio entre pesquisadores por não haver critérios quantitativos claros que as diferenciem. Esses padrões gerados por meio de atributos quantitativos relacionados à estrutura e diversidade podem ser extremamente valiosos para compreensão da comunidade florestal sem entrar em níveis de identidade das espécies. Assim, neste trabalho serão explorados atributos quantitativos em fitofisionomias, classificadas como Cerradão, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa.

O Cerradão é uma fitofisionomia florestal com árvores tortuosas e ramificações irregulares, composto por três estratos (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009; MARTINS, 2009). O estrato arbóreo é denso e geralmente apresentam árvores de 8 a 15 metros de altura, o estrato arbustivo é pouco denso e o herbáceo constitui de poucas gramíneas (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009). Algumas árvores apresentam caducifolia em determinados períodos da estação seca (RIBEIRO; WALTER, 1998). Em geral, o Cerradão se desenvolve em solos profundos, ligeiramente ácidos, pertencentes à classe de latossolos e com transição gradual para a Floresta Estacional Semidecidual (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009).

As Florestas Estacionais Semidecíduais apresentam dossel irregular, com árvores entre 15 e 20 metros de altura com submata arbórea-arbustiva bastante densa e baixa presença de musgos e líquens e abundância de trepadeiras (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009; RIZZINI, 1997). Elas se caracterizam por apresentarem duas estações bem definidas no decorrer do ano, sendo uma mais úmida, com presença de intensas chuvas, e outra mais seca, causando a deciduidade da vegetação (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). Essa diferença de estacionalidade, causando a

deciduidade da floresta é uma característica fundamental para diferenciar as florestas Estacionais das Ombrófilas (COSTA; MORO; MARTINS, 2016; IVANAUSKAS; ASSIS, 2009). Comparadas às florestas Ombrófilas, essas mostram-se mais abertas e iluminadas, pois as árvores estão mais distanciadas e com o dossel mais aberto (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009). Já as Florestas Ombrófilas encontram-se em locais de alta temperatura e de precipitação elevada e bem distribuída durante o ano (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009). Elas são mais exuberantes e não tem estação seca. No Brasil, estão presentes em domínio amazônico, com dossel de 30 a 40 metros de altura e emergentes de até 60 metros ou no domínio da Mata Atlântica com alta pluviosidade e alta umidade condicionadas pelo relevo (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009; RIZZINI, 1997).

1.4. Objetivos Gerais e Plano da Dissertação

Diante do exposto anteriormente, a dissertação foi organizada em três capítulos, objetivando analisar os atributos quantitativos em diferentes fitofisionomias. O presente capítulo abordou os diferentes tipos de levantamentos e amostragens, descrição dos atributos estruturais de tamanho e diversidade, fitofisionomias e o plano da dissertação com os objetivos gerais.

No capítulo 2, com o objetivo de analisar os atributos quantitativos relacionados à estrutura da floresta e verificar se o comportamento desses atributos são suficientes para discriminar as diferentes fitofisionomias tropicais sem detalhar a identificação das espécies, foram utilizadas cinco bases de dados referentes à cinco parcelas permanentes, sendo uma localizada no Panamá e as demais no Brasil. As análises foram realizadas usando duas perspectivas de observação. A primeira foi utilizando os dados dos censos, nos quais as populações estatísticas são conhecidas sem erro amostral e medidas de incerteza e a segunda, utilizando subparcelas originadas com base na parcela permanente, onde serão calculados vários valores de atributos, a fim de gerar dados com incerteza estrutural e que possibilitem comparações entre as fitofisionomias, independentemente do número de espécies existentes na área.

No capítulo 3, o objetivo foi avaliar a influência de diferentes tipos de unidades amostrais na análise de atributos quantitativos em florestas tropicais nativas. Assim, foram utilizados dados de três diferentes tipos de unidades amostrais, pontos de Bitterlich, parcelas circulares e parcelas retangulares, realizadas nas mesmas áreas, abrangendo três fitofisionomias.

Nos dois capítulos, independentemente dos objetivos, as análises foram realizadas de forma comparativa, trabalhando os dados ao nível de comunidade ou povoamento, e não em populações arbóreas individuais.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, D.; OSTLING, A.; ETIENNE, R. S. The implicit assumption of symmetry and the species abundance distribution. *Ecology Letters*, v. 11, n. 2, p. 93–105, 2008.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. D.; SILVA FILHO, D. D. *Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CAIN, S. A.; CASTRO, G. D. *Manual of vegetation analysis. Manual of vegetation analysis*. New York, 1959.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 4. edição ed. Viçosa, MG, 2013.
- CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das populações arbóreas de um remanescente de floresta atlântica submontana (Silva Jardim-RJ, Brasil). *Árvore*, v. 33, n. 2, p. 327–337, 2009.
- CIELO-FILHO, R. *Organização, estrutura e amostragem em uma floresta estacional semidecídua*. 2007. 189 f. Universidade Estadual de Campinas, 2007.
- CIELO FILHO, R.; MARTINS, F. R.; GNERI, A. Fitting abundance distribution models in tropical arboreal communities of SE Brazil. *Community Ecology*, v. 3, n. 2, p. 169–180, 2002.
- CORAIOLA, M. *Dinâmica de uma floresta estacional semidecidual - mg: abordagem com processos de amostragem em múltiplas ocasiões*. 2003. 168 f. Universidade do Paraná, 2003.
- COSTA, A. C. M.; MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Raunkiaerian life-forms in the Atlantic forest and comparisons of life-form spectra among Brazilian main biomes. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 39, n. 3, p. 833–844, 2016.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, n. 1, p. 13–23, 2006.
- DORNELAS, M.; MOONEN, A. C.; MAGURRAN, A. E. Species abundance distributions reveal environmental heterogeneity in modified landscapes. *Journal of Applied Ecology*, v. 46, n. 3, p. 666–672, 2009.
- GRAY, J. S.; BJØRGESÆTER, A.; UGLAND, K. I. The impact of rare species on natural assemblages. *Journal of Animal Ecology*, v. 74, n. 6, p. 1131–1139, 2005.
- GREIG-SMITH, P. Data on Pattern within Plant Communities: I. The Analysis of Pattern. *Journal of Ecology*, v. 49, n. 3, p. 695–702, 1961.
- HENDERSON, P. A.; MAGURRAN, A. E. Linking species abundance distributions in numerical abundance and biomass through simple assumptions about community structure. *Proceedings of the Royal Society*, v. 277, p. 1561–1570, 2010.
- IVANAUSKAS, N. M.; ASSIS, M. C. Formações florestais brasileiras. *Ecologia de florestas tropicais do Brasil*. 2009. p. 74–108.
- LAWTON, J. H. Patterns in Ecology. *Oikos*, v. 75, n. 2, p. 145–147, 1996.

LIMA, R. A. F. *Ajuste e seleção de modelos na descrição de comunidades arbóreas: estrutura, diversidade e padrões espaciais*. 2013. 203 f. Universidade de São Paulo, 2013.

LIMA, R. A. F. *et al.* How do size distributions relate to concurrently measured demographic rates? Evidence from over 150 tree species in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, v. 32, n. 3, p. 179–192, 2016.

MACARTHUR, R. H. Patterns of Species Diversity. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v. 40, n. 4, p. 510–533, 1965.

MACHADO, S. DO A.; FIGUEIREDO FILHO, A. *Dendrometria*. Curitiba, PR, 2003.

MAGURRAN, A. E. *Ecological Diversity and Its Measurement*. 1988.

MAGURRAN, A. E.; HENDERSON, P. A. Explaining the excess of rare species in natural species abundance distributions. *Nature*, v. 422, n. 6933, p. 714–716, 2003.

MARTINS, S. V. *Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil*. 2 edição, ed. 2012.

MARTINS, S. V. *Ecologia de florestas tropicais do Brasil*. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

MCGILL, B. J. Species abundance distribution. In: PRESS, O. U. (Org.). *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. 2011. p. 359.

MCGILL, B. J. *et al.* Species abundance distributions: Moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters*, v. 10, n. 10, p. 995–1015, 2007.

MOREIRA, C. M. *Avaliação de métodos fitossociológicos através de simulações de amostragens numa parcela permanente de cerrado, na Estação Ecológica de Assis, SP*. 2007. 68 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2007.

NAVES, R. P. *Dinâmica da diversidade de florestas manejadas através da abordagem de ajuste e seleção de modelos para distribuição de abundância entre espécies*. 2017. 143 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. *Inventário Florestal*. Curitiba, PR, 1997.

PLOTKIN, J. B.; MULLER-LANDAU, H. C. Sampling the species composition of a landscape. *Ecology*, v. 83, n. 12, p. 3344–3356, 2002.

PRESTON, F. W. The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, v. 29, n. 3, p. 254–283, 1948.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *Cerrado : ambiente e flora*, p. 556, 1998.

RIZZINI, C. T. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997.

SCHWARZ, C. J. *Intermediate Sampling and Experimental Design and Analysis*. Department of Statistics and Actuarial Science, Simon Fraser University. 2005

SCHWARZ, C. J. Studies of uncontrolled events. *Statistical methods for adaptive management studies*, v. 42, p. 19, 1998.

SCOLFORO, J. R. S. ; THIERSCH, C. R. *Biometria florestal: medição, volumetria e gravimetria*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. . *Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

2. ESTUDO DE ATRIBUTOS QUANTITATIVOS EM FITOFISIONOMIAS TROPICAIS

RESUMO

Em face às diversas peculiaridades dos ambientes florestais, cada fitofisionomia apresenta características exclusivas, gerando padrões referente aos descritores das espécies ou na própria comunidade, que podem distingui-las uma das outras. Dessa maneira, o objetivo da presente pesquisa é analisar atributos quantitativos relacionados à estrutura e diversidade da floresta e verificar se por meio dos mesmos é possível discriminar as diferentes fitofisionomias tropicais. Foram utilizadas cinco parcelas permanentes de florestas tropicais abrangendo diferentes fitofisionomias: floresta estacional semidecidual, ombrófila densa e cerrado. Utilizando dados de censos com limite de inclusão de DAP igual ou superior à 10 cm, foram analisados dados de estrutura e diversidade das florestas, em duas unidades de observação (parcela única e subparcelas de 400 m²). Os atributos quantitativos foram comparados por meio de relações numéricas e gráficas. Foi possível identificar diferenças entre a fitofisionomia de cerrado para as demais, entretanto as semidecíduais e ombrófilas não apresentaram uma nítida diferença no comportamento dos atributos quantitativos analisados.

Palavras-chave: Parcelas Permanentes; Estrutura; Diversidade; Relações gráficas

ABSTRACT

In view of the different peculiarities of forest environments each phytophysionomy has unique characteristics generating patterns referring to the descriptors of the species or in the community which can distinguish them from each other. In this way the objective of this research is to analyze quantitative attributes related to the structure and diversity of the forest and to verify if through them it is possible to discriminate the different tropical phytophysionomies. Five permanent plots of tropical forests were used covering different phytophysionomies: semideciduous seasonal forest, dense ombrophilous forest and cerrado. Using data from censuses with inclusion limits of DAP equal or greater than 10 cm, forest structure and diversity data were analyzed in two observation units (unique plot and 400 m² subplots). The quantitative attributes were compared by numerical and graphical relations. It was possible to identify differences among cerrado for the others, however the semideciduals and ombropilous did not present a distinct difference in the behavior of the quantitative attributes analyzed.

Keywords: Permanent plots; Structure; Diversity; Graphical relations

2.1. Introdução

Ultimamente, trabalhos descrevendo a riqueza e a composição florística de várias florestas tropicais têm sido realizados, utilizando tabelas de valor de importância e valor de cobertura de espécies (SOUZA; SOARES, 2013), entretanto estudos recentes demonstram que tais tabelas são pouco confiáveis (MARTINS, 2012; MOREIRA, 2007). Uma alternativa é explorar, analisar e caracterizar a comunidade florestal sem entrar em níveis de comparação florística ou na tabela fitossociológica, como feito em Gray; Bjørgesæter; Ugland (2005); Greig-Smith (1961); Lima (2013); Naves (2017).

A comunidade florestal pode ser melhor detalhada por meio dos atributos quantitativos referentes às árvores presentes, como densidade, DAP, altura, área basal, volume entre outros. Esses atributos podem estar relacionados à estrutura da floresta, como por exemplo a distribuição de DAP, representada pelo número de árvores por classe diamétrica (BETTINGER *et al.*, 2009); pelo tamanho médio das árvores, representado tanto pelo diâmetro médio, calculado pela média aritmética das medidas de DAP das árvores na área, como pelo diâmetro médio quadrático, correspondente ao diâmetro da árvore de área seccional média da população (SCOLFORO; THIERSCH, 2004); pela densidade, que pode ser tanto pela densidade de estande, que é a razão entre o número de árvores pela área (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014) e pela área basal, que é definida pelo somatório das áreas transversais das árvores divididas pela área (BETTINGER *et al.*, 2009).

Outra maneira de representar a floresta é por meio dos atributos relacionados à diversidade de espécies, que podem ser representados pela riqueza de espécies (número de espécies), índices de diversidade como Shannon e Simpson, medida de dominância das espécies ou medida inversa de diversidade, como parâmetro σ^2 da distribuição Poisson Log Normal (BELLIER *et al.*, 2012; ENGEN; GRØTAN; SÆTHER, 2011; NAVES, 2017), curva de acumulação de espécies, abundância e relações entre abundância e número de espécies, como por exemplo as distribuições de abundância por espécies e de área basal por espécie (NAVES, 2017). Esses atributos são mais detalhados em Alonso; Ostling; Etienne (2008); Batista; Couto; Silva Filho (2014); Dornelas; Moonen; Magurran (2009); Macarthur (1965); McGill (2011).

Independentemente do tipo de levantamento descritivo, os atributos podem ser frequentemente utilizados na detecção de padrões, pois há um pressuposto de que existem padrões para explicar as assinaturas de processos fundamentais na organização e funcionamento das comunidades (LAWTON, 1996; LIMA, 2013). Esses padrões são considerados tendências ou arranjos não aleatórios nos descritores das espécies ou na própria comunidade (GREIG-SMITH,

1961; LIMA, 2013). Sendo a descrição desses, o primeiro passo para gerar ou testar hipóteses sobre os processos que regulam a estrutura e a diversidade das áreas (LIMA, 2013).

As semelhanças florísticas, ecológicas e fisionômicas, determinadas pelas formas de vida presentes em determinado local, classificam diferentes fitofisionomias (ANDRADE; RODAL, 2004; MARTINS, 2009; RIZZINI, 1997; VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). Essas diferentes formações apresentam oscilações na riqueza, diversidade, densidade e área basal, ou seja, diferenças estruturais em resposta a uma mistura de fatores como clima, deciduidade, precipitação, geologia, altitude e latitude (HAIDAR *et al.*, 2013). Em face às diversas peculiaridades dos ambientes florestais, cada fitofisionomia possui características exclusivas que pode distingui-la das outras (COUTINHO, 2006; MARTINS, 2009; RIBEIRO; WALTER, 1998).

Assim, é esperado que cada fitofisionomia, resulte em comportamentos dos atributos quantitativos diferentes, capazes de representá-la. Diante disso, o objetivo do trabalho foi analisar os atributos quantitativos relacionados à estrutura da floresta e verificar se o comportamento desses atributos são suficientes para discriminar as diferentes fitofisionomias tropicais sem detalhar a identificação das espécies.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Áreas de estudo

Os dados são provenientes de cinco parcelas permanentes tropicais situadas em três diferentes regiões geográficas, uma situada na América Central, na Ilha de Barro Colorado pertencente ao Panamá e as demais na América do Sul, situadas em duas regiões do Brasil, sendo uma parcela localizada no estado do Pará e três no estado de São Paulo. As cinco parcelas abrangem diferentes fitofisionomias tropicais, como Floresta Estacional Semidecidual presentes nas parcelas de Barro Colorado e na da Estação Ecológica dos Caetetus, Floresta Ombrófila na parcela do Parque Estadual Carlos Botelho e na de Paragominas e Cerradão na parcela de Estação Ecológica de Assis.

- **Parcelas Permanentes - São Paulo**

Foram implantadas no estado de São Paulo sob administração do Instituto Florestal do Estado de São Paulo (IF) três Parcelas Permanentes³ em diferentes Unidades de Conservação (UCs).

As UCs escolhidas foram Estação Ecológica de Assis, Estação Ecológica dos Caetetus e Parque Estadual Carlos Botelho, com parcelas permanentes abrangendo as fitofisionomias de Savana Florestada – cerrado lato sensu (Cerradão), Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Floresta Ombrófila Densa Submontana, respectivamente (Figura 2.1).

Cada parcela possui área total de 10,24 ha (320 m x 320 m), totalizando em uma área superior a 30 ha de parcela permanente. Em todas essas parcelas, todos os indivíduos com DAP acima de 4,8 cm foram mensurados, georeferenciados e identificados.

Figura 2. 1. Localização das Parcelas Permanentes. Fonte: IBGE (2010); Instituto Florestal do Estado de São Paulo (2005)

- Estação Ecológica de Assis

A Estação Ecológica de Assis foi criada no ano de 1992, com área de 1.312,38 ha e está localizada no município de Assis, entre as coordenadas geográficas 22°33'65" / 22°36'68" S e

³ Parcelas pertencentes ao Projeto Temático Diversidade, dinâmica e conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes (FAPESP 13/50718-5) que integrou o programa BIOTA/FAPESP.

50°23'00" / 50°22'29" W e entre as cotas altitudinais 500 m e 588 m (DURIGAN *et al.*, 2010; RODRIGUES, 2005).

Esta estação é ocupada, predominantemente por vegetação de cerrado lato sensu, denominada de Cerradão (DURIGAN *et al.*, 2010). O clima, segundo a classificação de Köppen é clima temperado úmido com verão temperado (Cwa) e clima temperado úmido com verão quente (Cfa), ambos caracterizados por verões quentes e chuvosos e invernos secos (DURIGAN *et al.*, 2010). Sua precipitação pluviométrica anual média gira em torno de 1.450 mm e temperatura média de 21,8°C (DURIGAN *et al.*, 2010). Na área, ocorrem três tipos de solo: Latossolo Vermelho-Escuro álico, Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico abrupto e Areia Quartzosa Hidromórfica (AQ). O relevo é suave-ondulado (DURIGAN *et al.*, 2010).

- Estação Ecológica dos Caetetus

A Estação Ecológica dos Caetetus possui uma área contínua aproximada de 2.178,84 ha e está situada nos municípios de Gália e Alvinlândia, na região oeste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 22°41' e 22°46' S e 49°10' e 49°16' W e entre cotas altitudinais de 520 m e 680 m (RODRIGUES, 2005; TABANEZ *et al.*, 2005).

Esta estação se caracteriza por abrigar um dos últimos remanescentes da Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual) da região, apresentando excelente estado de conservação do ecossistema e presença de espécies ameaçadas de extinção (TABANEZ *et al.*, 2005). Na área, ocorrem seis tipos de solo: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico argissolo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Gleissolo Háptico Tb Eutrófico, Neossolo Litólico, Regolítico e Flúvico Distrófico. O clima regional, segundo a classificação de Köppen é clima temperado úmido com verão temperado (Cwa) (TABANEZ *et al.*, 2005).

- Parque Estadual de Carlos Botelho

O Parque Estadual Carlos Botelho foi criado no ano de 1982 e possui uma área de 37.797,43 ha e está situada nos municípios de São Miguel Arcanjo, Sete Barras, Capão Bonito e Tapiraí, entre as coordenadas geográficas 24°00' e 24°15' S e 47°55' e 48°05' W (DIAS, 2005; RODRIGUES, 2005).

A área apresenta dois padrões vegetacionais distintos: uma pequena parte restrita de Estepe (campo montano arbustivo) e o restante de Floresta Ombrófila Densa, onde está localizada a parcela permanente (INSTITUTO FLORESTAL, 2008). Na área do Parque, ocorrem solos como Cambissolos Hápticos Tb distróficos, Neossolos e Gleissolos Hápticos (INSTITUTO FLORESTAL, 2008).

O clima de acordo com o sistema de Köppen, pode ser classificado em clima temperado úmido com verão quente (Cfa) para as áreas submontanas e de baixada, e clima temperado úmido com verão temperado (Cfb) nas áreas montanas (INSTITUTO FLORESTAL, 2008). Sua precipitação pluviométrica anual média gira em torno de 1.700 mm a 2.400 mm e temperaturas médias de 17°C a 22°C, dependendo do relevo (INSTITUTO FLORESTAL, 2008). A parcela permanente está localizada em uma altitude em torno de 300 m (INSTITUTO FLORESTAL, 2008).

• Parcela Permanente – Pará (Paragominas)

Na fazenda Agrossete, localizada a 30 quilômetros do município de Paragominas, nordeste do Pará (Figura 2.2), foram instaladas pela equipe do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON) três áreas de floresta para a realização do experimento de comparação e acompanhamento da exploração florestal na área de estudo. Em cada uma dessas áreas foi implantada aleatoriamente uma parcela de 24,5 ha (SILVA, 2004). Para o presente trabalho, serão utilizadas duas subparcelas de 4,2 ha cada, totalizando em 8,4 ha, nas quais, todos os indivíduos com DAP acima de 10 cm foram mensurados, georeferenciados e identificados.

A vegetação é do tipo Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2010). O clima local é caracterizado por um período de chuvas regulares, entre janeiro e maio, e por um período seco, entre junho e novembro, apresentando pluviosidade média de 40 mm/mês e 1700 mm/ano (CASTRO, 2012). Os solos da região são classificados como Latossolo Amarelo, com textura variando de média a argilosa e relevo bastante plano (CASTRO, 2012).

Figura 2. 2. Localização da Fazenda Agrossete, no estado do Pará (IBGE, 2010; SILVA, 2004).

• Parcela Permanente – Ilha de Barro Colorado

Barro Colorado é uma ilha localizada no meio do Canal do Panamá, no Lago Gatun (Figura 2.3). Metade da ilha de Barro Colorado é coberta por Floresta Semidecidual relativamente

jovem, pelo menos 100 anos de idade, o restante é mais antigo e acredita-se não ter tido substancial perturbação antrópica nos últimos 200 - 400 anos (CAILLAUD *et al.*, 2010). Sua precipitação média anual é de aproximadamente 2.600 mm, com estação seca entre os meses de dezembro e abril e temperatura média diária de 28,5°C (BASSET *et al.*, 2015; PUERTA-PINERO *et al.*, 2013).

Na parte central da ilha, foi implantada uma parcela permanente de 50 hectares (1000 m x 500m), onde todos os indivíduos com DAP acima de 1 cm foram mensurados (CONDIT, 1998; WINDSOR, 1990). Desde 1981-1983, quando os indivíduos foram mensurados pela primeira vez, o censo foi feito por mais seis vezes (1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010), completando aproximadamente 30 anos de estudo e análise da área (CONDIT, 1998; WINDSOR, 1990). Essa parcela permanente está inserida no projeto de pesquisa da dinâmica de florestas na Ilha de Barro Colorado, que foi fundada por S. P. Hubbel e R. B. Foster e atualmente é gerenciada por R. Condit, S. Lao e R. Perez. Esse projeto recebe financiamentos de muitas organizações, principalmente da U. S. National Science Foundation.

Figura 2. 3. Localização da Parcela (50 ha) na Ilha de Barro Colorado. Fonte: (ARCGIS, 2011)

2.2.2. Coleta e Preparação dos Dados

Em todas as parcelas, foram feitos censos⁴, onde os indivíduos mensurados tiveram informações coletadas individualmente como espécie, DAP, coordenada geográfica e número de registro. Os dados brutos foram provenientes do último censo realizado em cada parcela permanente, com exceção da parcela do Pará, que utilizou os dados do primeiro censo, pois ainda não havia tido explorações madeireiras que pudessem alterar a estrutura da vegetação. Os censos utilizados nas análises são correspondentes aos anos de 1993 em Paragominas, 2010 em Barro Colorado, 2010 em Carlos Botelho, 2011 em Assis e 2011 para Caetetus.

⁴ Levantamento de todos os indivíduos em uma classe de diâmetro de interesse, dentro de uma área delimitada.

Na parcela de Barro Colorado, todos os indivíduos com DAP superior a 1 cm foram mensurados e identificados. Já nas parcelas situadas nos estados do Pará e São Paulo, os indivíduos mensurados apresentavam DAP superior a 10 cm e 4,8 cm, respectivamente. Para possibilitar as análises, os dados brutos das cinco parcelas permanentes foram uniformizados utilizando DAP mínimo de inclusão de 10 cm. Esse cuidado foi importante para que não houvesse qualquer tipo de viés na análise dos dados em relação ao critério de inclusão. Em cada área de estudo foi plotada uma parcela única, sem réplicas. Para manter o mesmo critério e seguir uma padronização na análise, as duas parcelas de Paragominas, que estão bem próximas geograficamente, foram trabalhadas de forma contínua como se fossem uma única parcela de 8,4 hectares.

2.2.3. Análises dos dados por atributos

Os dados foram analisados por meio de duas unidades de observação. A primeira foi utilizando os dados dos censos, onde as populações estatísticas das parcelas são conhecidas sem erro amostral ou medidas de incerteza e a segunda unidade foi utilizando os dados provenientes de subparcelas quadradas de 200 m² x 200 m² (400 m² - 0,04 ha). Para as análises foram utilizados os atributos quantitativos de densidade de estande, área basal, diâmetro médio e diâmetro médio quadrático, os quais descrevem estruturalmente as florestas.

Todos os procedimentos, como cálculos e gráficos foram programados e executados utilizando-se o ambiente de programação R (R CORE TEAM, 2018), que além de ser um software livre, combina grande variedade de plataformas e possui ampla flexibilidade na construção de gráficos. Para algumas relações gráficas, utilizou-se também os pacotes *sads* (PRADO; MIRANDA; CHALOM, 2017) e *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2017).

- Nível de Observação: Parcelas Únicas

Para os dados dos censos foi calculado um valor único para cada atributo quantitativo de interesse. Além desses resultados, foram geradas relações gráficas explorando melhor os atributos e distribuições de abundâncias por espécies. Para as análises foi considerada a riqueza das espécies porém não a identidade propriamente dita das mesmas.

Para analisar a estrutura diamétrica das diferentes fitofisionomias foram plotados os gráficos de densidade probabilística empírica dos diâmetros e distribuição de número de indivíduos e espécies por classe diamétrica. A representação empírica da densidade probabilística foi feita com o auxílio da função genérica “density”, que calcula as estimativas de densidade de Kernel gaussiano, estimando a densidade probabilística da variável em cada ponto.

Como a distribuição exponencial geralmente é utilizada para representar a distribuição de diâmetros (CARVALHO; NASCIMENTO, 2009), foi plotado o gráfico quantil-quantil, onde o quantil empírico é plotado contra o quantil teórico segundo a distribuição exponencial. De acordo com esse gráfico, se as variáveis observadas ficarem sobrepostas à reta de média 0 e desvio 1, é sinal que os dados se ajustaram bem à distribuição analisada.

Para observar como as espécies partilham seus recursos, sem depender do tamanho da amostra ou composição das espécies, foi analisada a SAD⁵, que é um dos padrões mais fortes em ecologia de comunidades, devido a poucas espécies serem abundantes e a maioria rara (MCGILL *et al.*, 2007; MCGILL, 2011). Essa distribuição consegue detectar mudanças na organização das comunidades (MATTHEWS; WHITTAKER, 2015). Para analisar se houve diferença entre a SAD por fitofisionomia, foram ajustados três modelos para descrever os dados. Os modelos ajustados foram Poisson Log-Normal, Log-Série e Log-Normal, os quais geralmente são utilizados para dados referentes a abundância das espécies (BULMER, 1974; ENGEN; LANDE, 1996; HUBBELL, 2001; NAVES, 2017; PRESTON, 1948). Para compará-los, utilizou-se o Critério de Informação de Akaike (AIC), que é uma métrica comparativa derivada da função de log verossimilhança negativa (BATISTA, 2014). Segundo esse critério, o melhor modelo é aquele que tem o menor valor de AIC, sendo que se a diferença for inferior a 2 ($\Delta AIC < 2$), os modelos são igualmente plausíveis para descrever os dados (BATISTA, 2014; BOLKER, 2008; BURNHAM; ANDERSON, 2002; LIMA, 2013). Para encontrar a melhor estimativa de parâmetros do melhor modelo, foi minimizada a função de log-verossimilhança negativa, resultando nas estimativas de melhor verossimilhança (EDWARDS, 1992). Dessa maneira, foram analisadas as curvas ou superfícies de log-verossimilhança dos parâmetros da distribuição.

Para comparar a frequência de abundância das espécies foram feitos os histogramas de SAD, utilizando a escala do eixo x em oitavas de Preston ou potência na base dois, onde a amplitude das classes aumenta conforme aumenta a abundância e no eixo y o número de espécies em classe de abundância (PRESTON, 1948). Além dos histogramas, foram feitos os gráficos pela clássica distribuição de Whittaker rank-abundância, onde as espécies mais abundantes recebem menor valor de rank (MCGILL, 2011) e pela distribuição acumulativa por espécies.

Outra análise estrutural foi utilizando a área basal, que além de ser uma excelente medida para analisar espacialmente as espécies é muito mais simples de ser obtida do que a biomassa (ANDERSON; CHIARUCCI; WILLIAMSON, 2012; NAVES, 2017). Um método simples e rápido para observar a diversidade de espécies, corrigindo a diferença entre o número de espécies

⁵ Distribuição de abundância de espécies, a sigla SAD vem do inglês: “species abundance distributions”.

entre as comunidades é usar a distribuição acumulativa de espécies e indivíduos (MCGILL, 2011). No caso, será feita a distribuição da porcentagem de espécies e indivíduos por área basal. Outra relação gráfica a ser explorada é entre a densidade e área basal das espécies. Para auxiliar a comparação entre as fitofisionomias, foi ajustada a regressão linear, que torna possível analisar a relação média diante dos interceptos ($\hat{\beta}_0$), inclinações das retas ($\hat{\beta}_1$), erros padrão dos resíduos ($S\hat{y}$) e coeficientes de determinação (R^2).

- Nível de Observação: Subparcelas de 400 m²

Com o intuito de gerar representações de incertezas estruturais, as áreas das parcelas permanentes foram divididas em subparcelas contínuas quadradas de 400 m² (0,04 ha). As subparcelas foram geradas utilizando as coordenadas geográficas dos indivíduos mensurados, formando um mapeamento espacial de toda a parcela e o tamanho foi escolhido por ser plausível de ser replicável diversas vezes em todas as parcelas permanentes. As subparcelas, ou seja, as amostras de mesmo tamanho, possibilitaram fazer inferências estatísticas, comparando as diferentes fitofisionomias. Como as parcelas variaram em tamanho de área, o número total de subparcelas diferiu, sendo 256 subparcelas em Caetetus, Assis e Carlos Botelho e 1250 e 210 subparcelas em Barro Colorado e Paragominas, respectivamente.

Primeiramente foram calculados os parâmetros de média, desvio padrão e coeficiente de variação para os atributos de riqueza, densidade de estande, DAP médio, DAP médio quadrático e área basal por subparcela. Esses parâmetros foram estimados para possibilitar expressar a variabilidade dos dados nas fitofisionomias. Além dos resultados numéricos por subparcelas, os atributos foram representados pelas relações gráficas utilizando as funções empíricas de densidade probabilística, que são apropriadas para visualizar o comportamento da distribuição, permitindo análise comparativa para diversos valores que a distribuição pode assumir (BATISTA, 2014). Uma propriedade utilizada para avaliar as funções de densidade foi a simetria, pois por meio dela foi possível explorar se houberam semelhanças entre essas distribuições e a distribuição normal, por exemplo. A observação da simetria foi pelos gráficos que confrontam os quantis acima da mediana contra os abaixo da mediana (BATISTA, 2014).

O estudo da riqueza acumulada de espécies por unidades amostrais representada pela curva do coletor, pode ser pelo número de parcelas, área acumulada das parcelas, pontos amostrais (método de quadrantes) ou o número acumulado de indivíduos (SCHILLING; BATISTA, 2008). Para possibilitar a comparação entre as fitofisionomias, foram geradas aleatoriamente 10.000 reamostragens das subparcelas de 400 m², gerando curvas com ordenações distintas, que resultam em uma curva média, possibilitando a comparação (COLEMAN *et al.*, 1982).

2.3. Resultados

2.3.1. Nível de Observação: Parcelas Únicas

Foram mensurados 43.095 indivíduos no total com DAP igual ou superior a 10 cm, sendo que a maioria foi proveniente da parcela de Barro Colorado (Estacional Semidecidual) com 20.802 indivíduos, seguida pelas parcelas de Assis (Cerradão) com 8.493, Carlos Botelho (Ombrófila Densa) com 4.978, Caetetus (Estacional Semidecidual) com 4.576 e Paragominas (Ombrófila Densa) com 4.246 indivíduos (Tabela 2.1).

Para os atributos de densidade de estande, área basal, DAP médio e DAP médio quadrático, os resultados foram similares para as formações Estacionais Semidecíduais e Ombrófilas, diferindo da fitofisionomia de Cerradão. Na parcela de Assis (Cerradão), a densidade de estande foi maior em comparação com as demais parcelas e DAP médio, DAP médio quadrático e área basal foram inferiores. Outra característica que foi possível notar é em relação à riqueza de espécies arbóreas, onde o Cerradão apresentou o número total de espécies consideravelmente baixo.

Tabela 2. 1. Resumo dos atributos estruturais de acordo com o censo das parcelas permanentes, utilizando limite mínimo de inclusão de DAP de 10 cm

Área (Fitofisionomia)	Nº de Indivíduos	Nº de Espécies	Área Total (ha)	Densidade de Estande (ind./ha)	DAP Médio (cm)	DAP Médio Quadrático (cm)	Área Basal (m ² /ha)
Barro Colorado (Estacional Semidecidual)	20.802	223	50	416	22,4	28,6	26,7
Caetetus (Estacional Semidecidual)	4.576	119	10,24	447	19,9	23,7	19,7
Carlos Botelho (Ombrófila Densa)	4.978	195	10,24	486	20,8	25,9	25,6
Paragominas (Ombrófila Densa)	4.246	180	8,4	505	19,3	22,6	20,4
Assis (Cerradão)	8.493	89	10,24	829	14,9	16,2	15,9

- Estrutura de tamanho

Ainda que os resultados entre as fitofisionomias Estacionais e Ombrófilas sejam similares, os valores máximos de DAP ocorridos nas parcelas de Caetetus e Barro Colorado foram, respectivamente, 209,1 cm e 247,7 cm, sendo mais elevados em relação aos valores encontrados

em Carlos Botelho e Paragominas que foram de 142,3 cm e 146,6 cm (Tabela 2.2). Porém, apesar de Paragominas apresentar valor máximo de DAP variando em mais de 60 cm do valor de Caetetus, a área basal apresentou diferença de apenas 0,7 m²/ha, sugerindo mais indivíduos maiores em relação ao DAP em Paragominas do que em Caetetus. Já em Assis (Cerradão), o valor de DAP máximo foi muito inferior comparado às outras fitofisionomias, resultando em uma maior concentração de árvores menores em DAP, possibilitando distingui-la das demais parcelas.

Tabela 2. 2. Valores de DAP (cm) por parcela permanente

	Barro Colorado (Estacional Semidecidual)	Caetetus (Estacional Semidecidual)	Carlos Botelho (Ombrófila Densa)	Paragominas (Ombrófila Densa)	Assis (Cerradão)
DAP Mínimo - Valor Truncado	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
DAP Mediano	15,8	15,9	15	15,3	13,7
DAP Médio	22,4	19,9	20,8	19,3	14,9
DAP Máximo	247,7	209,1	142,3	146,6	47,7

Todas as curvas apresentaram forma de “J-invertido” para as curvas empíricas de densidade probabilística para DAP por parcela, indicando menor número de árvores à medida que aumenta o valor de DAP. Para o início das curvas, representadas por árvores com DAPs menores, próximos à 10 cm, foram formados três padrões entre as parcelas analisadas. Sendo um para o Cerradão (Assis), outro para as Estacionais (Barro Colorado e Caetetus) e outro para Ombrófilas (Carlos Botelho e Paragominas). Entretanto, a medida que aumenta o valor de DAP, por volta de 25 cm, o Cerradão continua separado, porém as florestas Estacionais e Ombrófilas se unem (Figura 2.4).

Figura 2. 4. Gráfico representando a densidade probabilística empírica para DAP em cada parcela

As curvas de densidade diamétrica geralmente são bem representadas pela distribuição exponencial, porém nenhuma das parcelas apresentou seus dados perfeitamente ajustados à distribuição exponencial (Figura 2.5), sendo a parcela de Assis a mais próxima.

Figura 2. 5. Gráficos quantil-quantil para a distribuição exponencial do DAP (cm) em escala original para cada parcela

Nas relações gráficas de número de indivíduos por classe de tamanho de diâmetro em cada parcela, vimos três que cada fitofisionomia apresentou um padrão de ocorrência gerado pela forma como decresce a porcentagem de indivíduos ao longo dos valores de diâmetro (Figura 2.6).

Figura 2. 6. Gráficos de distribuição de número de indivíduos por classe diamétrica (cm) em cada área

Outra medida de tamanho observada foi a distribuição acumulada da porcentagem do número de indivíduos por área basal, onde a curva referente à Assis gerou um padrão diferenciado das demais áreas, devido a homogeneidade do tamanho dos indivíduos presentes na parcela (Figura 2.7).

Figura 2. 7. Distribuição acumulada de indivíduos por área basal (m^2/ha), sendo a área basal em escala logarítmica

- Estrutura de diversidade

Não foi possível discriminar padrões diferenciados entre as formações por meio da distribuição de espécie por classe de tamanho de DAP, apesar da evidente diferença no número de classes (Figura 2.8).

Figura 2. 8. Gráfico de espécies por classe diamétrica (cm) em cada parcela

Entretanto, quando avaliado o número de espécies em porcentagem presentes em cada classe de diâmetro, identificamos três padrões de comportamento entre as distribuições. Um dos padrões foi formado por Assis (Cerradão), que apresentou apenas duas classes, devido ao número máximo de DAP (47,7 cm) e aproximadamente 17% das espécies na segunda classe, valor muito inferior quando comparado com os valores da segunda classe das outras áreas (Tabela 2.3). Os outros dois padrões foram formados devido à semelhança entre as porcentagens das áreas, sendo um padrão referente à Barro Colorado (Estacional) com Carlos Botelho (Ombrófila) e outro para Caetetus (Estacional) com Paragominas (Ombrófila).

Tabela 2. 3. Valores de espécies por classe diamétrica (%)

Classe Diamétrica	Barro Colorado (Estacional Semidecidual)	Caetetus (Estacional Semidecidual)	Carlos Botelho (Ombrófila Densa)	Paragominas (Ombrófila Densa)	Assis (Cerradão)
1	93,7	94,1	94,4	93,9	98,9
2	56,5	47,9	54,4	45	16,9
3	36,3	24,4	32,3	21,1	-
Restante	58,3	17,6	24,6	13,9	-

Por meio dos histogramas das abundâncias de espécies nas oitavas de Preston, vimos os mesmos padrões apresentados anteriormente, sendo que Barro Colorado (Estacional Semidecidual) e Carlos Botelho (Ombrófila Densa) se assemelharam, apresentando maior número de espécies abundantes, enquanto as parcelas de Caetetus (Estacional Semidecidual) e Paragominas (Ombrófila Densa) apresentaram maior número de espécies raras. Já em Assis (Cerradão), foi possível perceber presença de duas modas seguido de valores decrescentes (Figura 2.9).

Figura 2. 9. SAD representada pelo histograma de abundância em escala logarítmica para cada área

Diante dos três modelos escolhidos (Poisson Log-Normal, Log-Série e Log-Normal), a distribuição Poisson Log-Normal (PLN) apresentou menor valor de AIC para as cinco parcelas, ajustando melhor aos dados, não diferindo do modelo de Log-Série para as parcelas de Caetetus e Assis (Tabela 2.4).

Tabela 2. 4. Ajuste e seleção de modelos para os histogramas de abundância. Em destaque os melhores AIC e Δ AIC

Modelo	Barro Colorado		Caetetus		Carlos Botelho		Paragominas		Assis	
	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC
Poisson-Log-Normal	2.274,7	0	931,4	0,0	1.528,9	0	1.280,8	0	803	0
Log-Série	2.282,2	7,5	931,6	0,2	1.537,2	8,3	1.284,8	4	803,9	0,9
Log-Normal	2.293,9	19,2	954,9	23,5	1.552,1	23,2	1.325,7	44,9	822,3	19,4

Como a distribuição PLN foi a que apresentou o melhor modelo para descrever os dados de todas as parcelas, uma maneira de comparar as estimativas é por meio da superfície de

verossimilhança, que é a incerteza associada à estimativa do parâmetro, uma maneira análoga ao intervalo de confiança da estatística frequentista. Assim, como a PLN apresenta dois parâmetros, média (μ) e sigma (σ) e o parâmetro μ é influenciado pelo tamanho das amostras, foi analisado somente o parâmetro σ , que é uma medida inversa da diversidade interpretada como uma medida de dominância das espécies, ou seja, uma medida paramétrica de diversidade para analisarmos se há semelhança entre as áreas (CONNOLLY; THIBAUT, 2012; GRØTAN, 2012; NAVES, 2017; SÆTHER; ENGEN; GRØTAN, 2013). Por meio do gráfico de contorno, foi possível visualizar as áreas de limite de 2,07 ou log (8) e verificar que Caetetus se assemelhou à Assis e Paragominas, sendo que as demais áreas se diferenciaram (Figura 2.10 a). Porém, por meio do parâmetro sigma não foi possível distinguir as fitofisionomias, uma vez que ombrófilas e semidecíduais se sobrepuseram (Figura 2.10 b).

Figura 2. 10. a) Contorno da superfície de verossimilhança da distribuição PLN, sendo as cruzes os estimadores de melhor verossimilhança e as linhas tracejadas a região de log-verossimilhança menor ou igual a log (8). b) Intervalo de verossimilhança do parâmetro sigma

Por meio dos diagramas de rank-abundância de espécies (Figura 2.11), as áreas de Assis (Cerradão) e Caetetus (Estacional) apresentaram menor diversidade de espécies comparadas às demais áreas, porém não foi possível discriminar as fitofisionomias pelo padrão de ocorrência das curvas.

Figura 2. 11. a) Distribuição de abundância por rank, de abundância utilizando o modelo PLN. b) Região inicial aproximada da distribuição

Nas relações gráficas de distribuição acumulada por espécies, apesar de todas as parcelas apresentarem a curva em forma de “S”, podemos notar a presença de três padrões, que distinguem as três fitofisionomias (Figura 2.12). Analisando as curvas é possível visualizar que em Assis é preciso uma porcentagem muito menor de área basal do que para as demais áreas para amostrar 50% das espécies. O contrário foi observado em Caetetus (Estacional), indicando necessidade de maior porcentagem de área basal para representar 50% das espécies presentes na área.

Figura 2. 12. Distribuição acumulada de espécies por área basal com linha tracejada representando 50% das espécies, sendo a porcentagem de área basal em escala logarítmica

- Estrutura de diversidade por tamanho e densidade

Por meio do gráfico da relação entre densidade e área basal, se há uma maior dispersão das espécies, significa que uma espécie com poucos indivíduos, tem indivíduos muito grandes ou uma espécie com muitos indivíduos, tem indivíduos pequenos. Após o ajuste da regressão linear na escala logarítmica (Tabela 2.5), foi possível perceber uma maior dispersão em Florestas Ombrófilas e Semidecíduais e uma maior homogeneidade no Cerradão, ou seja, menor variabilidade em relação ao tamanho dos indivíduos.

Tabela 2. 5. Estimativas de regressão linear, com valores de parâmetros

Parcelas	Parâmetros			
	Parâmetro $\hat{\beta}_0$	Parâmetro $\hat{\beta}_1$	Coefficiente de Determinação: R^2 (%)	Erro Padrão: $S_{\hat{y}}$ (%)
Barro Colorado (Estacional)	-0,3076	1,0232	69,16	1,20
Caetetus (Estacional)	-0,0978	1,0878	80,13	0,93
Carlos Botelho (Ombrófila)	-0,1852	1,0553	68,11	1,00
Paragominas (Ombrófila)	-0,0201	0,9957	74,96	0,92
Assis (Cerradão)	-0,1518	1,0221	95,3	0,46

Nesse caso, se uma espécie tem muitos indivíduos, ela vai ter necessariamente área basal relativa alta e se tiver poucos indivíduos, terá uma área basal relativa baixa. Já pela linha de tendência, não foi possível perceber diferença no comportamento por fitofisionomia (Figura 2.13).

Figura 2. 13. Gráfico de área basal e abundância por espécie com modelo linear ajustado aos dados

2.3.2. Nível de Observação: Subparcelas de 400 m²

Para o atributo de densidade de estande, o coeficiente de variação identificou semelhança em relação a variabilidade das parcelas de Caetetus (28%), Barro Colorado (24%), Assis (22%) e Paragominas (28%). Já para a parcela de Carlos Botelho, foi observado um coeficiente de 43% (Tabela 2.6), o qual se deve à maior variabilidade dentro da parcela (CAPRETZ, 2004).

Tabela 2. 6. Parâmetros de média ($\bar{x}$), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) para atributos estruturais (riqueza, densidade de estande, DAP Médio e DAP Médio Quadrático) referentes às subparcelas de 400 m²

Área com fitofisionomia (N° de Subparcelas)	Parâmetros	Riqueza (espécie)	Densidade de Estande (ind./ha ⁻¹)	DAP Médio (cm)	DAP Médio Quadrático (cm)	Área Basal (m ² /ha)
Barro Colorado Estacional Semidecidual (1.250)	$\bar{x}$	12	416	22,6	27,7	26,7
	s	3	99	4,7	8,3	18,3
	CV (%)	23	24	21	30	68
Caetetus Estacional Semidecidual (256)	$\bar{x}$	10	447	20,0	23,3	19,7
	s	3	125	3,4	6,0	11,5
	CV (%)	27	28	17	26	58
Carlos Botelho Ombrófila Densa (256)	$\bar{x}$	13	486	20,3	24,4	25,6
	s	6	211	3,9	6,4	17,4
	CV (%)	47	43	19	26	68
Paragominas Ombrófila Densa 210)	$\bar{x}$	15	505	19,3	22,0	20,4
	s	4	139	3,7	5,7	11,9
	CV (%)	26	28	19	26	59
Assis Cerradão (256)	$\bar{x}$	12	829	15,0	15,6	15,9
	s	2	182	1,3	1,5	3,9
	CV (%)	19	22	8	10	24

O coeficiente de variação também indicou variabilidade semelhante para DAP médio e DAP médio quadrático para as parcelas, exceto para a de Assis que resultou baixa variabilidade. Essa baixa variação também foi encontrada para a área basal, o que é compreensível, já que a maioria dos indivíduos apresenta valores baixos de DAP.

Para os gráficos de densidade probabilística empírica para densidade de estande, foi possível observar que em todas as curvas houve assimetria, ou seja, as curvas diferiram de uma curva normal. Sendo que nas parcelas de Carlos Botelho (Ombrófila Densa) e Assis (Cerradão), as curvas foram relativamente mais suaves e espalhadas (Figura 2.14). Embora as curvas geradas em Barro Colorado (Estacional Semidecidual), Caetetus (Estacional Semidecidual) e Paragominas (Ombrófila Densa) sejam assimétricas, visualmente, elas tiveram maior proximidade à uma curva normal (simétrica).

Figura 2. 14. Gráfico de densidade probabilística empírica do parâmetro de densidade de estande (ind./ha^{-1}) para as parcelas

Para os gráficos de densidade probabilística empírica para a área basal, as curvas referentes às Florestas Estacionais e Ombrófilas apresentaram um padrão relativamente semelhante, sendo Caetetus (Estacional) e Paragominas (Ombrófila) próximos. Já Assis (Cerradão), apresentou um padrão muito discrepante das demais, distinguindo claramente essa fitofisionomia (Figura 2.15).

Em todas as curvas houve assimetria à direita, sendo que a distribuição da parcela de Assis (Cerradão) foi a que apresentou menor assimetria. Essa assimetria presente em todas as curvas, demonstrou que apesar da área ter sido dividida em várias subparcelas, o tamanho ou número de árvores dessas não foi suficiente para que as médias convergissem para uma distribuição normal, conforme o Teorema Central do Limite. Outro fator que diferenciou o padrão foi a amplitude da distribuição em relação ao eixo x, antes e depois da média geral, onde o gráfico referente à Assis (Cerradão) apresentou amplitudes consideravelmente menores que as demais, alterando consequentemente a amplitude do eixo y, que foi bem maior.

Figura 2. 15. Gráfico de densidade probabilística empírica do parâmetro área basal (m^2/ha) para as parcelas

Para as distribuições de DAP médio, vimos que a parcela referente à Assis comporta de maneira diferente quando comparadas às demais em relação à amplitude dos eixos x e y (Figura 2.16). Para os gráficos de DAP médio, todas as curvas apresentaram um pico antes do valor médio, exceto a de Carlos Botelho (Ombrófila Densa) que foi posterior a esse valor, indicando em ambas situações assimetria. Apesar de todas as curvas apresentarem assimetria, apenas Carlos Botelho apresentou assimetria à esquerda.

Para as fitofisionomias de Barro Colorado (Estacional Semidecidual), Caetetus (Estacional Semidecidual), Paragominas (Ombrófila Densa), Carlos Botelho (Ombrófila Densa), a curva apresenta uma curva mais espalhada, diferenciando da parcela de Assis (Cerradão) que apresenta uma curva mais concentrada, e maior amplitude em relação ao eixo y. Já em relação ao eixo x, foi possível notar que a amplitude foi maior em Barro Colorado, seguida de Caetetus, Carlos Botelho, Paragominas e Assis. Para os gráficos de DAP médio quadrático, os padrões e considerações foram os mesmos apresentados para os gráficos de DAP médio, variando apenas na amplitude dos dados.

Figura 2. 16. Gráficos de densidade probabilística empírica do parâmetro DAP médio (cm) em todas as parcelas

Por meio de 10.000 mil reamostragens utilizando o método Mau Tao (COLWELL; MAO; CHANG, 2004), as curva coletoras médias identificaram uma similaridade entre as curvas de Barro Colorado (Estacional), Paragominas (Ombrófila) e Carlos Botelho (Ombrófila). Já as curvas referentes à Caetetus (Estacional) e Assis (Cerradão) tiveram comportamentos diferentes (Figura 2.17).

Figura 2. 17. Curvas do coletor com seus respectivos intervalos de confiança com base nas 10.000 reamostragens

2.4. Discussão

As florestas tropicais apresentam alta complexidade estrutural, compreendendo uma ampla variação de fitofisionomias. No decorrer do trabalho, foram explorados e analisados atributos quantitativos referentes à forma e estrutura de diferentes fitofisionomias, como Cerradão, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa, buscando distingui-las sem levar em consideração a identidade das espécies.

Como os padrões dos atributos relacionados à diversidade são diretamente influenciados pelo clima, temperatura, solo, ciclagem de nutrientes e precipitação, era esperado que diferentes fitofisionomias gerassem estruturas distintas e revelassem tendências e/ou comportamentos característicos (COUTINHO, 2006; LAWTON, 1996; LIMA, 2013; MARTINS, 2009, 2012). Entretanto, com base nos resultados dos atributos estruturais, vimos diferenças marcantes apenas entre Assis (Cerradão) e as demais áreas (Florestas Estacionais e Ombrófilas).

Em geral, a fitofisionomia do Cerradão se desenvolve em solos de fertilidade baixa à mediana e sabe-se que essa fertilidade está correlacionada diretamente com a biomassa (LAURANCE *et al.*, 1999; MARTINS, 2012), ou seja, com a área basal. Sendo assim, esse fato corrobora para o valor de área basal ser tão baixo e diferente para o Cerradão, já que essa fitofisionomia é caracterizada pela baixa fertilidade e alto teor de alumínio no solo (RIBEIRO; WALTER, 1998).

As florestas tropicais são conhecidas como as comunidades terrestres mais diversificadas geneticamente na Terra (PLOTKIN *et al.*, 2000). Em relação à diversidade de espécies, a parcela do Cerradão se mostrou menor que as demais parcelas. Essa baixa diversidade pode indicar a presença de poucos fatores ambientais que interferiram e variaram significativamente a vegetação (GREIG-SMITH, 1961).

Analisando a densidade com base no clima, sabe-se que em climas mais úmidos, a tendência é suportar densidades mais altas e maiores valores de área basal do que florestas de climas mais secos (LIMA, 2013; PHILLIPS *et al.*, 1994). Porém, contrapondo essa afirmação, a parcela de Assis (Cerradão), caracterizada por apresentar uma estação seca durante o ano, foi a que apresentou maior densidade de estande, muito superior aos valores encontrados para as Florestas Ombrófilas e Estacionais, sendo aproximadamente o dobro da encontrada em Barro Colorado (Estacional Semidecidual).

As Florestas Estacionais Semidecíduais, de modo geral, apresentam dossel irregular com árvores mais espaçadas, com presença de musgos, líquens e abundância de trepadeiras (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009; RIZZINI, 1997). Elas se caracterizam por apresentarem duas estações bem definidas no decorrer do ano, sendo uma mais úmida, com presença de intensas chuvas, e outra mais seca, causando a deciduidade da vegetação (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). Essa diferença de estacionalidade, causando a deciduidade da floresta é uma característica fundamental para diferenciar as florestas Estacionais das Ombrófilas (COSTA; MORO; MARTINS, 2016; IVANAUSKAS; ASSIS, 2009). Já as Florestas Ombrófilas encontram-se em locais de alta temperatura e de precipitação elevada e bem distribuída durante o ano (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009). Elas são mais exuberantes, com alta pluviosidade e alta umidade condicionadas pelo relevo (IVANAUSKAS; ASSIS, 2009; RIZZINI, 1997).

Quando analisada estruturalmente às parcelas de Barro Colorado e Caetetus (Florestas Estacionais) e Paragominas e Carlos Botelho (Floresta Ombrófila), vimos que elas se diferenciaram apenas na densidade de estande, mostrando similaridade nos demais atributos quantitativos. Já nas relações gráficas relacionadas à estrutura de tamanho, vimos semelhança nos gráficos por fitofisionomia. Entretanto quando relacionada à estrutura de diversidade, vimos semelhanças entre Barro Colorado (Estacional) com Carlos Botelho (Ombrófila) e Caetetus (Estacional) com Paragominas (Ombrófila) e em outras situações como acumulação de espécies por área basal, vimos semelhança entre as mesmas fitofisionomias. Mas por que será que não encontramos diferenças estruturais na maioria das relações gráficas entre Florestas Ombrófilas Densas e Estacionais Semidecíduais?

Uma das hipóteses para a semelhança estrutural entre as parcelas Estacionais e Ombrófilas pode ser pelo fato das áreas de Caetetus e Carlos Botelho apresentarem uma elevada abundância de lianas e bambus, os quais não foram mensurados e que implicam diretamente nos atributos estruturais (WALTER, 1986). Além desse fato, pode ter ocorrido distúrbios naturais que desestruturaram as comunidades, desencadeando processos de cicatrização, modificando a estrutura das comunidades (MARTINS, 2012) e deixando essas comunidades semelhantes.

Lima (2013) avaliando as mesmas fitofisionomias e padrões estruturais de densidade, área basal e diversidade das florestas, encontrou diferenças marcantes em relação à densidade de estande, área basal e diversidade de espécies, que diferiram marcadamente as distintas fitofisionomias. Entretanto, em sua análise foi utilizado um diâmetro mínimo de inclusão de 4,8 cm. Uma explicação plausível para que não tenhamos encontrado o que esperávamos é que trabalhamos com dados com limite de inclusão mínimo de 10 cm. Trabalhar com cortes de DAP relativamente altos, pode excluir uma porcentagem de indivíduos primordiais para a análise estrutural da floresta, já que a maioria das florestas apresentam um maior número de indivíduos com diâmetros menores (ASSMANN, 1970), ou seja, inferiores aos utilizados no banco de dados em questão. Sendo que indivíduos com DAP maior que 10 cm não representam nem 10 % da comunidade (NAVES, 2017).

Outra explicação para tais semelhança entre as áreas, pode ser a classificação equivocada da fitofisionomia. No Brasil, o sistema universal de classificação da vegetação publicado por Veloso; Rangel Filho; Lima (1991) e ainda amplamente utilizado nos trabalhos atuais foi classificado por meio de mapeamentos em escala regional (IBGE, 2010), entretanto, pode haver micro regiões, consideradas regiões locais de transição, que podem ocorrer sem ser percebidas devido a escala e estar sujeitas à viés quanto à sua classificação.

Como parcelas preservadas dessa magnitude são raras, é difícil ter réplicas para analisar se realmente essa semelhança existe em todas as áreas consideradas Estacionais Semidecíduais e Ombrófilas Densas ou se foi presente somente nessas quatro parcelas analisadas. Porém há um déficit grande quanto à estudos que abordam padrões estruturais em diferentes fitofisionomias sem abordar a identificação das espécies, sendo necessários mais estudos para analisar as relações entre Florestas Ombrófilas Densas e Estacionais Semidecíduais.

2.5. Considerações Finais

Dentre as cinco parcelas permanentes analisadas, abrangendo as fitofisionomias estacional, ombrófila e cerradão, vimos que o comportamento dos atributos quantitativos nem sempre foi próximo para as parcelas classificadas como mesma fitofisionomia.

Para a fitofisionomia cerradão, que apresentou baixa densidade e homogeneidade no tamanho das árvores, o que pode estar fortemente relacionada à fertilidade do solo e disponibilidade de água, houve diferença estrutural tanto em tamanho como em diversidade quando comparadas com as demais áreas e fitofisionomias.

Entretanto, por meio dos atributos quantitativos estruturais analisados, não foi possível distinguir as fitofisionomias classificadas como Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, D.; OSTLING, A.; ETIENNE, R. S. The implicit assumption of symmetry and the species abundance distribution. *Ecology Letters*, v. 11, n. 2, p. 93–105, 2008.
- ANDERSON, B. J.; CHIARUCCI, A.; WILLIAMSON, M. How differences in plant abundance measures produce different species-abundance distributions. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 3, n. 5, p. 783–786, 2012.
- ANDRADE, K. V. S. A.; RODAL, M. J. N. Fisionomia e estrutura de um remanescente de floresta estacional semidecidual de terras baixas no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 27, n. 3, p. 463–474, 2004.
- ARCGIS. *World Maps*. 2011
- ASSMANN, E. *The Principles of Forest Yield Studies: Studies in the Organic Production, Structure, Increment and Yield of Forest Stands*. 1970.
- BASSET, Y. *et al.* The butterflies of Barro Colorado Island, Panama: Local extinction since the 1930s. *PLoS ONE*, v. 10, n. 8, p. 1–22, 2015.
- BATISTA, J. L. F. *Biometria Florestal segundo o Axioma da Verossimilhança Com Aplicações em Mensuração Florestal*. 2014. 401 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2014.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. D.; SILVA FILHO, D. D. *Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- BELLIER, E. *et al.* Combining counts and incidence data: An efficient approach for estimating the log-normal species abundance distribution and diversity indices. *Oecologia*, v. 170, n. 2, p. 477–488, 2012.
- BETTINGER, P. *et al.* *Forest Management and Planning*. 2009.
- BOLKER, B. M. *Ecological models and data in R*. 2008.
- BULMER, M. G. On Fitting the Poisson Lognormal Distribution to Species-Abundance Data. *International Biometric Society*, v. 30, n. 1, p. 101–110, 1974.

- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach* (2nd ed). 2002. v. 172.
- CAILLAUD, D. *et al.* Modeling the spatial distribution and fruiting pattern of a key tree species in a neotropical forest: Methodology and potential applications. *PLoS ONE*, v. 5, n. 11, 2010.
- CAPRETZ, R. L. *Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função K de Ripley*. 2004. 93 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004.
- CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das populações arbóreas de um remanescente de floresta atlântica submontana (Silva Jardim-RJ, Brasil). *Árvore*, v. 33, n. 2, p. 327–337, 2009.
- CASTRO, T. N. DE. *Comparação de diferentes formas de colheita florestal na Amazônia brasileira através da modelagem da produção e do crescimento*. 2012. 72 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2012.
- COLEMAN, B. D. *et al.* Randomness, Area, and Species Richness. *Ecology*, v. 63, n. 4, p. 1121–1133, 1982.
- COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, v. 85, p. 2717–2727, 2004.
- CONDIT, R. *Tropical Forest Census Plots: Methods and Results from Barro Colorado Island, Panama and a Comparison with Other Plots*. 1998.
- CONNOLLY, S. R.; THIBAUT, L. M. A comparative analysis of alternative approaches to fitting species-abundance models. *Journal of Plant Ecology*, v. 5, n. 1, p. 32–45, 2012.
- COSTA, A. C. M.; MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Raunkiaerian life-forms in the Atlantic forest and comparisons of life-form spectra among Brazilian main biomes. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 39, n. 3, p. 833–844, 2016.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, n. 1, p. 13–23, 2006.
- DIAS, A. C. *Composição florística, fitossociologia, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na floresta ombrófila densa do Parque Estadual Carlos Botelho/SP-Brasil*. 2005. 184 f.

Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2005.

DORNELAS, M.; MOONEN, A. C.; MAGURRAN, A. E. Species abundance distributions reveal environmental heterogeneity in modified landscapes. *Journal of Applied Ecology*, v. 46, n. 3, p. 666–672, 2009.

DURIGAN, G. *et al. Plano de manejo da Estação ecológica de Assis*. 2010.

EDWARDS, A. W. F. *Likelihood*. 1992.

ENGEN, S.; GRØTAN, V.; SÆTHER, B. E. Estimating similarity of communities: A parametric approach to spatio-temporal analysis of species diversity. *Ecography*, v. 34, n. 2, p. 220–231, 2011.

ENGEN, S.; LANDE, R. Population dynamic models generating the lognormal species abundance distribution. *Mathematical Biosciences*, v. 132, n. 2, p. 169–183, 1996.

GRAY, J. S.; BJØRGESÆTER, A.; UGLAND, K. I. The impact of rare species on natural assemblages. *Journal of Animal Ecology*, v. 74, n. 6, p. 1131–1139, 2005.

GREIG-SMITH, P. Data on Pattern within Plant Communities: I. The Analysis of Pattern. *Journal of Ecology*, v. 49, n. 3, p. 695–702, 1961.

GRØTAN, V. Seasonal cycles of species diversity and similarity in a tropical butterfly community. *Journal of Animal Ecology*, v. 81, n. 3, p. 714–723, 2012.

HAIDAR, R. F. *et al.* Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil : parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. *Acta Amazonica*, v. 43, n. 3, p. 261–290, 2013.

HUBBELL, S. P. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapeamento Topográfico*. Acesso em: 4 abr. 2017.

INSTITUTO FLORESTAL. *Plano de Manejo: Parque Estadual Carlos Botelho. Plano de Manejo: Parque Estadual Carlos Botelho*. 2008.

INSTITUTO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. *Limites das unidades de conservação do Instituto Florestal em arquivo shapefile*. 2005.

- IVANAUSKAS, N. M.; ASSIS, M. C. Formações florestais brasileiras. *Ecologia de florestas tropicais do Brasil*. 2009. p. 74–108.
- LAURANCE, W. F. *et al.* Relationship between soils and Amazon forest biomass: A landscape-scale study. *Forest Ecology and Management*, v. 118, n. 1–3, p. 127–138, 1999.
- LAWTON, J. H. Patterns in Ecology. *Oikos*, v. 75, n. 2, p. 145–147, 1996.
- LIMA, R. A. F. *Ajuste e seleção de modelos na descrição de comunidades arbóreas: estrutura, diversidade e padrões espaciais*. 2013. 203 f. Universidade de São Paulo, 2013.
- MACARTHUR, R. H. Patterns of Species Diversity. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v. 40, n. 4, p. 510–533, 1965.
- MARTINS, S. V. *Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil*. 2 edição, 2012.
- MARTINS, S. V. *Ecologia de florestas tropicais do Brasil*. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- MATTHEWS, T. J.; WHITTAKER, R. J. On the species abundance distribution in applied ecology and biodiversity management. *Journal of Applied Ecology*, v. 52, n. 2, p. 443–454, 2015.
- MCGILL, B. J. Species abundance distribution. In: PRESS, O. U. (Org.). *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. 2011. p. 359.
- MCGILL, B. J. *et al.* Species abundance distributions: Moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters*, v. 10, n. 10, p. 995–1015, 2007.
- MOREIRA, C. M. *Avaliação de métodos fitossociológicos através de simulações de amostragens numa parcela permanente de cerradão, na Estação Ecológica de Assis, SP*. 2007. 68 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2007.
- NAVES, R. P. *Dinâmica da diversidade de florestas manejadas através da abordagem de ajuste e seleção de modelos para distribuição de abundância entre espécies*. 2017. 143 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.
- OKSANEN, J. *et al.* *Vegan: Community Ecology Package*. 2017

- PHILLIPS, O. L. *et al.* Dynamics and species richness of tropical rain forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 91, n. 7, p. 2805–2809, 1994.
- PLOTKIN, J. B. *et al.* Predicting species diversity in tropical forests. *PNAS*, v. 97, n. 20, p. 10850–10854, 2000.
- PRADO, P. I.; MIRANDA, M. D.; CHALOM, A. *Sads: maximum likelihood models for species abundance distributions*. 2017
- PRESTON, F. W. The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, v. 29, n. 3, p. 254–283, 1948.
- PUERTA-PINERO, C. *et al.* Seed arrival in tropical forest treefall gaps. *Ecology*, v. 94, n. 7, p. 1552–1562, 2013.
- R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. 2018
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *Cerrado : ambiente e flora*, p. 556, 1998.
- RIZZINI, C. T. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997.
- RODRIGUES, R. R. *Parcelas permanentes em 40 ha de florestas do Estado de São Paulo: uma experiência multidisciplinar*. 2005.
- SÆTHER, B. E.; ENGEN, S.; GRØTAN, V. Species diversity and community similarity in fluctuating environments: parametric approaches using species abundance distributions. *Journal of Animal Ecology*, v. 82, n. 4, p. 721–738, 2013.
- 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.
- SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. *Biometria florestal: medição, volumetria e gravimetria*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.
- SILVA, E. J. V. *Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia Oriental*. 2004. 171 f. 2004.
- SOUZA, A. L. DE; SOARES, C. P. B. *Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo*. Viçosa, MG, 2013.

TABANEZ, M. F. *et al.* *Plano de Manejo: Estação Ecológica dos Caetetus. Plano de Manejo: Estação Ecológica dos Caetetus*. 2005.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. *Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

WALTER, H. *Vegetação e zonas climáticas*. 1986.

WINDSOR, D. M. *Climate and moisture variability in a tropical forest: long-term records from Barro Colorado Island*. Smithsonian Institution Press., 1990

3. INFLUÊNCIA DE TIPOS DE UNIDADES AMOSTRAIS NA ANÁLISE DE ATRIBUTOS QUANTITATIVOS

RESUMO

Procedimentos de amostragem possibilitam, que o conhecimento referente ao parâmetro de interesse seja cada vez mais preciso, podendo definir melhor as comunidades e os potenciais de produção, conservação ou preservação ambiental, seja em florestas nativas ou plantadas. Diante dos diversos tipos de unidades amostrais é necessário saber se a escolha da unidade pode influenciar nos parâmetros quantitativos. Neste sentido, o objetivo é avaliar a influência de diferentes tipos de unidades amostrais na análise de atributos quantitativos como densidade de estande, área basal, diâmetro médio e diâmetro médio quadrático em três fitofisionomias tropicais. De modo geral, o método de Bitterlich se diferenciou das parcelas circular e retangular quando analisadas estruturas de tamanho e diversidade. A fitofisionomia também influenciou nas análises, devido à estrutura de tamanho diferenciada e padrões agregados de espécies. Assim, é preciso cautela na escolha da unidade amostral a ser utilizada, pois dependendo da fitofisionomia, os atributos quantitativos podem gerar comportamentos e respostas diferenciadas.

Palavras-chave: Floresta nativa tropical; Parcela Circular; Parcela Retangular; Bitterlich

ABSTRACT

Sampling procedures provide better precision to the parameter of interest and can define better communities and potentials of production, conservation or environmental preservation, in native or planted forests. Considering the different types of sample units it is necessary to know whether the choice of an unit can influence the quantitative parameters. In this sense, the objective is to evaluate the influence of different types of sample units in the analysis of quantitative attributes such as stand density, basal area, mean diameter and mean square diameter in three tropical phytophysionomies. In general, the Bitterlich method differed from circular and rectangular plots when analyzing structures of size and diversity. Phytophysionomy also influenced the analyzes due to its structure of differentiated size and aggregate patterns of species. Thus, caution is required in choosing the sample unit, because depending on the phytophysionomy the quantitative attributes can generate different behaviors and responses.

Keywords: Tropical native forest; Circular plot; Rectangular plot; Bitterlich

3.1. Introdução

Realizar o censo de todos os indivíduos de uma comunidade é raramente praticável, devido ao tempo e por ser oneroso (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997; SCHREUDER; GREGOIRE; WOOD, 1993). Assim, a maioria dos levantamentos descritivos se baseia na teoria da amostragem, uma teoria matemática que usa o conceito probabilístico de representatividade para obter medidas de incerteza das informações quantitativas produzidas por meio da amostragem (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014). De modo geral, a amostragem proporciona as informações desejadas a um custo menor que o censo (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). Esses métodos e procedimentos de amostragem possibilitam que em florestas nativas e plantadas, o conhecimento referente ao parâmetro de interesse seja cada vez mais preciso, podendo definir melhor as espécies e os potenciais de produção, conservação ou preservação ambiental (SCOLFORO; MELLO, 2006). Um grande esforço tem sido despendido para produzir técnicas eficientes que representem de forma segura a composição da comunidade (MAGURRAN, 1988).

Nos levantamentos florestais, ou seja, nos estudos observacionais, o pesquisador não tem nenhuma influência sobre os fatores que atuam sobre o fenômeno estudado e fatores de interesse da pesquisa, isto é, não tem influência sobre os valores dos atributos quantitativos a serem medidos (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014). Porém, esses levantamentos são de grande utilidade na descrição dos fenômenos naturais que ocorrem nas florestas e na comparação e análise dos fenômenos (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014).

Independentemente do tempo gasto e do custo relacionado ao método de amostragem é importante que esse seja preciso nas estimativas geradas. Em todos os procedimentos de amostragem, há estimadores dos parâmetros estatísticos, que espera-se que sejam exatos ou acurados, precisos e sem viés (MARQUES; FONSECA; DUARTE, 2017; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997; SCOLFORO; MELLO, 2006).

No Brasil, existem as mais diferentes condições florestais, constituindo-se assim preocupação constante para o conhecimento da situação florestal em cada região do Brasil (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). Para amostrar essas diferentes condições florestais, as amostragens podem ser divididas em dois grupos, utilizando unidades amostrais de área fixa e unidades amostrais de área variável. A unidade amostral de área fixa geralmente é composta por unidades de mesmo tamanho, com formas variáveis em parcelas ou faixas (BONETES, 2013; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). A escolha de unidades amostrais de área fixa tem sido utilizada a mais de um século (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003). A priori determina-se o tipo de unidade amostral e o sistema de amostragem a ser utilizado (amostragem aleatória

simples, sistemática e estratificada). Após delimitação das parcelas em campo, as árvores em seu interior são selecionadas, medidas e identificadas, gerando informações confiáveis sobre aquela amostra. De posse dessas informações é possível por meio dos estimadores fazer inferências sobre a população da qual foi extraída a amostra (CAMPOS; LEITE, 2013; SCOLFORO; MELLO, 2006). Existem também vários métodos de amostragem utilizando área variável, cuja unidade amostral não é delimitada, variando o tipo de procedimento aplicado, sendo este constituído por pontos amostrais ou árvores (CAMPOS; LEITE, 2013; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997; SCOLFORO; THIERSCH, 2004). Entre os métodos, pode ser citado o método de Prodan, transectos por linhas, pontos quadrantes e pontos de Bitterlich. A amostragem utilizando pontos de Bitterlich é um método que seleciona as árvores com base na probabilidade proporcional à sua área transversal, a partir de um ângulo de visada pré-determinado com base no fator de área basal escolhido (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; BITTERLICH, 1984; CAMPOS; LEITE, 2013; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003; SANQUETTA *et al.*, 2014).

Independentemente do tipo de fitofisionomia, é importante que os parâmetros quantitativos não sejam influenciados pelos tipos de unidades amostrais. Já foram realizados muitos trabalhos empíricos comparando atributos quantitativos em tipos de unidades amostrais diferentes em áreas plantadas (CESARO; *et al.*, 1994; COUTO; BASTOS; LACERDA, 1990; DRUSZCZ *et al.*, 2010, 2012; MOSCOVICH; BRENA; LONGHI, 1992; NAKAJIMA; YOSHIDA; IMANAGA, 1996; SANTOS *et al.*, 2016). Alguns analisam atributos quantitativos em florestas nativas (AUGUSTYNICZIK, 2011; DIAS, 2005; FARIAS *et al.*, 2002), porém, não há trabalhos que analisem o comportamento e/ou padrão desses atributos quantitativos em diferentes tipos de unidades amostrais em florestas nativas. Esses padrões quantitativos gerados por meio das análises, são importantes para explicar processos fundamentais na organização e funcionamento das comunidades (LIMA, 2013; LIMA *et al.*, 2016). A descrição desses padrões é o primeiro passo para gerar ou testar hipóteses sobre os processos que regulam a estrutura e a diversidade das áreas (LIMA, 2013).

Diante disso, o objetivo foi avaliar a influência de diferentes tipos de unidades amostrais (parcela circular, parcela retangular e ponto de Bitterlich) em valores de atributos quantitativos estruturais em florestas tropicais nativas.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Áreas de Estudo

Os dados são provenientes do projeto “Métodos de inventário da biodiversidade de espécies arbóreas”⁶, onde foram instaladas cinco grades observacionais, em cinco unidades de conservação (UCs) do estado de São Paulo sob administração do Instituto Florestal do Estado de São Paulo (IF). Nesse trabalho, serão utilizadas três parcelas situadas nas seguintes UCs, Estação Ecológica de Assis, Estação Ecológica dos Caetetus e Parque Estadual Carlos Botelho abrangendo as fitofisionomias de Cerradão, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila, respectivamente (Figura 3.1). A descrição das UCs podem ser vistas no Capítulo 2.2.1.

Figura 3. 1. Localização das grades observacionais. Fonte: IBGE (2010); Instituto Florestal do Estado de São Paulo (2005)

3.2.2. Unidades Amostrais

Cada grade observacional instalada possui uma área de 64 hectares (800 metros x 800 metros), formada por oito pontos distribuídos em oito linhas (A - H). No total foram demarcados 64 pontos, de maneira sistemática, distanciados um do outro em 100 metros. Cada ponto serviu como centro das unidades amostrais (Figura 3.2 a).

As unidades amostrais testadas foram parcelas circulares, parcelas retangulares e pontos de Bitterlich e a medição foi realizada em uma única ocasião. Porém em Assis (cerradão), foram

⁶ Parcelas pertencentes ao Projeto Métodos de inventário da biodiversidade de espécies arbóreas (FAPESP 99/50718-5) que integrou o programa BIOTA/FAPESP.

utilizadas somente as unidades amostrais, parcelas retangulares e pontos de Bitterlich. Para as parcelas retangulares, foram delimitadas faixas de 90 metros de comprimento e 10 metros de largura e para as parcelas circulares foi adotado um raio de 17 metros (Figura 3.2 b). Nas unidades amostrais fixas (retangular e circular), todos os indivíduos arbóreos com DAP igual ou superior a 4,8 cm, tiveram seus DAPs medidos.

Figura 3. 2. (a) Unidades amostrais circulares e retangulares. (b) Esquematização das unidades amostrais. 1. Parcela Retangular; 2. Parcela Circular; 3. Ponto de Bitterlich. Sendo a linha tracejada, a linha central e o ponto preto, o ponto central. Fonte: Adaptado de Gorenstein (2009)

Para os pontos de Bitterlich, foi utilizado o relascópio de espelho, utilizando fatores de área basal, correspondente aos ângulos de visada (θ) de 2, 3 e 4 m² ha⁻¹ para Assis, Caetetus e Carlos Botelho, respectivamente. As aberturas angulares foram em razão do tipo florestal (diferenças estruturais, número de árvores e diâmetros). Reiterando, na amostragem por pontos de Bitterlich,

a área de amostragem não é fixa, variando de acordo com as árvores enumeradas. Independentemente do tipo de unidade amostral, foi utilizado o fator de expansão para estimar as características populacionais a partir da amostra. Todas as árvores amostradas, tiveram suas espécies identificadas em campo ou foram coletadas para identificação em herbário com o auxílio de especialistas.

3.2.3. Atributos Estruturais e Métodos Descritivos

Uma maneira de descrever estruturalmente as fitofisionomias em relação a aglomeração e tamanho das árvores em diferentes tipos de unidades amostrais é avaliar os atributos quantitativos gerados a partir dos dados das árvores amostradas (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; CAMPOS; LEITE, 2013; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003). Assim, foram calculadas estimativas e erros padrão para os atributos quantitativos de densidade de estande, área basal, diâmetro médio e diâmetro médio quadrático nos três tipos de unidades amostrais (Tabela 3.1).

Tabela 3. 1. Fórmulas para cálculo das estimativas dos atributos estruturais

Atributos Quantitativos	Parcelas Fixas	Pontos de Bitterlich
Densidade de Estande: D (ind./ha)	$D = n * Fe$	$D = \sum Fe$
Área Basal: G (m ² /ha)	$G = \sum g * Fe$	$G = n * F$
Diâmetro Médio: Dm (cm)	$Dm = \sum d/n$	$Dm = \frac{\sum Fe * d}{\sum Fe}$
Diâmetro Médio Quadrático: Dq (cm)	$Dq = \sqrt{\sum d^2/n}$	$Dq = \sqrt{\frac{n}{\sum \frac{1}{d^2}}}$
Fator de Expansão: Fe (ha ⁻¹)	$Fe = \frac{1}{A}$	$Fe = \frac{F}{\frac{\pi}{40000} * d^2}$

Em que: A=área da parcela (ha); g=área basal individual; F = fator de área basal (m²/ha); d=DAP (cm); n=número de indivíduos; Fe= fator de expansão (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; CAMPOS; LEITE, 2013; GORENSTEIN, 2002; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003; SCOLFORO; MELLO, 2006).

Nas parcelas retangulares e circulares, os indivíduos são selecionados proporcionalmente a área da unidade amostral, e conseqüentemente à frequência que nela ocorrem. Assim, como a área da unidade amostral é fixa, e todas as árvores amostradas têm mesmo peso dentro da parcela, o fator de expansão é constante para todos os indivíduos. Na amostragem proporcional ao tamanho, a área da unidade amostral é variável e as árvores não são amostradas pela sua frequência, mas sim pela sua área transversal em razão do fator de área basal determinado. Desse modo, o fator

de expansão para a amostragem de Bitterlich varia de árvore à árvore (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014).

Na amostragem em parcelas fixas, todos os indivíduos no interior da parcela com DAP igual ou superior a 4,8 cm foram amostrados. Já em Bitterlich, a amostragem é fixada em um ponto central, onde faz-se um giro de 360°, selecionando todas as árvores cuja área transversal à altura do peito, for superior a um ângulo de visada de projeção constante, pré-determinado em função ao fator de área basal (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; BITTERLICH, 1984; CAMPOS; LEITE, 2013; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003; SANQUETTA *et al.*, 2014).

Para avaliar a influência dos diferentes tipos de unidades amostrais, a análise de atributos quantitativos foi dividida em estruturas de tamanho, de diversidade e diversidade por tamanho.

Para analisar o comportamento das árvores amostradas quanto a estrutura de tamanho nas diferentes unidades amostrais, foram calculadas estimativas e geradas curvas de distribuição de DAP, por meio do ajuste dos dados à distribuição Weibull, que apresenta resultados satisfatórios em florestas nativas para esse fim (LIMA; BATISTA; PRADO, 2014; ORELLANA *et al.*, 2014). A família Weibull tem sido amplamente utilizada para descrever a distribuição de DAP, por ser uma generalização da família exponencial e apresentar grande versatilidade, flexibilidade e simplicidade para representar diferentes cenários estocásticos no ajuste dos dados (BAILEY; DELL, 1972; BATISTA, 2014; EK; ISSOS; BAILEY, 1975; LIMA; BATISTA; PRADO, 2014; PINDER; WIENER; SMITH, 1978; POUDEL; CAO, 2013; TAUBERT *et al.*, 2013). A distribuição Weibull apresenta três parâmetros (BARTKUTE; SAKALAUSKAS, 2008), porém o parâmetro de posição não é frequentemente utilizado, considerando-se apenas os parâmetros de escala e forma. Outra relação estrutural de tamanho explorada foi o comportamento da curva de acúmulo de área basal por indivíduos, em cada tipo de unidade amostral.

Para análise dos atributos quantitativos com base na estrutura de diversidade, foram analisadas a distribuição de espécies por classe diamétrica, distribuição de abundância de espécies (SAD), rank das espécies por abundância e curva de acúmulo de área basal por espécie, que é uma maneira simples e rápida de analisar distribuição de probabilidade, corrigindo diferenças entre tamanhos de amostras, neste caso, comunidades com diferentes riquezas. Para a SAD, foi plotada a frequência de abundância das espécies, utilizando a escala do eixo x em oitavas de Preston ou potência na base dois, onde a amplitude das classes aumenta conforme aumenta a abundância e no eixo y, o número de espécies em classe de abundância (PRESTON, 1948). Nos histogramas de SAD, foram ajustados três modelos de distribuições, Poisson Log-Normal, Log-Série e Log-Normal, que explicam bem os dados referentes à abundância das espécies (BULMER, 1974; ENGEN; LANDE, 1996; HUBBELL, 2001; NAVES, 2017; PRESTON, 1948). Para comparar e

avaliar o modelo de maior plausibilidade entre as distribuições, foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC). Para análise da estrutura de diversidade por tamanho e densidade, foram geradas relações gráficas abordando a distribuição das espécies quanto à sua abundância e área basal. A comparação entre as unidades amostrais foi feita por meio da análise de regressão linear.

Todos os procedimentos, como cálculos e gráficos foram programados e executados utilizando a linguagem e ambiente estatístico de programação R (R CORE TEAM, 2018). Para algumas relações gráficas e cálculos, utilizou-se também os pacotes *sads* (PRADO; MIRANDA; CHALOM, 2017), *bbmle* (BOLKER, 2017) e *poilog* (GRØTAN; ENGEN, 2008).

3.3. Resultados

A utilização de diferentes tipos de unidades amostrais evidencia a considerável diferença no número de indivíduos e espécies amostradas. Em Bitterlich, o número de indivíduos médio por unidade amostral é notavelmente menor, implicando diretamente em um valor total menor de indivíduos e espécies amostrados (Tabela 3.2).

Tabela 3. 2. Valores de atributos quantitativos nas diferentes unidades amostrais e fitofisionomia

Área de Amostragem (Fitofisionomia)	Tipo de Unidade Amostral	Área Total Amostrada (ha)	Nº de Indivíduos Amostrados	Nº de Indivíduos Médio por Unidade Amostral	Nº de Espécies
Caetetus (Estacional)	Circular	5,81	6.427	100	135
	Retangular	5,76	7.520	117	139
	Bitterlich (Fator 3)	não se aplica	544	9	65
Assis (Cerradão)	Retangular	5,76	10.923	173	103
	Bitterlich (Fator 2)	não se aplica	1.168	18	55
Carlos Botelho (Ombrófila)	Circular	5,81	9.369	146	221
	Retangular	5,76	9.538	149	216
	Bitterlich (Fator 4)	não se aplica	624	10	158

Em Caetetus e Assis, todas as espécies amostradas por Bitterlich também foram amostradas pelas unidades amostrais circular e retangular. Entretanto, em Carlos Botelho, Bitterlich amostrou espécies diferentes das unidades circular e retangular, amostrando 33 e 51 espécies a mais, respectivamente. Das espécies amostradas em Bitterlich, 21% e 32% dessas não foram amostradas pelas unidades circular e retangular, respectivamente. Para analisar essas diferenças em Carlos Botelho, em termos de composição e abundância das espécies, foi usado o parâmetro de

correlação da Poisson Lognormal (PLN) bivariada (ρ), onde a maior correlação foi entre as unidades retangular e circular, com 99,18%, que amostraram praticamente as mesmas espécies. Já as correlações entre Bitterlich e as unidades amostrais circular e retangular, foram de 76,96% e 54,07%, respectivamente (Figura 3.3).

Figura 3. 3. Abundância de espécies entre as unidades amostrais em Carlos Botelho, com os eixos em escala logarítmica, sendo cada círculo uma espécie. ρ é a correlação da PLN bivariada

Geralmente, métodos de área fixa são mais precisos para estimar valores de densidade de estande (SCOTT, 1989). Entretanto os valores de densidade de estande mostraram-se semelhantes entre as diferentes unidades amostrais nas áreas de Caetetus e Carlos Botelho. Porém em Assis (cerradão), a estimativa para densidade de estande em Bitterlich foi aproximadamente o dobro da estimada para a parcela retangular, ressaltando que a dispersão dos dados em Assis foi muito maior que nas demais áreas (Tabela 3.3). Para os valores de diâmetro médio e diâmetro médio quadrático, vimos que as estimativas foram semelhantes entre os três tipos de unidades amostrais, apesar de Bitterlich apresentar maior erro padrão, ou seja, maior dispersão dos dados dentro da amostra. Já para área basal, vimos que as estimativas também foram semelhantes entre os tipos de unidades amostrais para Caetetus e Carlos Botelho, diferenciando de Assis, que gerou uma estimativa de área basal em Bitterlich em aproximadamente o dobro da estimada para a parcela retangular.

Tabela 3. 3. Resumo estatístico das estimativas e erros padrão para os atributos quantitativos nas diferentes áreas amostradas

Área (Fitofisionomia)	Tipo de unidade amostral	Densidade de Estande (ind./ha)	DAP Médio (cm)	DAP Médio Quadrático (cm)	Área Basal (m ² /ha)	DAP Máximo (cm)
Caetetus (Estacional)	Circular	1.115 ± 177,2	13,4 ± 1,7	17,3 ± 2,7	26,1 ± 6,7	111,4
	Retangular	1.305 ± 153,9	13,3 ± 1,2	17,5 ± 2,4	31,8 ± 8,8	168,1
	Bitterlich	1.251 ± 913,7	16,5 ± 7,2	19,2 ± 7,4	25,5 ± 9,9	112,7
Assis (Cerradão)	Retangular	1.896 ± 413,5	9,9 ± 0,7	11,2 ± 0,9	18,4 ± 3,5	47,7
	Bitterlich	3.265 ± 2.292,0	11,4 ± 2,4	12,5 ± 2,3	36,5 ± 22,6	47,7
Carlos Botelho (Ombrófila)	Circular	1.626 ± 357,9	14,1 ± 1,2	18,7 ± 2,2	44,6 ± 11,5	216,9
	Retangular	1.655 ± 295,6	14,2 ± 1,2	18,8 ± 2,3	46,2 ± 11,1	180,1
	Bitterlich	1.675 ± 1.095,8	16,6 ± 8,1	20,2 ± 7,7	39,6 ± 11,1	132,0

- Estrutura de tamanho

Duas maneiras de analisar a estrutura de tamanho das amostragens é por meio do DAP e área basal dos indivíduos das unidades amostrais. Analisando os ajustes da distribuição Weibull para os dados de DAP, notou-se pelas estimativas dos parâmetros e erros padrão, que a amostragem por pontos de Bitterlich apresentou um padrão bem diferenciado das demais, independentemente do tipo de parâmetro (escala e forma) e da fitofisionomia (Tabela 3.4).

Tabela 3. 4. Estimativas dos parâmetros e erros padrão do ajuste da distribuição Weibull para os dados de DAP

Caetetus			
Parâmetro	Parcela Circular	Parcela Retangular	Bitterlich
Forma	$0,827 \pm 0,007$	$0,854 \pm 0,007$	$0,698 \pm 0,022$
Escala	$7,331 \pm 0,007$	$7,386 \pm 0,101$	$1,719 \pm 0,112$
Carlos Botelho			
Parâmetro	Parcela Circular	Parcela Retangular	Bitterlich
Forma	$0,866 \pm 0,006$	$0,846 \pm 0,006$	$0,658 \pm 0,018$
Escala	$8,404 \pm 0,104$	$8,261 \pm 0,103$	$1,829 \pm 0,118$
Assis			
Parâmetro	Parcela Circular	Parcela Retangular	Bitterlich
Forma	Não se aplica	$0,997 \pm 0,007$	$1,108 \pm 0,023$
Escala	Não se aplica	$4,787 \pm 0,045$	$2,920 \pm 0,081$

Essa diferença nas estimativas, visualmente pode ser notada nas relações gráficas de distribuições de DAP, cuja parcelas retangulares e circulares foram muito semelhantes, diferenciando-se de Bitterlich, que apresentou uma queda mais brusca da curva na região inicial, provavelmente devido à superestimativa da densidade referente às árvores menores (Figura 3.4).

Figura 3. 4. Ajuste dos dados de DAP (cm) à distribuição Weibull

A diferença de DAP entre pontos de Bitterlich e as parcelas circular e retangular, pode ser vista também por meio dos gráficos de quantil teórico de uma unidade amostral pela outra. Nestes gráficos é possível notar que as parcelas circular e retangular ficaram bem próximas e sob a reta de inclinação, com média 0 e desvio padrão 1, indicando muita semelhança entre elas.

Porém, o mesmo não acontece quando plotamos Bitterlich contra circular e retangular, onde os gráficos apresentam um comportamento diferenciado, indicando muita diferença entre as parcelas de área fixa e Bitterlich (Figura 3.5).

Figura 3. 5. Gráficos de quantil teórico do DAP entre os tipos de unidades amostrais (circulares, retangulares e pontos de Bitterlich), utilizando as estimativas geradas pela distribuição Weibull

Analisando a área basal acumulada por indivíduos amostrados, vimos novamente que Bitterlich se comporta de uma maneira diferenciada das demais unidades amostrais. Ordenando a porcentagem de indivíduos da menor para maior porcentagem de área basal, vimos que em Caetetus, para uma porcentagem fixa de indivíduos amostrados, por exemplo 50%, as parcelas circulares e retangulares acumularam por volta de 7% de área basal, enquanto Bitterlich aproximadamente 25%, ou seja, as unidades amostrais circulares e retangulares acumularam menos área basal do que em Bitterlich. Em outras palavras, pode-se dizer que Bitterlich amostrou

indivíduos maiores. O mesmo acontece em Carlos Botelho, que por toda a curva, as parcelas retangular e circular acumularam menor área basal do que Bitterlich. Já em Assis, o padrão foi invertido, e para 50% dos indivíduos, por exemplo, acumulou-se menos área basal em Bitterlich do que nas parcelas retangulares e circulares (Figura 3.6).

Figura 3. 6. Gráficos de acumulação de número de indivíduos (ind./ha) por área basal (m²/ha), com dados de área basal em escala logarítmica

- Estrutura de diversidade

Analisando as curvas de acumulação de espécies por área basal, em todas as áreas, a amostragem por Bitterlich se diferenciou das parcelas circular e retangular, o que pode estar relacionado ao fato das árvores com maior área transversal terem uma probabilidade maior de serem amostradas em Bitterlich. Porém em Carlos Botelho, além das diferenças observadas entre Bitterlich e parcelas circulares e retangulares, estas duas últimas também apresentaram diferenças entre si. Essa diferença foi marcante a cerca de 75% das espécies, que corresponde a aproximadamente 17% de área basal acumulada (Figura 3.7).

Figura 3. 7. Distribuição acumulada por espécies com linha tracejada representando 50% das espécies, sendo a porcentagem de área basal em escala logarítmica

Essa diferença na quantidade de indivíduos amostrados na mesma espécie pode ser vista pelo gráfico de distribuição acumulada de espécies por indivíduos em porcentagem, onde em Carlos Botelho, as parcelas retangulares acumularam mais indivíduos do que as circulares (Figura 3.8 a).

Pelos gráficos de rank das espécies por abundância, também nota-se a diferença entre as parcelas circular e retangular em Carlos Botelho, bem como a diferença entre Bitterlich e as demais parcelas em todas as fitofisionomias. A diferença de Bitterlich com as demais unidades amostrais pode ser facilmente observada pela inclinação da curva formada pelos pontos (espécies), que foi muito mais íngreme, amostrando um número menor de espécies raras, indicando um maior número de espécies dominantes (Figura 3.8 b).

Analisando o número de espécies por classe de diâmetro, apesar de Bitterlich apresentar valores menores de porcentagem de espécies nas classes, todas as unidades amostrais apresentaram mesmo padrão exponencial negativa, ou seja, a medida que aumenta a classe de diâmetro, diminui o número de espécies.

Figura 3.8. a) Distribuição acumulada de espécies por indivíduos em porcentagem. b) Distribuição de rank das espécies por abundância, sendo cada círculo uma espécie diferente

Pelos histogramas de SAD, foram ajustados três modelos de distribuição, o modelo de Poisson Log-Normal, Log-Série e Log-Normal. Era esperado que um único modelo ajustasse melhor em todos os conjuntos de dados, contudo com base nos valores de AIC, viu-se que as unidades amostrais tiveram modelos plausíveis diferentes (Tabela 3.5).

Tabela 3. 5. Ajuste e seleção de modelos para os histogramas de abundância. Em destaque os modelos de melhor AIC e Δ AIC por unidade amostral

CAETETUS						
Modelo	Parcela Circular		Parcela Retangular		Bitterlich	
	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC
Poisson-Log-Normal	1.012	0	1.068,5	0	363,4	3,9
Log-Série	1.031	19,1	1.086,7	18,2	359,5	0
Log-Normal	1.045	33,1	1.101,7	33,2	976,6	617,1
CARLOS BOTELHO						
Modelo	Parcela Circular		Parcela Retangular		Bitterlich	
	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC
Poisson-Log-Normal	1.617,3	0	1.964,3	0	652,3	0
Log-Série	1.646,0	28,7	1.988,5	24,3	655,7	3,4
Log-Normal	1.672,0	54,7	1.970,2	5,9	2.287,6	1.635,3
ASSIS						
Modelo	Parcela Circular		Parcela Retangular		Bitterlich	
	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC	AIC	Δ AIC
Poisson-Log-Normal	Não aplica	Não aplica	845,4	3,7	399,5	0
Log-Série	Não aplica	Não aplica	941,7	0	400,7	1,2
Log-Normal	Não aplica	Não aplica	969,8	28,1	995,0	956,4

Em Caetetus, Bitterlich se diferenciou, ajustando melhor à distribuição Log-Normal, enquanto as demais se ajustaram melhor à distribuição Poisson-Log-Normal. Em Carlos Botelho, todas as três unidades foram melhor ajustadas pela distribuição Poisson-Log-Normal. Já em Assis, a distribuição Log-Série se destacou ajustando as duas unidades amostrais, apesar que em Bitterlich tanto a Log-Série quanto a Poisson-Log-Normal, não diferenciaram de acordo com os valores de AIC. Reiterando, apenas Bitterlich em Caetetus e parcela retangular em Assis, não aderiram à distribuição Poisson-Log-Normal, sendo que as demais se ajustaram perfeitamente. A maioria dos conjuntos de dados se ajustou a Poisson Log-Normal, que pode ser explicado por esse ser um modelo mais flexível.

- Estrutura de diversidade por tamanho e densidade

Analisando as estimativas de regressão para as relações entre densidade e área basal, vimos que em Caetetus, as parcelas circular e retangular foram bem semelhantes, tanto no intercepto quanto na inclinação da reta. Já comparando com as estimativas geradas em Bitterlich, houve diferença no comportamento da reta quanto a inclinação e intercepto (Tabela 3.6).

Tabela 3. 6. Estimativas de média e erro padrão para área basal e abundância por espécie e estimativas da regressão linear ajustada aos dados de abundância e área basal por espécie

Caetetus						
Unidade amostral	Área Basal por espécie (m ² /ha)	Nº de árvores por espécie	Parâmetro $\hat{\beta}_0$	Parâmetro $\hat{\beta}_1$	Coefficiente de Determinação R ² (%)	Erro Padrão S $\hat{y}$ (%)
Parcela Circular	1,11 ± 2,81	47 ± 244,19	0,12 ± 0,14	1,21 ± 0,05	79,87	103,4
Parcela Retangular	1,32 ± 3,53	54 ± 295,19	0,19 ± 0,17	1,21 ± 0,06	75,75	119,7
Bitterlich	2,95 ± 4,87	8 ± 14,82	-0,03 ± 0,05	1,00 ± 0,04	92,85	35,45
Carlos Botelho						
Unidade amostral	Área Basal por espécie (m ² /ha)	Nº de árvores por espécie	Parâmetro $\hat{\beta}_0$	Parâmetro $\hat{\beta}_1$	Coefficiente de Determinação R ² (%)	Erro Padrão S $\hat{y}$ (%)
Parcela Circular	1,16 ± 7,48	42 ± 352,7	-0,17 ± 0,16	0,99 ± 0,05	60,93	118,1
Parcela Retangular	1,23 ± 3,32	44 ± 105,15	-0,19 ± 0,10	1,15 ± 0,04	77,17	94,51
Bitterlich	1,59 ± 2,63	4 ± 6,31	-0,02 ± 0,03	1,01 ± 0,02	95,06	21,31
Assis						
Unidade amostral	Área Basal por espécie (m ² /ha)	Nº de árvores por espécie	Parâmetro $\hat{\beta}_0$	Parâmetro $\hat{\beta}_1$	Coefficiente de Determinação R ² (%)	Erro Padrão S $\hat{y}$ (%)
Parcela Retangular	1,02 ± 3,32	106 ± 278,5	-0,26 ± 0,09	1,09 ± 0,03	93,00	63,56
Bitterlich	2,32 ± 6,37	21 ± 46,68	-0,33 ± 0,08	1,04 ± 0,05	87,30	57,52

Como a média da área basal foi muito próxima para ambas as unidades amostrais, a diferença se deve ao fato da inclinação em Bitterlich ser menor e a medida que aumenta a abundância em número de indivíduos das espécies, a área basal aumenta mais lentamente do que nas parcelas (Figura 3.9).

Em Carlos Botelho, as unidades amostrais se diferenciaram quanto a média e estimativas da regressão linear, sendo que a inclinação da reta para a unidade amostral circular e retangular foi a menor e maior, respectivamente. Na parcela retangular, algumas espécies apresentaram maior número de indivíduos com maior área basal quando comparada com a parcela circular, o que influenciou na inclinação da reta na parte final. Essa diferença de abundância das espécies entre as unidades amostrais circular e retangular pode ser explicada pelo padrão espacial agregado das espécies (CAPRETZ, 2004), cuja parcelas retangulares conseguem amostrar mais indivíduos maiores de uma mesma espécie do que nas parcelas circulares. Já em Assis, as unidades amostrais retangulares e pontos de Bitterlich foram semelhantes tanto no intercepto quanto na inclinação.

Figura 3. 9. Gráficos relacionando a densidade (ind./ha^{-1}) e área basal (m^2/ha) das espécies com modelo linear ajustado aos dados, com eixos em escala logarítmica

3.4. Discussão

Em geral, os três tipos de unidades amostrais mostraram-se igualmente precisos nas estimativas gerais de densidade de estande, diâmetro médio, diâmetro médio quadrático e área basal para Caetetus (Estacional Semidecidual) e Carlos Botelho (Ombrófila Densa). Entretanto em Assis (Cerradão), as estimativas de densidade de estande e área basal foram diferentes para as duas unidades amostrais, sendo que as estimativas por Bitterlich foram aproximadamente o dobro das estimativas geradas pela parcela retangular. É importante ressaltar que no cerradão há um elevado número de árvores com tamanhos menores, sendo o diâmetro máximo amostrado é de 47,7 cm,

enquanto que para a Floresta Estacional e Ombrófila, o diâmetro máximo foi superior à 110 cm. Como o método de Bitterlich, foi desenvolvido para amostrar rapidamente árvores selecionando-as com base na probabilidade de sua área transversal (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; BITTERLICH, 1984; CAMPOS; LEITE, 2013; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003; SANQUETTA *et al.*, 2014), apresenta maior chance de amostrar árvores de tamanho maior e como em Assis, só há árvores de tamanhos pequenos, esse método só irá amostrar árvores próximas ao ponto central de medição, as quais tiverem área transversal superior ao ângulo de visada, podendo gerar assim viés na estimativa dos atributos quantitativos.

Comparando as estimativas geradas para área basal em Assis (cerradão), foi possível perceber que trabalhos amostrando áreas dentro desta mesma unidade de conservação, encontraram valores próximos ao estimado pela parcela retangular (LIMA, 2013; PINHEIRO; DURIGAN, 2012).

Os valores encontrados para os diferentes tipos de unidades amostrais, comprovam que dependendo da fitofisionomia e da estrutura de tamanho da floresta, diferentes unidades amostrais nem sempre irão gerar estimativas semelhantes, como foi visto em Assis. Já em Caetetus (Floresta Estacional) e Carlos Botelho (Ombrófila Densa), os tipos de unidades amostrais geraram estimativas gerais semelhantes entre os atributos quantitativos (densidade de estande, DAP médio, DAP médio quadrático e área basal), entretanto nas relações gráficas de estruturas de tamanho, diversidade e diversidade por tamanho e densidade, houve diferença nos resultados gerados pelas unidades amostrais, comportando como se fossem florestas diferentes.

Analisando a estrutura das florestas quanto ao tamanho e diversidade, vimos que Bitterlich, na maioria das vezes, se diferenciou das demais unidades amostrais, devido a probabilidade maior em amostrar indivíduos maiores e por amostrar um número menor de indivíduos e espécies. Contudo, em Carlos Botelho, Bitterlich amostrou algumas espécies não observadas pelas demais unidades amostrais, o que pode ser explicado pelo fato dessa amostragem conseguir observar indivíduos maiores a uma distância maior, ou seja, se há espécies raras com indivíduos grandes ocorrendo a uma distância além da área amostrada pelas parcelas fixas, Bitterlich poderá amostrar esses indivíduos, consequentemente amostrando espécies diferentes das registradas nas demais unidades.

Apesar da diferença das espécies observadas entre as unidades amostrais de área fixa e variável em Carlos Botelho, de modo geral, as parcelas circulares e retangulares registraram uma maior diversidade das áreas. Contudo, o método de Bitterlich foi criado para amostrar áreas de maneira rápida, cuja variável principal de interesse é o volume e para isso, Bitterlich tem cumprido

sua função, gerando estimativas precisas (COUTO; BASTOS; LACERDA, 1990; DRUSZCZ *et al.*, 2010, 2012).

Além das diferenças observadas entre Bitterlich e as demais unidades amostrais, em algumas análises estruturais na área de Carlos Botelho (ombrófila), houve diferenças entre as parcelas circular e retangular, que apesar de amostrarem um número próximo de espécies, a distribuição de indivíduos entre as espécies foi diferente, gerando respostas diferentes para alguns atributos analisados. Isto pode ser explicado pela ocorrência de espécies com distribuição agregada na floresta, que pode acontecer em função da limitada capacidade de dispersão, competição e herbivoria (CAPRETZ, 2004).

3.5. Considerações Finais

Em florestas nativas, para as fitofisionomias Estacional Semidecidual e Ombrófila Densa, as estimativas dos atributos quantitativos geradas foram muito semelhantes entre as três unidades amostrais. Todavia, no cerradão, que a estrutura de tamanho da floresta é distinta dos outros tipos florestais, apresentando muitas árvores de tamanho pequeno, as estimativas foram diferentes entre as unidades amostrais analisadas.

Para as análises de tamanho, diversidade e diversidade por tamanho, Bitterlich sempre se diferenciou das parcelas circular e retangular. Além dessas diferenças entre as unidades amostrais, para as análises envolvendo diversidade, na área de Carlos Botelho (Ombrófila Densa), na qual há um padrão predominantemente agregado, houve diferença também entre as parcelas circular e retangular.

Assim, para escolher um tipo de unidade amostral é essencial conhecer a área a ser amostrada, a fitofisionomia e ter claro a variável de interesse, pois dependendo destes fatores, os atributos quantitativos poderão gerar comportamentos e respostas diferenciadas.

REFERÊNCIAS

- AUGUSTYNCZIK, A. L. D. *Avaliação do tamanho de parcelas e intensidades de amostragem para a estimativa de estoque e estrutura horizontal em um fragmento de floresta ombrófila mista*. 2011. 176 f. Universidade Federal do Paraná, 2011.
- BAILEY, R. L.; DELL, T. R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, v. 19, n. 2, p. 97–104, 1972.
- BARTKUTE, V.; SAKALAUSKAS, L. The method of three-parameter Weibull distribution estimation. *Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis de Mathematica*, v. 12, p. 65–78, 2008.
- BATISTA, J. L. F. *Biometria Florestal segundo o Axioma da Verossimilhança Com Aplicações em Mensuração Florestal*. 2014. 401 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2014.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. D.; SILVA FILHO, D. D. *Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- BITTERLICH, W. *The Relascope Idea. Relative Measurements in Forestry*. London, UK, 1984.
- BOLKER, B. *Bbmle: tools for general maximum likelihood estimation*. 2017
- BONETES, L. *Tamanho de parcelas e intensidade amostral para estimar o estoque e índices fitossociológicos em uma floresta ombrófila mista*. 2013. 111 f. Universidade Federal do Paraná, 2013.
- BULMER, M. G. On Fitting the Poisson Lognormal Distribution to Species-Abundance Data. *International Biometric Society*, v. 30, n. 1, p. 101–110, 1974.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 4. edição ed. Viçosa, MG: 2013.
- CAPRETZ, R. L. *Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função K de Ripley*. 2004. 93 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004.
- CESARO, A. DE *et al.* Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia, e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventário florestal de um povoamento de Pinus sp. *Ciência Florestal*, v. 4, n. 1, p. 97–108, 1994.
- COUTO, H. T. Z. DO; BASTOS, N. L. M.; LACERDA, J. S. DE. A amostragem por pontos na estimativa da altura de árvores dominantes e número de árvores por hectares em povoamentos de Eucalyptus saligna. *IPEF*, v. 43, n. 44, p. 50–53, 1990.
- DIAS, A. C. *Composição florística, fitossociológica, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na floresta ombrófila densa do Parque estadual Carlos Botelho/SP - Brasil*. 2005. 184 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2005.
- DRUSZCZ, J. P. *et al.* Comparação entre os métodos de amostragem de bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de Pinus taeda. *Floresta*, v. 40, n. 4, p. 739–754, 2010.

- DRUSZCZ, J. P. *et al.* Custos de inventário florestal com amostragem de Bitterlich (PNA) e conglomerado em cruz (CC) em plantação de *Pinus taeda* L. *Scientia Forestalis*, n. Cc, p. 231–239, 2012.
- EK, A. R.; ISSOS, J. N.; BAILEY, R. L. Solving for weibull diameter distribution parameters to obtain specified mean diameters. *Forest Science*, v. 21, n. 3, p. 290–292, 1975.
- ENGEL, S.; LANDE, R. Population dynamic models generating the lognormal species abundance distribution. *Mathematical Biosciences*, v. 132, n. 2, p. 169–183, 1996.
- FARIAS, C. A. *et al.* Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas ineqüiâneas. *Revista Árvore*, v. 26, n. 5, p. 541–548, 2002.
- GORENSTEIN, M. R. *Diversidade de espécies em comunidades arbóreas: aplicação de índices de distinção taxonômica em três formações florestais do Estado de São Paulo*. 2009. 146 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.
- GORENSTEIN, M. R. *Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em floresta estacional*. 2002. 92 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2002.
- GRÖTAN, V.; ENGEL, S. *Poilog: Poisson lognormal and bivariate Poisson lognormal distribution*. 2008
- HUBBELL, S. P. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. 2001.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapamento Topográfico*. Acesso em: 4 abr. 2017.
- INSTITUTO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. *Limites das unidades de conservação do Instituto Florestal em arquivo shapefile*. 2005
- LIMA, R. A. F. *Ajuste e seleção de modelos na descrição de comunidades arbóreas: estrutura, diversidade e padrões espaciais*. 2013. 203 f. Universidade de São Paulo, 2013.
- LIMA, R. A. F. *et al.* How do size distributions relate to concurrently measured demographic rates? Evidence from over 150 tree species in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, v. 32, n. 3, p. 179–192, 2016.
- LIMA, R. A. F.; BATISTA, J. L. F.; PRADO, P. I. Modeling Tree Diameter Distributions in Natural Forests: An Evaluation of 10 Statistical Models. *Forest Science*, v. 61, n. 2, p. 320–327, 2014.
- MACHADO, S. DO A.; FIGUEIREDO FILHO, A. *Dendrometria*. Curitiba, PR: 2003.
- MAGURRAN, A. E. *Ecological Diversity and Its Measurement*. 1988.
- MARQUES, C. P.; FONSECA, T. F.; DUARTE, J. C. *Guia prático de avaliações florestais*. 1. ed. Faro: 2017.
- MOSCOVICH, F. A.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Comparação de diferentes métodos de amostragem, de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucaria angustifolia*. *Ciência Florestal*, v. 2, n. 1, p. 173–191, 1992.

- NAKAJIMA, N. Y.; YOSHIDA, S.; IMANAGA, M. Comparasion of the accuracies of four ground-survey methods used for estimating forest stand values on two occasions. *Japan Society of Forest Planning*, v. 2, p. 137–144, 1996.
- NAVES, R. P. *Dinâmica da diversidade de florestas manejadas através da abordagem de ajuste e seleção de modelos para distribuição de abundância entre espécies*. 2017. 143 f. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.
- ORELLANA, E. *et al.* Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. *Revista Árvore*, v. 38, n. 2, p. 297–308, 2014.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. *Inventário Florestal*. Curitiba, PR: 1997.
- PINDER, J. E.; WIENER, J. G.; SMITH, M. H. The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. *Ecology*, v. 59, n. 1, p. 175–179, 1978.
- PINHEIRO, E. DA S.; DURIGAN, G. Diferenças florísticas e estruturais entre fitofisionomias do cerrado em Assis, SP, Brasil. *Revista Árvore*, v. 36, n. 1, p. 181–193, 2012.
- POUDEL, K. P.; CAO, Q. V. Evaluation od methods to predict Weibull parameters for characterizing diameters distributions. *Forest Science*, v. 59, n. 2, p. 243–252, 2013.
- PRADO, P. I.; MIRANDA, M. D.; CHALOM, A. *Sads: maximum likelihood models for species abundance distributions*. 2017
- PRESTON, F. W. The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, v. 29, n. 3, p. 254–283, 1948.
- R CORE TEAM. R: *A language and environment for statistical computing*. . Vienna, Austria: 2018
- SANQUETTA, C. R. *et al.* *Inventários florestais: planejamento e execução*. 3. ed. Curitiba, PR: 2014.
- SANTOS, J. S. *et al.* Método de amostragem de Bitterlich: uma alternativa de inventário florestal para pequenas propriedades rurais fomentadas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 11, n. 1, p. 46–52, 2016.
- SCHREUDER, H. T.; GREGOIRE, T. G.; WOOD, G. B. *Sampling methods for multi-resource forest inventory*. 1 edition ed. Wiley, 1993.
- SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. DE. *Inventário florestal*. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2006.
- SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. *Biometria Florestal: medição, Volumetria e Gravimetria*. Lavras, MG: 2004.
- SCOTT, C. T. An Overview of Fixed Versus Variable-Radius Plots for Successive Inventories. p. 97–104, 1989.
- TAUBERT, F. *et al.* On the challenge of fitting tree size distributions in ecology. *PLoS ONE*, v. 8, n. 2, p. 1–9, 2013.

Figura A. 1. Gráficos de simetria dos dados de densidade de estande em escala original

Figura A. 2. Gráficos de simetria dos dados de área basal em escala original

Figura A. 3. Gráfico de simetria dos dados de DAP médio em escala original

Figura B. 1. Gráfico de espécies por classe diamétrica por amostragem em Caetetus

Figura B. 2. Gráfico de espécies por classe diamétrica por amostragem em Carlos Botelho **Figura B. 3.** Gráfico de espécies por classe diamétrica por amostragem em Assis **Figura B. 4.** SAD representada pelo histograma de abundância em escala logarítmica para cada amostragem em Caetetus

Figura B. 5. SAD representada pelo histograma de abundância em escala logarítmica para cada amostragem em Carlos Botelho

Figura B. 6. SAD representada pelo histograma de abundância em escala logarítmica para cada amostragem em Assis