

ESTRATIFICAÇÃO VOLUMÉTRICA DA FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ, EXTREMO NORTE, BRASIL

ESTRATIFICATION VOLUMETRIC OF STATE FOREST OF AMAPÁ, BRAZIL

Robson Borges de Lima¹; Perseu da Silva Aparício²; Wegliane Campelo da Silva Aparício³; Eleneide Doff Sota⁴; Marcelino Carneiro Guedes⁴; Lana Patrícia dos Santos Oliveira⁵

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a estratificação volumétrica da floresta estadual do Amapá, empregando-se as técnicas de análises de agrupamento e discriminante. A pesquisa foi conduzida na unidade de conservação Floresta Estadual do Amapá que compreende uma área descontínua estimada em 2.369.400 ha. Foi realizado um inventário pelo Instituto Estadual de Florestas na qual adotaram-se o processo amostral estratificado com 30 unidades primárias dispostas em forma de cruz em que foi estimado os volumes do fuste comercial das árvores com DAP (Diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo) ≥ 50 cm, com 8 ha cada unidade amostral. Reuniram-se os volumes estimados do fuste comercial das árvores individuais por unidade primária em ordem crescente. Elaborou-se uma matriz X de dados desses volumes, em que cada variável x_{ij} representou o i -ésimo volume classificado na j -ésima unidade primária. A matriz X foi utilizada como *input* nas análises de agrupamento e discriminante. A aplicação da análise de agrupamento, método de *Ward*, resultou em agrupamentos hierárquicos das unidades primárias em classes de estoques de acordo com as diferentes tipologias. A análise do dendrograma permitiu estratificar o povoamento em três grupos distintos, denominados classes I, II e III de estoques volumétricos, sendo a maior classe de estoque encontrada na tipologia Floresta de Terra Firme Densa de Baixo Platô (81, 81%), e menor na tipologia Transição Cerrado Floresta. A análise discriminante indicou que 100% das tipologias foram corretamente classificados. A Floresta Estadual do Amapá apresentou classes de estoques volumétricos em mínimo, médio e máximo volumes, considerando as diferentes tipologias. A estratificação das unidades primárias com mínimo, médio e máximo estoques volumétricos permite melhor planejamento e controle da produção florestal, bem como a execução das atividades de colheita, de tratamentos silviculturais e de monitoramento ou inventário florestal contínuo.

Palavras-chave: análise multivariada; capacidade produtiva; manejo florestal.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the stratification of the forest volume of Amapá State, using the techniques of cluster and discriminant analysis. The research was conducted within the conservancy of the Amapá State Forest which covers an area estimated at 2,369,400 ha discontinued. An inventory was conducted by State Institute of Forests were adopted in which the sampling process stratified 30 primary units arranged in a cross which was estimated in the commercial trunk volume of trees with DBH (diameter at breast height to 1,30 m above the ground) ≥ 50 cm, with 8 ha each sample unit. Met the estimated volumes of commercial trunk of individual trees per unit primary in ascending order. Were developed a matrix X of data from these volumes, in which each variable x_{ij} represents the i th volume classified in the j -th primary unit. The matrix X is the input for the cluster and discriminant analysis. The application of cluster analysis, Ward's method resulted in hierarchical clusters of the primary units in stock classes according to the different types. The analysis of the dendrogram allowed to stratify the population into three distinct groups, called classes I, II and III of volume stock being the largest class of stock found in the dry land forest type Dense Low Plateau (81, 81%), and lower Transition Forest typology in Savannah. Discriminant analysis indicated that 100% of the types were correctly classified. The State Forest of Amapá presented classes of volumetric stock at minimum, average and maximum volumes, considering the different types. The stratification of primary units with minimum, average and

¹Acadêmico de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Rodovia Salvador Diniz, 1957, CEP 68925-000, Santana (AP). rbl_florestal@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

³Engenheira Florestal, Dr., Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellaparicio@unifap.br

⁴Engenheiro (a) Florestal, Dr. (a), Pesquisador (a) da Embrapa/AP, Professor do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. Rodovia JK quilômetro 5, CEP: 68900-000, Macapá (AP). mcguedes@cpafap.embrapa.br; esotta@cpafap.embrapa.br

⁵Bióloga, Msc, Gerente do Núcleo de Serviços Ambientais, Instituto Estadual de Florestas – IEF/AP. Avenida Procópio Rola, 90, CEP: 68900-000, Macapá (AP). lana_p_oliveira@hotmail.com

maximum volumetric inventories allows planning and control of forest production, as well as the implementation of harvesting, silvicultural treatments and monitoring or continuous forest inventory.

Keywords: analysis multivariate; productive capacity; forest management.

INTRODUÇÃO

A Ciência Florestal pode contribuir, efetivamente, na questão do uso adequado e racional das florestas tropicais, com destaque para a floresta Amazônica, de forma a minimizar a exploração predatória. Em primeiro lugar, a engenharia florestal pode proporcionar o manejo adequado das florestas nativas (BARROS e SILVA JÚNIOR, 2009) e em segundo, determinar com precisão a produção florestal, com base na capacidade produtiva dos povoamentos florestais.

O Estado do Amapá, situado no extremo norte do Brasil, apresenta potencial para aplicação de planos de manejo florestal. De acordo com Medeiros (2008), considerando a madeira como principal produto a ser explorado, a capacidade produtiva da floresta pode ser avaliada por meio da medida do volume por área e por ano. O volume pode ser influenciado por inúmeros fatores: qualidade do local, composição de espécies, variações nos crescimentos das espécies e estoque volumétrico.

Souza e Souza (2006), afirmaram sobre a classificação em áreas homogêneas de produtividade de cada zona ou classe de sítio e fundamenta a elaboração e execução dos planos de manejo sustentável. Dentre os principais métodos de classificação de capacidade produtiva, Scolforo (1997) menciona os métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos são aqueles em que a capacidade é medida por meio da avaliação do crescimento da floresta e os métodos indiretos são quando a capacidade produtiva é estimada a partir de atributos do sítio.

A capacidade produtiva de um povoamento florestal pode ser avaliada por meio do agrupamento do volume em classes de estoque visando contribuir com melhores atividades de manejo e aumento da produtividade. Uma ferramenta capaz de gerar informações quantitativas confiáveis a respeito da classificação da capacidade produtiva de povoamentos florestais é a estatística multivariada.

A aplicação da estatística multivariada na área florestal é pouco freqüente, principalmente em estudos que envolvem a classificação multivariada de sítios (SOUZA e SOUZA, 2006; SOUZA et al., 1997; SOUZA 2003; LOPES, 2003; LIMA JÚNIOR et al., 2009). Dentre os métodos multivariados, as técnicas de análise de agrupamento e discriminante são as de maior viabilidade para a classificação de sítios homogêneos em florestas naturais inequiduais.

A análise de agrupamento, em sua aplicação, engloba uma variedade de técnicas com a finalidade de reunir os objetos (indivíduos, elementos) verificados nos grupos em que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, objetivando propor classificações (VICINI e SOUZA, 2005). Já a análise discriminante, segundo Medeiros (2008), busca a separação, ou discriminação, de séries de observações, bem como pode ser utilizada na alocação, ou classificação, de novos indivíduos em grupos previamente definidos com base em variáveis mensuradas nos respectivos indivíduos que compõem cada um dos grupos.

Considerando que a cobertura florestal da Floresta Estadual do Amapá está distribuída em sua maioria em Floresta de Terra Firme Densa de Baixos Platôs, com grandes variações em espécies, densidade, diâmetro, altura e volume para diferentes sítios, procurou-se estratificar o povoamento em classes homogêneas de estoque volumétrico com potencial de exploração comercial.

Em função do exposto, a pergunta que orienta este trabalho é: a Floresta Estadual do Amapá apresenta classes de estoques volumétricos de acordo com suas diferentes fitofisionomias? A hipótese deste trabalho é que a Floresta Estadual do Amapá apresenta classes de estoques volumétricos distribuídas em máximo, médio e mínimo volumes conforme as tipologias florestais predominantes, identificando diferentes sítios dentro de uma mesma comunidade vegetal.

O objetivo deste estudo foi determinar a estratificação volumétrica da Floresta Estadual do Amapá, empregando-se as técnicas de análises de agrupamento e discriminante, levando em consideração distintas fitofisionomias.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área de estudo

A Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP) está localizada no extremo norte do Brasil, no Estado do Amapá. Compreende uma área descontínua estimada em 2.369.400 ha, distribuída entre os municípios de Mazagão, Porto Grande, Pedra Branca do Amapari, Serra do Navio, Ferreira Gomes, Tartarugalzinho, Pracuuba, Amapá, Calçoene e Oiapoque.

A FLOTA/AP está dividida em quatro módulos florestais (Figura 1), definidos e priorizados em função das condições de infra-estrutura e vias de acessos existentes nesta região, bem como da necessidade de dinamizar os pólos de desenvolvimento produtivo do Estado que se localizam nas áreas de influência destes módulos (PAOF, 2010). Os módulos I, II, III e IV contribuem com 13,10; 14,45; 31,25 e 41,2 %, da área total da FLOTA/AP, respectivamente.

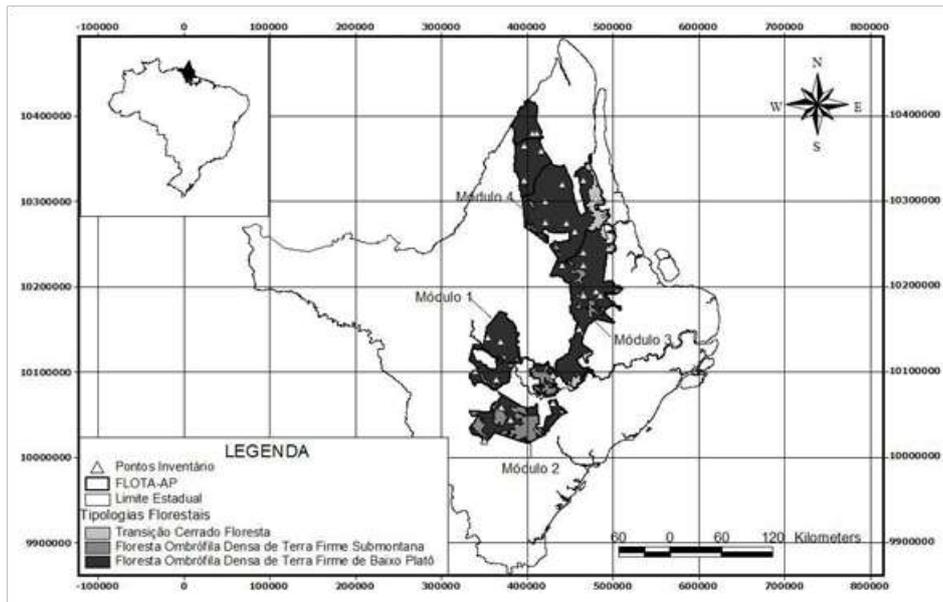


FIGURA 1: Imagem da Floresta Estadual do Amapá, com distribuição das unidades primárias (pontos de inventário), módulos e fitofisionomias florestais, Amapá, Brasil.

FIGURE 1: Image of the limitation of the four forest modules and your primary units where it was accomplished the inventory and calculation of the trees in the State Forest of Amapá, Amazonian, Brazil.

O clima da região é do tipo Af, quente-úmido, com chuvas em todas as estações do ano, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média para todo o estado é dominada por um regime de altas temperaturas, em torno de 25 °C, onde as médias das máximas e mínimas atingem, respectivamente, 32 e 22 °C. O período chuvoso estende-se de dezembro a julho, e o de estiagem de agosto a novembro. A precipitação média anual na região é de 2.284 mm, com índice pluviométrico no mês mais seco igual ou superior a 60 mm (SUDAM, 1984).

Sistema de Amostragem

O trabalho foi realizado com dados dendrométricos e florísticos adquiridos em 30 unidades amostrais utilizados, anteriormente, pelo Instituto Estadual de Florestas/AP (IEF) para execução do “Inventário Florestal na Floresta Estadual do Amapá”, no período de agosto a novembro de 2009.

O inventário florestal da FLOTA/AP foi realizado por meio de amostragem conglomerados, sendo sorteadas e distribuídas de forma aleatória na floresta 30 unidades primárias (UP), abrangendo os estratos: Floresta de Terra Firme Densas Baixos Platôs (FTFDBP) - 23 unidades primárias; Floresta de Terra Firme Densa Submontana - 4 unidades primárias; e Transição Cerrado Floresta - 3 unidades.

Cada unidade primária compreende uma área de 2,5 x 2,5 km, de forma permanente, compostos por 5 subunidades conglomeradas (Unidades Secundárias) dispostas em cruz a partir de seu centro e distantes 200 metros entre si. As Unidades Secundárias foram compostas de quatro subunidades de amostra de 20 x 200 m cada (Unidades Terciárias) dispostas em forma de cruz, a uma distância de 50 m do ponto central (Figura 2). Dentro de cada unidade amostral foram mensuradas todas as árvores com diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo (DAP) \geq 10 cm.

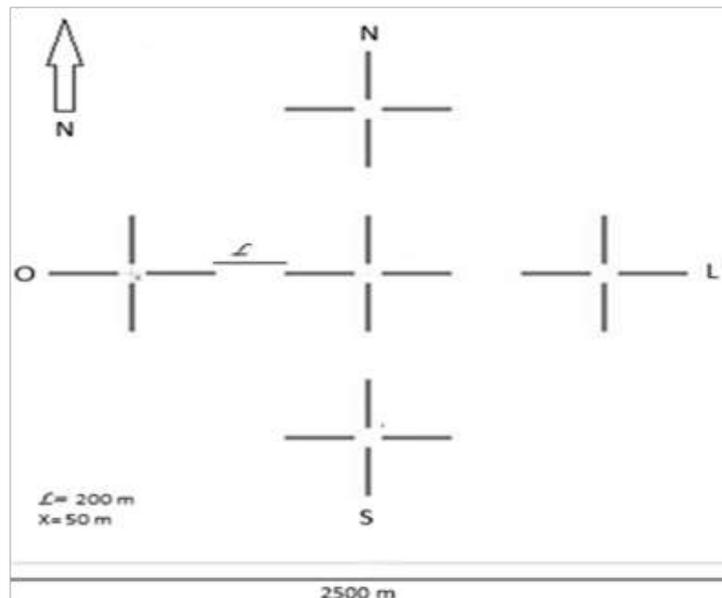


FIGURA 2: Unidade Primária e a distribuição espacial das subunidades conglomeradas (Unidades Secundárias) e subunidades de amostra (Unidades Terciárias), utilizadas no inventário florestal realizado pelo IEF/AP.

FIGURE 2: Primary Unit and the space distribution of the conglomerate subunitates (Secondary Units) and sample subunitates (Tertiary Units), used in the forest inventory accomplished by IEF/AP

Análise dos dados

De posse dos dados dendrométricos obtidos na amostragem, selecionaram-se apenas os indivíduos cubados com $DAP \geq 50$ cm para estimativa volumétrica e posterior definição das classes de estoques volumétricos.

Desta forma, o volume de fuste com casca de árvores individuais foi estimado pelo emprego da equação:

$$\ln Vol = -8,75290 + 1,87694(\ln DAP) + 0,82168(\ln HC),$$

$$R^2_{aj} = 0,94461 \text{ e } CV(\%) = 1,92236$$

Reuniram-se os volumes estimados de fuste comercial dessas árvores por hectare por unidade primária, em ordem crescente. Elaborou-se uma matriz X de dados desses volumes, em que cada variável x_{ij} representou o i -ésimo volume classificado na j -ésima unidade primária.

A matriz X foi utilizada como *input* nas análises de agrupamento e discriminante. Utilizaram-se a distância euclidiana simples e o método de Ward, com o emprego das expressões:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{h=i}^p (x_{hi} - x_{hj})^2}, h = 1, 2, \dots, p$$

$$d^2_{ij} = (\bar{x}_i - \bar{x}_j)^2$$

Em que d_{ij} = distância euclidiana estimada entre os unidades primárias i e j ; x_{hi} = volume na unidade primária i ; x_{hj} = volume na unidade primária j e d^2_{ij} = distância entre as médias das classes de estoque I e J .

Para a definição das classes homogêneas de estoque volumétrico, traçou-se a linha de corte ou linha de feion, que é uma linha paralela ao eixo horizontal do dendrograma obtido da análise de agrupamento (SOUZA et al., 1990).

A análise discriminante foi utilizada para verificar a distinção e classificação das classes homogêneas de estoque volumétrico obtidas pela análise de agrupamento. Na análise de agrupamentos, as unidades primárias ou conglomerados formaram grupos homogêneos e distintos, agrupados nas classes I, II e III de estoques volumétricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados 7481 indivíduos com $DAP \geq 50$ cm, com destaque para os gêneros *Eschweilera*, *Protium*, *Inga*, *Micropholis*, *Pouteria* e *Licania* que apresentaram maior número de indivíduos para as três diferentes fitofisionomias (INAM, 2010).

Empregando-se o critério de agrupamento, as 30 unidades primárias da Floresta Estadual do Amapá foram reunidas em três grupos distintos volumetricamente (Figura 3). O dendrograma obtido da análise de agrupamento apresenta no eixo vertical a distância euclidiana simples e no eixo horizontal as unidades primárias agrupadas formando as classes homogêneas de estoque volumétrico.

A definição do número de classes de estoque deu-se ao traçar a linha de corte no dendrograma ao nível de homogeneidade de 24% da máxima distância entre as unidades (120m^3), formando três classes denominadas I, II e III de estoques volumétricos.

A classe I é formada por 25% das unidades primárias. Dessas unidades, duas representam a fitofisionomia Transição Cerrado-Floresta, enquanto que as demais são uma da FTFDSm e cinco da FTFDBP. A classe II de estoque, formada pelas unidades I17 a J16 foram agrupadas como intermediárias, com volume médio de $136,68\text{ m}^3\text{ há}^{-1}$.

O comportamento das classes de Estoque volumétricos em relação às diferentes fitofisionomias pode estar associada aos afloramentos rochosos presentes em algumas das unidades primárias. De fato, a classe I apresenta em sua maioria a distribuição das unidades primárias na fitofisionomia FTFDBP, porém com afloramento rochosos bastante presentes, o que pode influenciar em menor densidade de indivíduos. (INAM, 2010).

A classe III de estoque, formada pelas unidades J12 a K27 apresentou unidades nas tipologias e sua maioria na tipologia Floresta de Terra Firme Densa de Baixo Platô (81, 81%). Segundo Higuchi et al. (2008), essa tipologia apresenta maior predominância de espécies arbóreas gigantes e maior densidade demonstrando uma classe de estoque volumétrico relativamente maior em relação às outras classes de estoque.

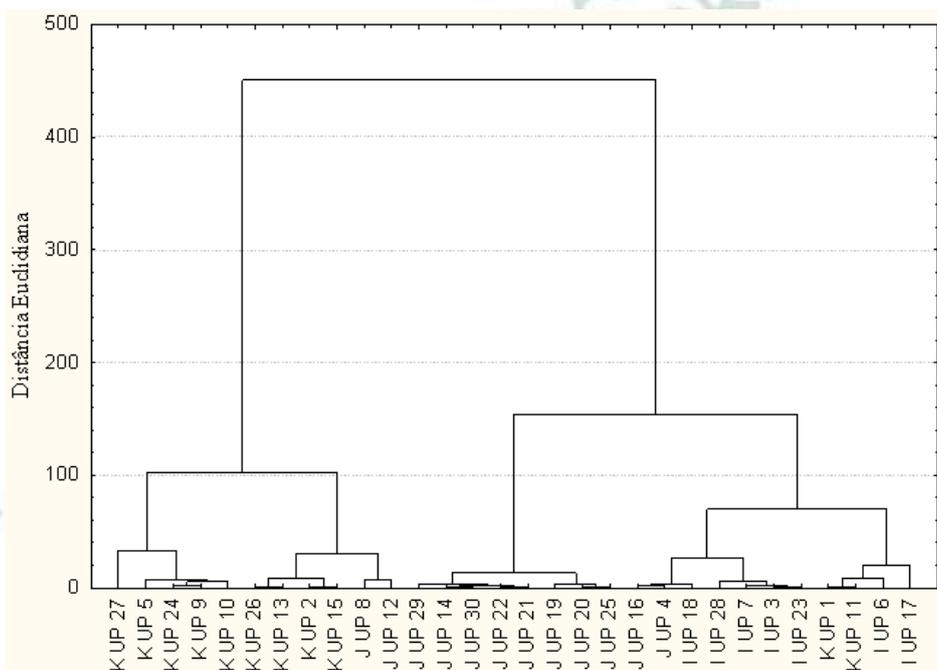


FIGURA 3: Dendrograma mostrando os grupos das unidades primárias representando as classes de estoques volumétricos, obtidos da análise de agrupamento utilizando a distância euclidiana simples e o método de *Ward*, Floresta Estadual do Amapá, Amazônia, Brasil.

FIGURE 3: Dendrograma showing the groups primary units representing the classes of stocks volumetric, obtained of the grouping analysis using the distance simple Euclidean and the *Ward* of method, State Forest of Amapá, Amazonian, Brazil.

As classes I, II e III de estoques volumétricos englobaram talhões com baixo, médio e alto estoques volumétricos, com os respectivos volumes mínimo, médio, máximo e os desvios-padrão (Tabela 2).

TABELA 2: Caracterização das classes de estoque volumétrico, mediante os valores dos volumes mínimo, médio e máximo e os desvios-padrão.

TABLE 2: Characterization of the classes of stock volumetric, by the values of the volumes minimum, medium and maximum and the Standard deviation

Classes de estoque	Volume (m ³ /ha)			
	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio Padrão
I	88, 47	110, 08	166, 84	27.90
II	123, 82	136, 68	154, 27	8.36
III	162, 13	177, 86	206, 08	14.30
Total	88, 47	144, 22	206, 08	27.90

Esses valores mostram e confirmam a estratificação em classes de estoques de acordo com a análise de agrupamento e discriminante. De acordo com o Inam (2010), a fitofisionomia FTFDBP, com maior número de unidades primárias apresentou nível de declividade plano a levemente ondulado, o que pode favorecer no valor encontrado de volume máximo para a classe III de estoque.

A análise discriminante apresentou probabilidades de 0,26667; 0,43333; e 0,30000, respectivamente, nas classes I, II e III de estoques volumétricos. O procedimento final de classificação indicou que 100% das unidades primárias foram corretamente classificados nas classes de estoque (Tabela 3).

TABELA 3: Número de classes de estoque e porcentagens de classificação correta obtidas da análise discriminante

TABLE 3: Number of stock classes and percentages of correct classification obtained of the analysis discriminante

classes de estoque	I (p=0,26667)	II (p=0,43333)	III (p=0,30000)	Classificação correta (%)	Total
I	8	0	0	100	8
II	0	13	0	100	13
III	0	0	9	100	9
Total	8	13	9	100	30

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza e Souza (2006), com classificação 100% correta em talhões de 10 hectares no Estado do Pará. Os autores ainda afirmaram que a classificação multivariada da floresta em classes I, II e III de estoques volumétricos mostrou-se um método eficiente na estratificação de áreas homogêneas de florestas inequidêneas, que podem se constituir em estratos, compartimentos, classes de sítio e unidades de produção anual (UPA). Esse método pode ter aplicação em inventário florestal, na elaboração e execução de planos de manejo, na delimitação de zonas de florestas de produção e proteção e, sobretudo, em estudos fitossociológicos e ambientais, em geral.

Cabe ainda ressaltar que a Floresta Estadual do Amapá apresenta em sua maior composição três diferentes tipologias. As unidades primárias foram distribuídas abrangendo essas três tipologias, o que de fato não deve estar influenciando nos valores volumétricos de cada unidade primária. Assim, não suporta-se a hipótese de que as três diferentes fitofisionomias proporcionam a classificação de estoques volumétricos.

CONCLUSÕES

A Floresta Estadual do Amapá apresentou classes de estoques volumétricos em mínimo, médio e máximo volumes, não considerando as diferentes fitofisionomias.

A estratificação das unidades primárias com mínimo, médio e máximo estoques volumétricos permite melhor planejamento e controle da produção florestal, bem como a execução das atividades de colheita, de tratamentos silviculturais e de monitoramento ou inventário florestal contínuo.

A aplicação de técnicas estatísticas multivariadas para definir a capacidade produtiva da Floresta Estadual do Amapá mostrou-se prática e fundamental para o conhecimento do potencial madeireiro da região. A adoção de técnicas de manejo podem ser auxiliadas pelas análises de agrupamento e discriminante, de forma a inferir na produtividade das unidades primárias, determinando assim as melhores formas de exploração sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, P. L. C; SILVA JÚNIOR, A. T. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de anapu, oeste do Estado do Pará, amazônia oriental. **Revista Ciências Agrárias**. Belém, n. 51, p.115-126. 2009.

HIGUCHI, N; SANTOS, J; SILVA, R. P; LIMA, A. N; TEIXEIRA, L. M; CARNEIRO, V. M. C; FELSEMBURGH, C. A; TRIBUZY, E. S. **Noções Básicas de Manejo Florestal**. Manaus: INPA/ CPST, 2008. 274 p.

INAM- Instituto Natureza Amazônica. **Relatório do Inventário Florestal Amostral da Floresta Estadual do Amapá**. 2010, 190p.

LIMA JÚNIOR, L. M; et al. Utilização de técnicas multivariadas na classificação de fases de crescimento de *leucaena Leucocephala* (lam.) De wit. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 921-935. 2009.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus Grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 2003, 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria.

MEDEIROS. R. M. **Estratificação volumétrica e crescimento em uma floresta ombrófila densa, município de Almerim, Estado do Pará**. 2008, 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa.

PAOF, **Plano de outorga florestal do Amapá**, p. 37, 2010.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: métodos para a classificação de sítios florestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 151p.

SOUZA, A. L.; FERREIRA., R. L. C.; XAVIER, A. **Análise de agrupamento aplicada à área florestal**. Viçosa: SIF, 1997. 109 p. (Boletim Técnico SIF, 16).

SOUZA, A. L; SOUZA, D. R. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, amazônia oriental. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.49-54, 2006.

SOUZA, D. R. **Sustentabilidade ambiental e econômica do manejo em Floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental**. 2003, 135f. Tese (Doutorado em Ciência florestal) Universidade Federal de Viçosa.

SUDAM. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**, Belém, PA, Publicação, Nº39, p. 125, 1984.

VICINI, L; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005. 215p.