

Distribuição Espacial de Árvores na Floresta Nacional de Tapajós

JOSÉ NATALINO MACEDO SILVA
JOSÉ DO CARMO ALVES LOPES
CPATU – EMBRAPA

Summary

The spatial distribution of 11 species occurring in an 35 hectares area in the Tapajós National Forest in Santarém, Pará State, Brazil, is examined. The method applied was the Pielou's nonrandomness index, which is based on point-to-plant distance method.

The results indicated strongly clustered distribution for nine out of the eleven species studied. The two remaining species presented approximately random distribution. An overall analysis of the species occurring in the area also indicated a cluster distribution. None of the results exhibited tendency to uniform distribution, what confirms that this distribution seldom occurs in natural forests.

Resumo

Este trabalho examina a distribuição espacial de onze espécies ocorrendo em uma área de 35 ha na Floresta Nacional do Tapajós, município de Santarém-Pará. O método empregado foi o índice de não-aleatoriedade de Pielou, o qual baseia-se no processo de distâncias de pontos aleatórios para a planta mais próxima (point-to-plant distances).

Os resultados indicaram distribuições fortemente agrupadas para nove das onze espécies estudadas. As duas espécies restantes apresentaram distribuições aproximadamente aleatórias. Quando foram consideradas todas as espécies que ocorreram na área, os resultados também mostraram distribuição agrupada. Nenhum resultado mostrou tendência a distribuições uniformes, confirmando o fato de ser muito rara sua ocorrência em floresta natural.

1. INTRODUÇÃO

A distribuição espacial das árvores no povoamento florestal, é uma importante característica, porém de difícil medição e descrição em termos simples e precisos.

Um dos fatores que dificultam o aproveitamento da floresta tropical é o alto grau de heterogeneidade das espécies. Por outro lado, o fato das espécies valiosas se acharem esporadicamente distribuídas, aumenta consideravelmente os custos de extração.

O conhecimento da distribuição espacial de cada espécie, ou pelo menos das mais importantes do ponto de vista de sua comercialização, não só facilita os programas de aproveitamento, como também oferece valiosa informação para o manejo, silvicultura, dendrologia e ecologia entre outras.

Outra importante aplicação da distribuição espacial é enfatizada por Payandeh (1974), com referência a modelos simuladores de crescimento, exploração mecanizada e estudos de desbastes.

A escolha do esquema de amostragem em inventários florestais, assim como o tamanho e forma das unidades de amostra, são influenciadas pelo tipo de distribuição das árvores no terreno, conforme observações feitas por Loetsh (1973) e Singh (1974).

2. REVISÃO DA LITERATURA

A literatura sobre distribuição espacial em florestas, é relativamente escassa, especialmente quando se trata de florestas tropicais.

O estudo da distribuição espacial nas populações biológicas desde há muito interessa biólogos, entomologistas, ecologistas

e florestais. Trabalho pioneiro nesse sentido foi desenvolvido por Clark & Evans (1954) que preconizou o método da distância de um indivíduo para o vizinho mais próximo, como uma medida para descrever o padrão de distribuição dos indivíduos de uma população.

Considerando a dificuldade em obter-se uma amostra de indivíduos aleatórios para seus vizinhos mais próximos, Pielou (1959), desenvolveu um método que usa distâncias de pontos aleatórios para a planta mais próxima, que é bem mais fácil de ser desenvolvida na prática, conforme demonstra Payandeh (1970a).

A influência da distribuição espacial na precisão relativa dos sistemas de amostragem sistemática e aleatória foi investigada por Payandeh (1970b, 1971a, 1971b). Em seus estudos, o autor demonstrou que a amostragem sistemática é mais eficiente ou tão precisa quanto a amostragem aleatória, para populações florestais de distribuição espacial agrupada ou quase aleatória, quando a variável considerada foi a frequência de árvores por unidade de área. Em populações de distribuição espacial uniforme, como é o caso de plantações, a amostragem aleatória foi mais precisa.

Malleux (1971/1974), estudando a distribuição espacial de dez espécies em floresta tropical peruana, segundo quatro métodos diferentes, concluiu que para algumas espécies há tendência a agrupamento, enquanto que outras estão de fato desenvolvendo-se de forma agrupada.

Singh (1974), descrevendo os padrões de variação mais comuns observados em floresta tropical úmida, indica que muitas das espécies dominantes mostram distribuição agrupada.

Jack (1961), investigando a distribuição espacial das árvores em floresta tropical africana, conclui que, considerando todas as espécies em conjunto, sua distribuição espacial não se ajusta à distribuição "Normal" ou a de "Poisson", mas está mais relacionada com uma distribuição agrupada, como a "Binomial Negativa".

Nos relatórios dos levantamentos florestais realizados pela missão FAO na Amazônia durante o período de 1956-1961, publicados por Brasil. SUDAM. (1974), encontram-se informações sobre a distribuição espacial das árvores na floresta tropical úmida. Segundo o relatório, os resultados das investigações mostraram que praticamente todas as espécies como uma ocorrência rara ou ocasional estão distribuídas de forma aleatória, obedecendo a distribuição de "Poisson". A fórmula de distribuição de "Poisson" foi perturbada no caso de espécies de frequência mais comum em certos tipos de floresta, indicando condições favoráveis para seu desenvolvimento, permitindo uma concorrência mais forte com as outras espécies e com tendência a formar grupos ou colônias.

3. MATERIAL E METODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado na Floresta Nacional do Tapajós - Município de Santarém-Pará, a altura do Km 67 da rodovia Santarém-Cuiabá.

O clima da região é Ami, pelo sistema Köppen. Dados meteorológicos de Belterra, distante cerca de 35 km da área experimental, contidos em Carvalho (1980), indicam uma precipitação média anual em torno de 2100mm, com uma estação seca de um a cinco meses. A temperatura média anual é de 25°C.

O relevo da área é plano e o solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, textura muito argilosa.

Dubois (1976) classificou a vegetação existente na área como Mata Alta sem Babaçu. Esse tipo encontra-se em terrenos planos a moderadamente ondulados, pertencentes à formação planaltos propriamente dito. Ainda segundo o autor, a composição florística da Mata Alta sem Babaçu, em comparação com a Mata Alta com Babaçu, mostra uma maior ocorrência de *Carapa guianensis*, *Manilkara huberi*, espécies de Lauraceae, *Tachigalia spp* e algumas espécies de Sapotaceae, como é o caso do grupo das Ahiuranas.

3.2. Obtenção dos dados básicos

Os dados são provenientes de um inventário florestal com intensidade de 100%, realizado em uma área de 35 ha, a qual foi dividida em compartimentos de 1 ha para facilitar o levantamento. Todas as espécies ocorrendo na área foram enumeradas a partir do diâmetro mínimo de 15 cm, anotando-se, entre outras observações, as coordenadas norte-leste em relação a cada compartimento. As espécies foram identificadas pelo nome vernacular por mateiros locais.

As coordenadas permitiram a confecção de um mapa na escala de 1:500, onde foram plotadas todas as árvores, configurando-se, assim a população base para o estudo da distribuição espacial. Adotaram-se legendas para diferenciar as diversas espécies consideradas no presente trabalho.

3.3. Considerações sobre as espécies estudadas

O inventário revelou a ocorrência, pelo nome vernacular, de 142 espécies diferentes, das quais onze foram selecionadas para análise, por apresentarem frequência igual ou superior a 100 indivíduos. Estas espécies foram as seguintes:

- 1) Andiroba - *Carapa guianensis*, Aubl.
- 2) Matamatã - *Eschweilera* spp.
- 3) Tauari - *Couratari oblongifolia*, Ducke
- 4) Urucu da Mata - *Bixa arborea*, Hub.
- 5) Taxi vermelho - *Sclerolobium chrysophyllum*, P. et Endl
- 6) Abiurana - nome vulgar designado, na Floresta Nacional do Tapajós, a diversas espécies dos gêneros *Myrtilluma*, *Nemaluma*, *Pouteria* e *Syzygiopsis*.
- 7) Ereú vermelho - *Protium* sp.
- 8) Maçaranduba - *Manilkara huberi*, Standley.
- 9) Ucuúba da Terra Firme - *Virola melinonii* (Ben) A. C. Smith
- 10) Muiratinga - *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg.
- 11) Louro - nome vulgar designado, na Floresta Nacional do Tapajós, a diversas espécies dos gêneros *Aiouea*, *Aniba*, *Licaria*, *Nectandra* e *Ocotea*.

A rigor, Abiurana e Louro constituem dois grupos de espécies conhecidas por um único nome vernacular, pertencentes, respectivamente, às famílias Sapotaceae e Lauraceae.

3.4. Índice de não-aleatoriedade

Payandeh (1970a) apresenta diversos dos métodos mais comuns para expressar a não-aleatoriedade na distribuição espacial de populações naturais.

De uma maneira geral, os métodos são classificados em "métodos de quadrados" e "métodos de distâncias".

Os "métodos de quadrados" empregam distribuições generalizadas como a binomial, Poisson ou hipergeométrica. Estes métodos, segundo o autor, baseiam-se na premissa que os elementos ocorrem em grupos ou colônias e que o número de indivíduos por grupo tem também uma outra distribuição específica. Os dados de campo para ajustar essas distribuições consiste no número de indivíduos por quadrado (parcela).

A hipótese de dispersão aleatória baseada nos "métodos de quadrados", foi testada por diversos esquemas que são basicamente válidos e práticos, porém, os resultados são fortemente influenciados pelo tamanho da parcela.

Os "métodos de distâncias", usam distâncias de plantas selecionadas para outra planta, ou de pontos aleatórios para as plantas adjacentes, proporcionando medições de espaçamento, evitando o uso de parcelas, e, por conseguinte, eliminando o efeito do tamanho da parcela.

Comparando diversos "métodos de quadrados" e "métodos de distâncias", Payandeh (1970a) concluiu ser o método de distâncias de pontos aleatórios para a planta mais próxima — índice de Pielou — o melhor para detectar distribuições não aleatórias.

O método adotado neste trabalho é o método de distâncias de pontos aleatórios para a planta mais próxima, desenvolvida por Pielou (1959).

Como um índice de não-aleatoriedade, o autor sugeriu a expressão $\alpha = \pi \cdot D \cdot \bar{w}$, onde

α = índice de não-aleatoriedade.

$\pi = 3,141593$

D = densidade, ou número de árvores por unidade de área, expressa na mesma unidade em que foram tomadas as distâncias.

\bar{w} = média dos quadrados das distâncias de pontos aleatórios para as plantas mais próximas.

Com esse índice, valores iguais a um indicam distribuição espacial aleatória; valores significativamente maiores que um indicam distribuição espacial agrupada e aqueles significativamente menores que um indicam distribuição espacial regular.

O teste de significância do afastamento de α do valor u

nitário é feito pela distribuição do χ^2 , pois, conforme demonstra Pielou (1959), 2^{na} segue aquela distribuição, com 2n graus de liberdade.

Em seu trabalho o autor apresenta uma tabela de intervalos de confiança para α aos níveis de probabilidade de 95 e 99%.

A densidade pode ser obtida por amostragem independente àquela das medidas de distâncias, ou por enumeração completa. Neste trabalho adotou-se esta última alternativa.

As distâncias foram medidas em um mapa na escala de 1:500 no qual foram localizadas todas as árvores levantadas na floresta. Para cada espécie estudada, foram alocados 100 pares de coordenadas aleatórias obtidas por computador, num total de 1200 pares.

A fim de prevenir que a planta mais próxima de determinado ponto aleatório pudesse se situar fora da área de estudo, estabeleceu-se uma bordadura de 10 metros. Todas as coordenadas situadas dentro dessa faixa foram rejeitadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os valores do índice de não-aleatoriedade encontrados para as espécies estudadas. A significância de α foi comparada na tabela dos limites de significância calculados por Pielou (1959).

O teste falhou para detectar distribuição agrupada apenas para Ucuúba da Terra Firme (*Virola melinonii* (Ben) A.C. Smith) e Louro (diversos gêneros) cujos valores de α não foram signifi-

TABELA 1. Índices de não-aleatoriedade das espécies estudadas

Espécie	Frequência	Densidade por m ²	α
Andiroba	417	$1,19 \times 10^{-3}$	1,77 ^b
Matamatã	429	$1,23 \times 10^{-3}$	1,40 ^b
Tauari	168	$4,80 \times 10^{-4}$	3,24 ^b
Urucu da mata	185	$5,29 \times 10^{-4}$	1,87 ^b
Taxi vermelho	123	$3,51 \times 10^{-4}$	1,51 ^b
Abiurana	415	$1,19 \times 10^{-3}$	1,23 ^a
Breu vermelho	179	$5,11 \times 10^{-4}$	2,37 ^b
Maçaranduba	100	$2,86 \times 10^{-4}$	1,48 ^b
Ucuúba da terra firme	179	$5,11 \times 10^{-4}$	1,00
Muiratinga	135	$3,85 \times 10^{-4}$	1,29 ^b
Louro	272	$7,77 \times 10^{-4}$	1,19
Todas as espécies	4148	$1,19 \times 10^{-2}$	1,43 ^b

^aSignificante ao nível de 5%

^bSignificante ao nível de 1%.

cativamente diferentes de um. As demais espécies, com exceção do grupo Abiurana (diversos gêneros) apresentam-se fortemente agrupadas (significantes ao nível de 1%). Quando foram consideradas todas as espécies que ocorreram na área, o índice encontrado também revelou distribuição fortemente agrupada.

Nas 142 espécies existentes na área, foram selecionadas para este trabalho, apenas aquelas cuja frequência foi igual ou superior a 100, pois pensou-se no início que o fato das espécies se apresentarem formando grupos, estava de alguma forma relacionada com sua frequência. Os resultados mostraram que esse fato não depende da frequência, como se pode observar com Tauari (*Couratari oblongifolia*, Ducke) cujo número de indivíduos, apesar de inferior aos de Andiroba (*Carapa guianensis*, Aubl), Matamatã (*Eschweilera* spp) e o grupo Abiurana (diversos gêneros) — espécies de maior frequência dentre todas as estudadas —, foi a espécie que apresentou o maior valor para o índice de Pielou.

É claro que espécies de ocorrência muito rara, provavelmente mostrarão tendência a se distribuírem de forma aleatória, conforme afirma Heinsdijck (1961).

Os resultados mostram a necessidade de se fazer um estudo da distribuição espacial por grupos de espécies, especialmente as de valor econômico, para efeito de escolha da forma da unidade de amostra em inventários florestais. Diversos autores demonstram que quando a distribuição espacial é agrupada, unidades de amostra retangulares são mais precisas pois tendem a absorver melhor os efeitos das "clareiras" — espaços vazios, sem a presença de árvores —, que as unidades quadradas ou circulares.

Pesquisas sobre a eficiência do processo de amostragem aleatória versus a amostragem sistemática devem ser conduzidas na floresta tropical úmida, pois, conforme demonstra Payandeh (1971a), em distribuições agrupadas o processo sistemático é mais eficiente.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com a metodologia empregada no presente trabalho, permitem apresentar as seguintes conclusões:

a) nove das onze espécies estudadas apresentam distribuição agrupada; as duas espécies restantes apresentam distribuição aproximadamente aleatória.

b) quando foram consideradas todas as espécies que ocorrem na área experimental, os resultados também mostraram distribuição agrupada.

c) nenhuma espécie mostrou tendência a distribuição uniforme, confirmando o fato de ser muito rara sua ocorrência em florestas naturais.

6. LITERATURA CITADA

BRASIL. SUDAM. Levantamento florestais realizados pela missão FAO na Amazônia. Trad. O.H. Knowles. Belém, 1974. 2v.

CARVALHO, J.O.P. de. Inventário diagnóstico da regeneração natural da vegetação em área da Floresta Nacional do Tapajós. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1980. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 2).

CLARK, P.J. & EVANS, F.C. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. Ecology, 35(4): 445-53, 1954.

DUBOIS, J.L.C. Preliminary forest management guidelines for the national forest of Tapajós. Belém, IBDF-PRODEPEF, 1976. 41p. Mimeografado.

HEINSDIJK, D. Forest survey in the Amazon valley. Unasylva, 15: 167, 1961.

JACK, W.H. The spatial distribution of stems in a tropical high forest. Emp. For. Rev., 40:234-41, 1961.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K.E. Forest inventory, Munich, BLV, 1973. v.2.

MALLEUX, J.O. Análisis de dispersión de 10 especies forestales de un bosque húmido tropical. R. Forestal del Peru, 5(1/2):55-66, 1971/1974.

PAYANDEH, B. Comparison of methods for assessing spatial distribution of trees. Forest Sci., 16:312-7, 1970a.

PAYANDEH, B. Relative efficiency of two-dimensional systematic sampling. Forest Sci., 16(3):271-6, 1970b.

PAYANDEH, B. Spatial pattern of trees in the major forest types of northern Ontario. Can. J. For. Res. 4:8-14, 1974.

PAYANDEH, B. & EK, A.R. Observation on spatial distribution and the relative precision of systematic sampling. Can. J. For. Res. 1:216-22, 1971a.

PAYANDEH, B. & PAINE, B.P. Relative precision of two-dimensional systematic sampling as a function of non-randomness index. Can. J. For. Res. 1:167-73, 1971b.

PILOU, E.C. The use of point to plant distances in study of pattern of plant populations. Journal of Ecology, 47(3):607-3, 1959.

SING, K.D. Spatial variation patterns in the tropical rain forest. Unasylva, 26(106):18-23, 1974.