



Percepções sobre castanhais nativos no Baixo Rio Tapajós, estado do Pará

Diego dos Santos VIEIRA^{1*}, Marcio Leles Romarco OLIVEIRA¹,
João Ricardo Vasconcellos GAMA², Bruno Oliveira LAFETÁ³

¹Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil.

²Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, Brasil (*In Memoriam*).

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, São João Evangelista, MG, Brasil.

*E-mail: diegovier4@gmail.com

(ORCID: 0000-0003-3780-1189; 0000-0002-8097-1135; 0000-0002-3629-3437; 0000-0003-2913-6617)

Submetido em 02/08/2022; Aceito em 13/10/2022; Publicado em 01/11/2022.

RESUMO: O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a estrutura populacional e do potencial econômico de castanhais nativos no Baixo Rio Tapajós, estado do Pará. Foram usados dados de três censos florestais (A, B e C), os quais registraram apenas árvores com DAP ≥ 30 cm. A estrutura diamétrica e o padrão espacial foram avaliados por meio de histogramas e da função K de Ripley, respectivamente. O potencial econômico foi estimado pela diferença entre o custo de produção e o produto do número de árvores aptas à colheita, produtividade média e preço da castanha em Santarém, Óbidos e Oriximiná. A abundância de árvores foi moderada e variou entre os castanhais. As estruturas diamétricas exibiram tendência normal, enquanto o padrão espacial foi completamente agregado. Os castanhais possuem potencial econômico para manejo florestal de castanha. As maiores receitas e margens de lucro foram obtidas quando a simulação de venda foi realizada para Santarém. Mas, se o mercado de Santarém não absorver toda a produção, Óbidos e Oriximiná são alternativas viáveis. A considerar todos os castanhais seria possível obter receitas líquidas anuais de R\$ 72.829,2. Além disso, sugere-se que a comercialização seja feita por meio de cooperativas, pois minimizam o impacto do atravessador nos lucros.

Palavras-chave: estrutura diamétrica; padrão espacial; potencial econômico; castanha-do-Brasil,

Perceptions about native Brazil nut groves in the baixo rio Tapajós, state of Pará

ABSTRACT: In our study, we evaluated the population structure and economic potential of native Brazil nut groves in the Lower Rio Tapajós, Pará state. We used data from three forest censuses (A, B, and C), which registered only trees with DBH ≥ 30 cm. Diametric structure and spatial pattern were evaluated using histograms and Ripley's K function, respectively. We have estimated the economic potential through the difference between the production cost and the product of the number of trees suitable for harvest, average productivity and price of Brazil nuts in Santarém, Óbidos and Oriximiná. The abundance of trees was moderate and ranged among the chestnut groves. Diametric structures exhibited a normal trend, while the spatial pattern was completely aggregated. The chestnut groves have economic potential for forest management nuts. The highest revenues and profit margins were obtained when the sales simulation was performed for Santarém. However, if the Santarém market does not absorb all the production, the cities of Óbidos and Oriximiná are viable alternatives. Considering all Brazil nut groves, it would be possible to obtain annual net income of R\$ 72,829.2. In addition, we suggest that commercialization be done, preferably, through cooperatives, as they minimize the impact of the middleman on profits.

Keywords: diametric structure; spatial pattern; economic potential; Brazil nuts.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Amazônia é formado por diversas espécies arbóreas. Algumas possuem múltiplos usos, os quais vão desde o alimentício ao medicinal. A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é uma das espécies mais importantes na Amazônia, pois é o elemento da identidade cultural e social de populações tradicionais da Amazônia (SOUSA et al., 2014). É uma árvore cuja a semente possui alto valor alimentar e que apresenta mercado nacional e internacional consolidados, constituindo a única coleta de sementes realizada quase que exclusivamente em vegetações nativas (VIEIRA et al., 2017). Além disso, sua cadeia

produtiva é uma realidade e emprega milhares de pessoas, desde catadores de ouriços, passando pela subcadeia de comercialização, indústria de transformação e exportação (SOUSA et al., 2014). A madeira é considerada de alta qualidade, porém sua exploração em vegetações nativas é proibida por lei (Decreto Federal nº 5.975, de 30/11/2006), pois trata-se de uma espécie ameaçada de extinção.

Mesmo assim, a colheita extrativista das sementes de castanha-do-brasil é cada vez mais promissora e inevitável, podendo ser futuramente intensificada. Assim, se realizada de maneira predatória, pode, a longo prazo, comprometer a dinâmica populacional dessa espécie. A história e a

intensidade de coleta de sementes de castanha-do-brasil são os principais determinantes do tamanho da população, além de que populações sujeitas a níveis persistentes de colheita não têm árvores juvenis com diâmetros à 1,30 m do solo (DAP) menores que 60 centímetros (PERES et al., 2003). Os níveis de colheita intensiva ao longo do século passado foram tais que o recrutamento de árvores jovens de castanha-do-brasil é insuficiente para manter populações a longo prazo (PERES et al., 2003). Assim, sem o uso adequado, populações intensamente colhidas sucumbirão a um processo de senescência e colapso demográfico, ameaçando a espécie e esse produto não madeireiro angular da econômica extrativista da Amazônia (PERES et al., 2003).

A perpetuidade de populações de castanha-do-brasil e, por conseguinte, da produção de castanha (amêndoas), em áreas que serão ou estão sendo colhidas, somente é possível com a aplicação de técnicas de manejo florestal sustentável (MFS). Essas técnicas baseiam-se na premissa de que o uso de recursos florestais, mesmo a longo prazo, não deve causar danos significativas na reprodução, densidade de árvores e estrutura da população (VIEIRA et al., 2017). O primeiro passo para o bom MFS de um produto não madeireiro é verificar a densidade populacional, estrutura diamétrica e padrão espacial da espécie. Esses parâmetros fornecem bases reais para colheitas sustentáveis de amêndoas e são fundamentais para a realização de ações silviculturais ou conservação. A densidade das árvores é um fator básico para o MFS, pois fornece a quantificação do recurso, permitindo a avaliação da viabilidade do MFS e definição de propósitos econômicos e financeiros (NEVES et al., 2016).

A estrutura diamétrica auxilia nas tomadas de decisões sobre a necessidade de reposição de árvores na comunidade. Ela permite ainda a realização de inferências sobre histórico de desenvolvimento da espécie, além da criação de estratégias de manutenção, recuperação e conservação, de maneira que a população não sofra grandes distúrbios ecológicos (NEVES et al., 2016). Por outro lado, o padrão espacial auxilia na determinação de árvores matrizes e no planejamento de atividades de inventário florestal e colheita de castanha (amêndoas), minimizando custos de locomoção de equipamentos e da frente de trabalho e influenciando diretamente os custos operacionais (VIEIRA et al., 2017). Assim, o que se supõem a partir desses parâmetros é fundamental para que a colheita de produtos madeireiros e não madeireiros seja realizada com base em um sólido entendimento da dinâmica populacional da espécie. Além disso, em meio à busca pelo bom MFS e aproveitamento dos recursos florestais surge a ideia de valoração dos produtos não madeireiros da floresta, que permite identificar os incentivos econômicos que intervêm nas decisões operacionais (SILVA et al., 2021).

A valoração dos produtos florestais permite ainda a previsão dos lucros possíveis de serem obtidos com a utilização de espécies madeireiras e não madeireiras de interesse comercial (PINHEIRO et al., 2019). As hipóteses dessa pesquisa foram: hipótese nula, os castanhais apresentam baixo número de árvores, distribuições diamétricas em exponenciais negativas e padrão espaciais aleatórios; hipótese alternativa, assume-se alto número de árvores, distribuição diamétrica desbalanceadas e padrões espaciais agregados. Assim, a partir da importância cultural, econômica e social da castanha-do-brasil, da necessidade de estudos que auxiliem o MFS e, sobretudo, da preocupação com o processo de senescência e colapso demográfico que

castanhais nativos na região oeste do Pará possam vir a passar, objetivou-se avaliar a estrutura populacional e o padrão espacial de três castanhais nativos localizados na Floresta Nacional do Tapajós, oeste do estado do Pará. Além disso, realizou-se a valoração monetária dos frutos da castanha-do-brasil, a castanha.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em três castanhais nativos localizados na Floresta Nacional de Tapajós, nos domínios do município de Belterra, estado de Pará (Figura 1). Os castanhais A, B e C possuem área de 2.000, 1.486,1 e 1.063 hectares. As áreas B e C são mais próximas do que A das demais. O clima da região é do tipo Ami (Köppen). A temperatura e a precipitação anuais são de 25,5 °C e 1820 mm, respectivamente (ALVARES et al., 2013). O relevo é ligeiramente acidentado e apresenta uma topografia variando de amena a ondulada. O solo predominante é o Latossolo Amarelo (SANTOS et al., 2017). A vegetação dominante é a Floresta Ombrófila Densa, caracterizada pelo domínio de árvores de grande porte e pela abundância de cipós lenhosos, palmeiras e epífitas.

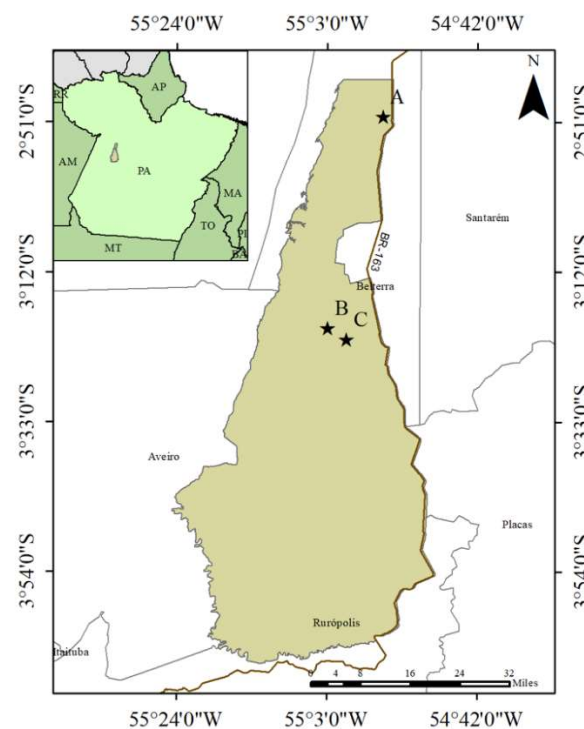


Figura 1. Localização dos castanhais, estado do Pará, Brasil.
Figure 1. Location of Brazil nut groves, state of Pará, Brazil.

2.2. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de um inventário 100%, com mapeamento, em coordenadas cartesianas (sistema X-Y), de todas as árvores de castanha-do-brasil com diâmetro a 1,30 m do solo igual ou superior a 30 cm (DAP \geq 30 cm). As áreas dos castanhais foram divididas em subáreas quadradas, nas quais foram abertas picadas paralelas na direção N-S, distantes 50 m entre elas. Em cada picada foram instaladas balizas a cada 25 m, com a respectiva metragem em relação à origem, para posterior registro da coordenada Y das árvores. A coordenada X das árvores foi obtida por meio da distância entre a árvore e a respectiva linha da picada. Ao final

de cada picada, movia-se para a picada seguinte e executava-se a mesma rotina de trabalho, e assim sucessivamente, até completar a última picada. As informações coletadas foram o DAP e a altura comercial, além das coordenadas X e Y.

2.3. Análise de dados

O número de árvores (N) e área basal (G) por hectare e média aritmética do DAP (\bar{D}) foram calculados para cada área. A normalidade de resíduo e homogeneidade de variância dessas variáveis foram analisadas por meio das provas de Shapiro-Wilk e Levene's. Em seguida, elas foram submetidas à análise de variância (teste F), com médias agrupadas pela prova de Scott-Knott. As áreas foram os tratamentos e as subáreas as repetições. O nível de significância para essa e as demais provas foi de 0,05. A hipótese nula considerada foi que as médias de N, G e \bar{D} são significativamente iguais, enquanto a hipótese alternativa considerou a existência de diferenças significativas.

A estrutura diamétrica foi avaliada por meio de histogramas, os quais foram construídos para intervalos de 10 cm. O teste F de Graybill foi usado para compará-las. Além disso, foram ajustadas duas funções de densidade probabilística (FDPs), a saber: Normal e Exponencial. Essas funções foram selecionadas para avaliar se os castanhais apresentam (H_1), ou não (H_0), estrutura diamétrica exponencial. As mesmas hipóteses foram aplicadas à função Normal. A aderência dessas FDPs à distribuição de diâmetros foi avaliada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Os parâmetros das funções foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança. O método de otimização usado foi o Nelder-Mead.

O padrão espacial da castanha-do-brasil foi determinado pela função K de Ripley (RIPLEY, 1977). Essa função foi calculada para um círculo com raio s de 25 m centrado em cada árvore, em que o número de vizinhos presentes na área desse círculo foi contado. Variando o raio s a uma distância máxima, detectou-se o padrão espacial da espécie em diferentes escalas de distância. A distância máxima foi a metade do maior eixo da área dos castanhais A, B e C. Alguns casos particulares ocorreram quando as árvores estavam nas bordas das áreas, uma vez que, por ser a função K acumulativa e computar todas as distâncias entre todos os eventos, as árvores próximas à borda de raio s maior que o limite do mapa não poderiam ser interpretados como se não houvesse vizinhos. Os vizinhos existiam, mas por estarem fora dos limites da área não foram computados. Consequentemente, o número de árvores vizinhas a árvores próximas aos limites do mapa seria mais baixo do que para as demais, ocasionando um viés no cálculo do estimador da função K de Ripley. À vista disso, utilizou-se o estimador da função K(s) com correção isotrópica de bordadura (1) (RIPLEY, 1977).

$$K(s) = \frac{1}{\hat{\lambda}_n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{W_i} (x_i, x_j) I(\|x_i - x_j\| < s) \quad (01)$$

em que: n = número de árvores na área; X_i e X_j são as coordenadas dos pontos; $\|X_i - X_j\|$ = distância euclidiana entre a localização X_i e X_j ; s = vetor arbitrário de distância; $W_i I(X_i, X_i)$ = função de correção para efeito de borda, que representa a proporção da circunferência com centro em X_i e com raio $\|X_i - X_j\|$ que está fora da área; $\hat{\lambda} = n/|A|$ = número de árvores dividido pela área do castanhal, sendo um estimador não viciado da intensidade do

processo; e $I(U)$ = função indicadora que assume valor 1 sempre que a condição U for verdadeira e zero quando for falsa.

Além disso, foram construídos envelopes de confiança através de 1.000 simulações Monte Carlo, sob a hipótese de completa aleatoriedade espacial (CAE). Em seguida, foi calculada a função K para os resultados das simulações, armazenando-se os valores mínimos e máximos da estimativa de K, utilizados para gerar intervalos de confiança, a 99% de probabilidade. A fim de facilitar a visualização dos envelopes de confiança, os valores de K foram transformados para L, de acordo com a expressão (2) e distribuídos em função das distâncias s acumuladas (RIPLEY, 1977). O envelope de confiança é formado por duas linhas limites pontilhadas, uma positiva e outra negativa. A região entre essas linhas é a de aleatoriedade espacial. Assim, se os valores observados de L, identificados por uma linha contínua azul, estiverem dentro do envelope construído, a aleatoriedade é confirmada, caso contrário rejeita-se a hipótese nula de aleatoriedade espacial e assume-se a agregação, quando passar do limite superior do envelope, e regularidade, quando passar do limite inferior (RIPLEY, 1977).

$$L(s) = \sqrt{\frac{K(s)}{\pi}} - s \quad (02)$$

em que: $K(s)$ = vetor dos valores da função K de Ripley; e s = vetor arbitrário de distâncias.

O potencial econômico da castanha *in natura* foi calculado com base na metodologia adaptada e descrita na Instrução Normativa N° 8/GABIN/ICMBIO, de 28 de setembro de 2021. Apenas árvores com DAP ≥ 50 cm foram consideradas. O número de árvores aptas para colheita de castanha foi calculado a partir dos percentuais de árvores reprodutivas por classe de diâmetro estimados por Tonini et al. (2008), a saber: 71,6% para árvores com $50 \leq \text{DAP} < 100$ cm; 82,1% para árvores com $100 \leq \text{DAP} < 150$ cm; e 80% para árvores DAP ≥ 150 cm. Além disso, das árvores destinadas para colheita foram mantidas 10% nas áreas dos castanhais, respeitando o limite mínimo de manutenção de 3 árvore por 100 ha. Assim, o número de árvores aptas à colheita por área foi calculado por meio da expressão (3).

$$N_{AC} = \frac{6444 \times N_I + 7389 \times N_{II} + 7200 \times N_{III}}{10.000} \quad (03)$$

em que: N_{AC} = número de árvores aptas para colheita de castanha *in natura*; N_I = número de árvores aptas com $50 \leq \text{DAP} < 100$ cm; N_{II} = número de árvores aptas com $100 \leq \text{DAP} < 150$ cm; N_{III} = número de árvores aptas com DAP ≥ 150 cm.

O custo de produção e a produtividade média da castanha *in natura* usados foram R\$ 1,28 kg⁻¹ (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAF (2021) e 11,5 kg árvore⁻¹, respectivamente (WADT et al., 2005; KAINER et al., 2007; TONINI; PEDROZO, 2014). O preço de comercialização para a data dessa pesquisa (06/2022) foi obtido no centro de informações da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAF (2022). Foram considerados os preços de três municípios, por serem próximos aos castanhais nativos da Flona Tapajós, a saber: Santarém (R\$ 6,42 kg⁻¹), Óbidos (R\$ 6,22 kg⁻¹) e Oriximiná (R\$ 6,00 kg⁻¹) (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAF (2022)). A produção potencial de castanha *in natura* (P), receita líquida (RL) e margem de

lucro (ML) foram calculados por meio das expressões [4], [5] e [6], respectivamente.

$$PP = N_{AC} \times \bar{P} \tag{04}$$

$$RL = (PP \times PC) - CP \tag{05}$$

$$ML = \frac{RL}{CP} \times 100 \tag{06}$$

em que: PP = produção potencial de castanha in natura, em kg; N_{AC} = número de árvores aptas para colheita de castanha; \bar{P} = produtividade média por árvore, kg árvore⁻¹; RL = receita líquida, em reais; PC = preço de comercialização da castanha, em R\$ kg⁻¹; CP = custo de produção, em R\$ kg⁻¹; ML = margem de lucro, em percentagem.

3. RESULTADOS

A densidade de árvores obtida para os castanhais A, B e C foi de 0,46, 0,58 e 0,27 árvores ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). A maior e menor área basal foi registrada para os castanhais B e C, os quais apresentaram 36,5 e 19,8 m² ha⁻¹, respectivamente. A área C apresentou a maior média aritmética do DAP e a árvore com maior diâmetro (i.e., 234,9 cm). As diferenças entre as médias de densidade de árvores (N), área basal (G) e média de DAP (\bar{D}) foram significativas (p < 0,05). As áreas mais próximas geograficamente (i.e., B e C) foram iguais somente em relação à \bar{D} , enquanto a mais distante (A) foi semelhante à B e C em relação à N e G, respectivamente.

As estruturas diamétricas apresentaram tendência à normalidade, apontando baixo número de árvores nas classes de diâmetro menores (DAP ≤ 60 cm) e elevada densidade nas classes intermediárias (60 cm ≤ DAP < 120 cm), com redução acentuada no sentido das maiores classes (DAP ≥ 120 cm) (Figura 2). Essa tendência foi corroborada pela aderência da FDP Normal, pois os valores de D_{CALC} foram menores que os de D_{TAB} . A função Exponencial não aderiu a nenhum dos castanhais ($D_{CALC} > D_{TAB}$), mostrando a distribuição de diâmetros desses castanhais não são possuem comportamento exponencial, principalmente pelo alto número de árvores nas classes próximas à 90 cm de DAP. Ainda que as tendências tenham sido semelhantes, apenas os castanhais A e B apresentaram distribuições diamétricas significativamente iguais (p > 0,05). As áreas B e C, que são

próximas geograficamente, e A e C apresentaram distribuições diamétricas diferentes (p < 0,05).

O padrão espacial das árvores nos castanhais A, B e C foi agregado (Figura 3). A hipótese CAE foi rejeitada, pois os valores de K mantiveram-se acima da região de aleatoriedade espacial. Os valores da função K para o castanhal A foram crescentes até ± 375 m, indicando que o tamanho dos agrupamentos dentro desse castanhal varia até ± 375 m. Em seguida, a ausência relativa de árvores produz uma queda dos valores K até ± 1.000 m, a partir da qual K volta a aumentar, sugerindo o reaparecimento de novas árvores para escalas de distâncias superiores a 1.000 m. Os castanhais B e C apresentaram comportamento similar, porém em outras escalas e intensidades de agregação. A área C, por exemplo, possuem agrupamentos com tamanhos de aproximadamente 1.050 m. Após essa distância eles tornam-se menos nítidos, pois os valores de K caem continuamente até 2.000 m.

Os castanhais A, B e C apresentaram, respectivamente, 539, 531 e 162 árvores aptas para colheita de castanha in natura. A produção potencial estimada a partir dessas árvores foi de 6.198,5, 6.106,5 e 1.863 kg, respectivamente. O custo de produção estimado para os castanhais A, B e C foi de R\$ 7.931,0, R\$ 7.831,9 e R\$ 2.383,9, respectivamente. O valor monetário dos castanhais entre municípios teve pouca variação (Tabela 2). A maior diferença foi observada para o castanhal A, entre os municípios de Santarém e Oriximiná. As maiores receitas líquidas foram obtidas quando o preço de comercialização considerado foi o de Santarém, totalizando R\$ 31.862,7, R\$ 31.389,85 e R\$ 9.576,57 para os castanhais A, B e C, respectivamente. Juntos, eles totalizam uma receita líquida anual e margem de lucro de R\$ 72.829,2 e 401,7%, respectivamente. Os demais municípios apresentaram margens de lucro positivas, porém menores que a obtida para Santarém.

Tabela1. Estatísticas descritiva dos castanhais nativos.

Table1. Descriptive statistics of native Brazil nut groves.

Castanhal	N (ha ⁻¹)	G (ha ⁻¹)	\bar{D} (cm)
A	0,47 ± 0,15 a	26,4 ± 9,9 a	81,3 ± 5,4 a
B	0,58 ± 0,24 a	36,5 ± 15,1 b	86,1 ± 3,4 b
C	0,27 ± 0,15 b	19,8 ± 10 a	89,7 ± 12,4 b
<i>p</i> -valor	0,004	0,001	0,011

em que: N = número de árvores, em hectare; G = área basal, em hectare; \bar{D} = média aritmética dos diâmetros à 1,30 m do solo. * médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Scott-Knott, p > 0,05).

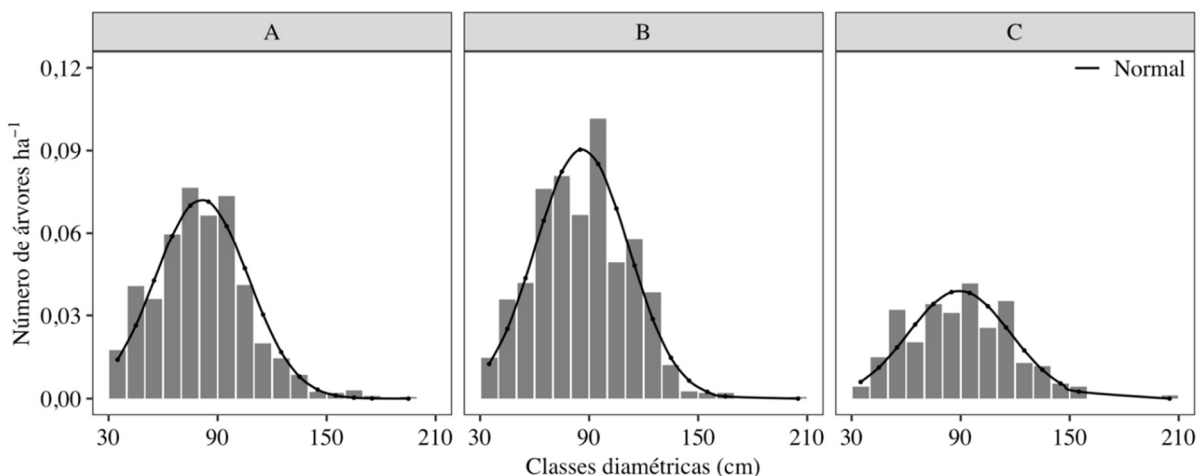


Figura 2. Estrutura diamétrica de castanhais nativos na Floresta Nacional do Tapajós, estado do Pará, Brasil.
Figure 2. Diametric structure of Brazil nut groves in the Tapajós National Forest, state of Pará, Brazil.

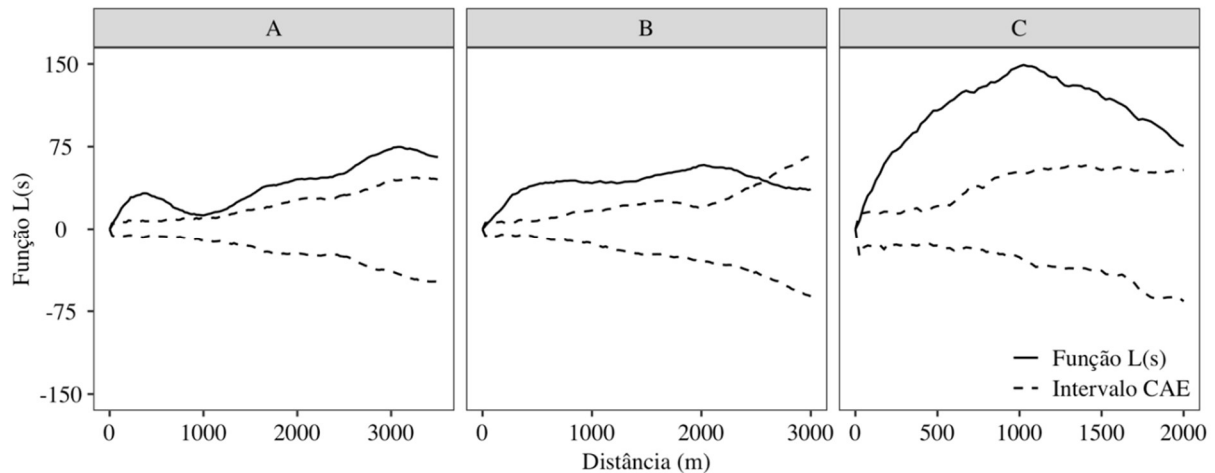


Figura 3. Função K de Ripley e distribuição de árvores dos castanhais nativos A, B e C, oeste do estado do Pará, Brasil.
Figure 3. Ripley's K function and distribution of trees from Brazil nut groves A, B and C, state of Pará, Brazil.

Tabela 2. Valor monetário dos castanhais para os municípios de Santarém, Óbidos e Oriximiná, estado do Pará, Brasil.
Table 2. Monetary value of Brazil nut groves for the municipalities of Santarém, Óbidos and Oriximiná, state of Pará, Brazil.

Municípios	Área	N	N _{AC}	P (kg)	RB (R\$)	CP (R\$/kg)	RL (R\$)	ML (%)
Santarém	A	810	539	6.198,5	39.794,37	7.931,60	31.862,77	401,7%
	B	790	531	6.106,5	39.203,73	7.813,88	31.389,85	401,7%
	C	239	162	1.863	11.960,46	2.383,89	9.576,57	401,7%
Óbidos	A	810	539	6.198,5	38.554,67	7.931,60	30.623,07	386,1%
	B	790	531	6.106,5	37.982,43	7.813,88	30.168,55	386,1%
	C	239	162	1.863	11.587,86	2.383,89	9.203,97	386,1%
Oriximiná	A	810	539	6.198,5	37.191,00	7.931,60	29.259,40	368,9%
	B	790	531	6.106,5	36.639,00	7.813,88	28.825,12	368,9%
	C	239	162	1.863	11.178,00	2.383,89	8.794,11	368,9%

em que: N = número total de árvores com DAP \geq 50 cm; N_{AC} = número de árvores produtoras aptas para colheita de castanhas; P = produção de castanha com casca, em kg; RB = receita bruta, em reais; CP = custo de produção, em reais; RL = receita líquida, em reais; ML = margem de lucro, em percentagem.

4. DISCUSSÃO

O número de árvores dos castanhais foi considerado médio, pois pesquisas realizadas em outras áreas da Amazônia registraram valores próximos, mesmo considerando níveis de inclusão iguais ou maiores que o usado na Flona do Tapajós (Tabela 3). Espera-se que quanto maior os níveis de inclusão, menor a quantidade de árvores. Foi observado ainda uma variabilidade local do número de árvores dos castanhais. Isso porque os castanhais mais próximos geograficamente apresentaram abundâncias diferentes, enquanto aqueles mais distantes foram significativamente iguais. Essa variabilidade também foi

observada em outros censos florestais realizados em áreas vizinhas na Flona de Saracá-Taquera – BR (SALOMÃO, 2009) e em Madre de Dios - Perú (ROCKWELL et al., 2017). A variabilidade pode ser minimamente atribuída às diferenças no tamanho das áreas amostradas (WADT et al., 2005). A estrutura do dossel, a fitofisionomia e a história de ocupação por populações ameríndias das áreas de castanhais provavelmente contribuem mais para essas diferenças (MYERS et al., 2000; WADT et al., 2005; SCOLES; GRIBEL, 2011; ROCKWELL et al., 2017; ANDRADE et al., 2019).

Tabela 3. Número de árvores por hectare registrado em outras regiões da Amazônia.
Table 3. Number of trees per hectare recorded in other regions of the Amazon.

Localização	Área (ha)	Nível de inclusão	N (ha ⁻¹)	Fonte
Flona Tapajós, Pará, Brasil	900	DAP \geq 20 cm	0,44	Vieira et al. (2017)
Flona Antimary, Acre, Brasil	1.900	DAP \geq 30 cm	0,31	Ciarnoschi et al. (2019)
Flona Saracá-Taquera, Pará, Brasil	763	DAP \geq 30 cm	1,50	Salomão (2009)
Flona Saracá-Taquera, Pará, Brasil	1.365	DAP \geq 30 cm	0,01	Salomão (2009)
Tambopata, Madre de Dios, Perú	290	DAP \geq 40 cm	0,95	Rockwell et al. (2017)
Tambopata, Madre de Dios, Perú	547	DAP \geq 40 cm	0,63	Rockwell et al. (2017)
Tambopata, Madre de Dios, Perú	576	DAP \geq 40 cm	0,58	Rockwell et al. (2017)
Resex Chico Mendes, Acre, Brasil	420	DAP \geq 50 cm	1,00	Wadt et al. (2005)
Rio Trombetas, Pará, Brasil	125	DAP \geq 40 cm	6,30	Scoles and Gribel (2011)
Rio Amazonas, Amazonas, Brasil	49	DAP \geq 40 cm	9,20	Scoles and Gribel (2011)
Flona Jamari, Rondônia, Brasil	1.586,8	DAP \geq 35 cm	0,55	Santos Júnior et al. (2020)
Flona Jamari, Rondônia, Brasil	1.946,1	DAP \geq 35 cm	0,54	Santos Júnior et al. (2020)
Flona Jamari, Rondônia, Brasil	1.943,6	DAP \geq 35 cm	0,53	Santos Júnior et al. (2020)
Flona Jamari, Rondônia, Brasil	1.780,5	DAP \geq 35 cm	0,60	Santos Júnior et al. (2020)
Flona Jamari, Rondônia, Brasil	1.926,7	DAP \geq 35 cm	0,47	Santos Júnior et al. (2020)
Flona Jamari, Rondônia, Brasil	1.827,5	DAP \geq 35 cm	0,60	Santos Júnior et al. (2020)

em que: N (ha⁻¹) = número de árvores por hectare; e DAP = diâmetro à 1,30 m do solo.

Teoricamente, florestas ombrófilas abertas, áreas com dosséis mais abertos e que possuem histórico de ocupação de populações ameríndias tendem a apresentar mais castanha-do-brasil que aquelas com dosséis fechados, sem intervenção antrópica ou classificadas como florestas ombrófilas densas (MYERS et al., 2000; SCOLES; GRIBEL, 2011; ANDRADE et al., 2019). A condição preponderante é a incidência de luz, pois a castanha-do-brasil é uma espécie heliófila, longeva e dominante (ZUIDEMA; BOOT, 2002; VIEIRA et al., 2017). Isso esclarece as diferenças entre as abundâncias registradas nos castanhais A, B e C e as encontradas por Wadt et al. (2005), em uma floresta ombrófila aberta na Resex Chico Mendes, e Rockwell et al. (2017), em florestas ombrófilas densas de Madre de Dios que sofrem constantes aberturas no dossel devido aos ventos fortes e carregamento em massa de colmos de bambu (Tabela 3). Além disso, tais resultados elucidam a proximidade com as abundâncias registradas por Santos Júnior et al. (2020) na Flona de Jamari, cuja vegetação é tipicamente ombrófila densa, de dossel fechado e sem histórico de intervenção antrópica.

A disponibilidade de luz é igualmente um fator preponderante na determinação da estrutura diamétrica de castanhas na Amazônia. Muitas pesquisas mostram duas formas estruturais características da castanha-do-brasil, a saber: exponencial (ZUIDEMA; BOOT, 2002; WADT et al., 2005; SCOLES; GRIBEL, 2011) e em forma de sino (SALOMÃO, 2009; NEVES et al., 2016; VIEIRA et al., 2017; CIARNOSCHI et al., 2019; TONINI; BALDONI, 2019; SANTOS JÚNIOR et al., 2020; TONINI et al., 2020). A primeira, menos frequente e contrária a encontrada nos castanhais A, B e C, é associada a áreas que sofreram distúrbios de baixa intensidade e longo prazo por populações ameríndias.

A antropização de castanhais e/ou áreas vizinhas por períodos prolongados provavelmente explicam a estrutura diamétrica dominada por árvores jovens na Amazônia (SCOLES; GRIBEL, 2011). Isso mostra que se têm uma regeneração natural mais frequente e com árvores em estágio inicial e médio de sucessão. Além disso, o período de antropização e a abundância de árvores adultas são as variáveis que melhor se correlacionam com a abundância de castanha-do-brasil juvenis (SCOLES; GRIBEL, 2011).

A segunda forma é comumente encontrada na Amazônia e semelhante a registrada nos castanhais A, B e C. É característica de populações em estágio clímax de sucessão, situadas em regiões com pouco ou nenhum registro de intervenção antrópica (SCOLES; GRIBEL, 2011; TONINI; BALDONI, 2019). Isso limita a disponibilidade de luz, pois os dosséis dessas florestas são mais fechados, tornando o recrutamento descontínuo e associado a ocorrência de eventos regulares para a promoção da regeneração natural (TONINI; BALDONI, 2019). A regeneração natural é presente, mas não tão frequente quanto à estrutura diamétrica exponencial. A forma de sino é a estrutura diamétrica natural da castanha-do-brasil na Amazônia. A baixa frequência de árvores nas primeiras classes diamétricas (i.e., 30-40 cm, 40-50 cm e 50-60 cm) é provavelmente ocasionada pelo rápido crescimento dessas árvores, fazendo que o tempo de passagem para classes subsequentes seja menor. Essa hipótese é corroborada por Myers et al. (2000), que concluíram que a redução nas taxas de crescimento diamétricos em castanha-do-brasil com diâmetros maiores

que 50 cm ocasiona o incremento gradual na abundância de árvores adultas e baixa abundância de indivíduos jovens. Schöngart et al. (2015), no oeste do estado do Pará, observaram incrementos diamétricos maiores em árvores com DAPs próximos a 40,5 cm, com valores decrescentes a partir desse DAP.

As classes diamétricas que perdem árvores para as classes subsequentes provavelmente têm a reposição baixa. Embora não se tenha avaliado plântulas, varas e árvores com DAP < 30 cm, acredita-se que isso ocorre devido as altas taxas de mortalidade (65%; Zuidema e Boot (2002) entre fases de muda e vara ocasionadas pelas condições climáticas ou predação do endosperma por mamíferos terrestres (ZUIDEMA; BOOT, 2002; SCOLES; GRIBEL, 2011;). Acredita-se ainda que existe uma alta abundância de plântulas nos castanhais A, B e C. Porém, devido as condições citadas ocorre uma diminuição contínua quando se tornam varas e, posteriormente, árvores com DAP ≥ 10 cm. Esse comportamento tornar-se-ia crescente a partir de árvores com DAP ≥ 20 cm. Assim, se avaliássemos todo o ciclo de vida da espécie teríamos uma distribuição bimodal, com modas no início e meia idade da distribuição diamétrica. Isso é mostrado por Tonini e Baldoni (2019), em três castanhais nativos de Roraima e Mato Grosso, e em Scoles; Gribel (2011) e Neves et al. (2016), considerando árvores com DAP ≥ 10 cm.

A concentração de árvores nas classes diamétricas de 50 cm \leq DAP < 150 cm sugere alto potencial para manejo florestal de castanha-do-brasil, pois são nelas que estão as árvores com maior potencial produtivo (NEVES et al., 2016; WADT et al., 2005). Normalmente, árvores com DAP < 50 cm são imaturas e com poucos indivíduos iniciando a fase produtiva, enquanto aquelas entre 50 cm \leq DAP < 100 cm estão em processo de consolidação da produção (WADT et al., 2005). Ademais, dificilmente haverá árvores com DAP ≥ 100 cm que não sejam adultas e estejam em período reprodutivo (NEVES et al., 2016). Em termos de abundância, a ocorrência de castanha-do-brasil em grandes áreas e com abundâncias moderadas facilita a coleta para fins comerciais e a polinização. Aumentando a polinização tem-se uma maior produção de frutos. Altas abundâncias em determinadas áreas pode ser uma vantagem competitiva em termos de produção de frutos por hectare e menor custo de colheita para o extrativista, mas a produção por árvore pode diminuir pela competição intraespecífica (NEVES et al., 2016).

A castanha-do-brasil apresentou padrão espacial agregado. Esse foi o mesmo padrão encontrado por Sousa et al. (2014), Rockwell et al. (2017) e Vieira et al. (2017) em outras regiões na Amazônia. Entretanto, padrões espaciais aleatórios foram registrados em castanhais nos estados Acre (WADT et al., 2005) e Roraima (TONINI et al., 2008). A agregação da castanha-do-brasil é ocasionada por suas síndromes de dispersão barocórica e zoocórica, pois as sementes ficam próximas às árvores mães. Maiores distâncias podem ser alcançadas, por meio de agentes dispersores como a cutia, mas sempre serão menores que os aglomerados observados nos castanhais da Flona Tapajós (PERES; BAIDER, 1997). Logo, espera-se que castanhais nativos da Amazônia tenham suas árvores distribuídas de forma agregada. Mas, isso não é regra. A depender da estrutura de dossel da floresta, heterogeneidade do habitat e grau de antropização o padrão espacial pode tornar-se aleatório ou

regular (PERES et al., 2003; TONINI et al., 2008; SOUSA et al., 2014).

Florestas com dosséis abertos, antrópica ou naturalmente, fornecem condições favoráveis mais consistentes e homogêneas para regeneração natural da castanha-do-brasil, resultando em padrões espaciais aleatórios e estabelecimento de mudas mais constante ao longo do tempo. Em contrapartida, aquelas com dosséis fechados e contínuos dificultam o estabelecimento de plântulas, pois haverá pouca incidência de luz (WADT et al., 2005). O estabelecimento de plântulas seria dependente da ocorrência de clareiras ou outros eventos, que promoveriam maior luminosidade e um *boom* na germinação local. Embora a mortalidade dependente da densidade ocorra, espera-se que muitas plântulas alcancem a fase adulta, caracterizando distribuições mais agregadas espacial e temporalmente. Ademais, tem-se a heterogeneidade do habitat, pois áreas com condições edáficas propícias mais homogêneas permitem que o estabelecimento de plântulas seja mais regular ou aleatório. A heterogeneidade edáfica promoveria distribuições agregadas.

À poucos quilômetros do castanhal A, ainda na Flona Tapajós, foram registradas áreas com maiores valores de silte e argila e menores valores de macro porosidade, pH, fosforo, zinco e cobre apresentam maiores adensamentos de castanha-do-brasil (GUERREIRO et al., 2017). Isso mostra que essa espécie se desenvolve melhor em solos argilosos, enquanto solos arenosos são pouco adequados para seu desenvolvimento. Logo, a agregação pode ser resultado conjuntos das síndromes de dispersão e fatores edafoclimáticos. Além disso, outros pesquisadores acreditam que a agregação da castanheira teria influência antropogênica, pois populações ameríndias enriqueciam seus roçados com castanheiras e conduziam a regeneração natural da espécie (PERES et al., 2003; SOUSA et al., 2014). Assim, nesses roçados o número de árvores seria maior que o esperado para padrões espaciais aleatórios. A agregação das árvores facilitaria a polinização, localização, coleta, transporte dos frutos para comercialização das castanhas, pois essas atividades seriam concentradas nos aglomerados. A aleatoriedade, por outro lado, tornaria essas atividades dispersas, dificultando a logística e maximizando os custos operacionais.

Os castanhais possuem potencial para comercialização de castanha-do-brasil nos municípios próximos à Flona Tapajós, pois geram receitas líquidas significativas com margens de lucro altas e positivas. A considerar todos os castanhais é possível obter receitas líquidas anuais de R\$ 72.829,2, R\$ 69.995,6 e R\$ 66.878,6, se as castanhas forem vendidas para Santarém, Óbidos e Oriximiná, respectivamente (Tabela 2). Essa previsão de lucro é um incentivo aos investimentos em pesquisas e tecnologias e às populações tradicionais, as quais terão uma complementação na renda mensal. Mas, para que esses valores sejam alcançados é importante que os extrativistas se organizem em cooperativas ou associações, pois elas facilitam o ciclo de produção e mitigam o papel do atravessador na comercialização, garantindo maiores retornos e escoamento da produção para o extrativista (SILVA et al., 2013). Além disso, cooperativas funcionam como centrais de armazenamento, beneficiamento e comercialização, permitindo a promoção de preços mais atraentes também para o consumidor.

O armazenamento pela cooperativa permite ainda maiores lucros, por meio da comercialização de parte da

produção na entressafra. Nesse período, os valores são mais atrativos (SILVA et al., 2013). Mas, não existem motivos que impeçam a comercialização individualmente, porém o atravessador é mais ativo e os lucros menores. Em Oriximiná e Óbidos, estado do Pará, extrativistas não cooperados vendiam a castanha *in natura* por R\$ 1,10 kg⁻¹ enquanto empresas beneficiadoras pagavam R\$ 2,50 kg⁻¹ (KRAG; SANTANA, 2017). O atravessador comercializava a mesma castanha com essas empresas por R\$ 1,75 kg⁻¹, tendo um ganho de R\$ 0,65 kg⁻¹ (KRAG; SANTANA, 2017). Todavia, ao passo que a atuação de atravessadores representa a perda de oportunidades de comercialização direta e barganha de preço pelos extrativistas, em alguns casos surge como única alternativa para determinados extrativistas que não tem como arcar com os custos de transporte para o beneficiamento, sem a possibilidade de autonomia nas transações comerciais (KRAG; SANTANA, 2017). Nesse caso, se o valor de venda da castanha *in natura* for menor que o preço mínimo determinado pela Companhia Nacional de Abastecimento (R\$ 1,23 kg⁻¹), ela complementa a receita do extrativista por meio de subvenção econômica. Isso diminui a perda de lucro do extrativista.

A comercialização por meio de cooperativas permitiria ainda a colheita de múltiplos de produtos não madeireiros (SILVA et al., 2013), como o óleo de andiroba e copaíba. Isso resolveria a perda de lucro anual com oscilações significativas na produção anual de castanha entre anos - devido sua autoecologia. As receitas e margens de lucro estimadas sugerem que a melhor opção de comercialização de castanha *in natura* oriunda da Flona Tapajós é o município de Santarém. Esse município é o mais próximo geograficamente dos castanhais, assim mesmo que os custos de transporte não tenham sido considerados ele continuará sendo a melhor opção. Mas, se o mercado de Santarém não absorver toda a produção ao preço de R\$ 6,42 kg⁻¹, parte da produção pode ser comercializada para Óbidos e Oriximiná que mostraram margens de lucro maiores que 368% e preços de R\$ 6,22 kg⁻¹ e R\$ 6,00 kg⁻¹, respectivamente. Ainda que a distância em relação aos castanhais seja maior nesses municípios, os lucros provavelmente continuariam altos e positivos.

5. CONCLUSÕES

O número de árvores de castanha-do-brasil foi considerado médio. A estrutura diamétrica apresenta tendência normal, com maior número de árvores nas classes intermediárias e redução acentuada para as menores e maiores classes de diâmetro. O padrão espacial da castanha-do-brasil é completamente agregado, com aglomerados de árvores claramente definidos.

A disponibilidade de luz, dependente da estrutura do dossel, fitofisionomia e do grau de antropização, é o que provavelmente elucida as características estruturais dos castanhais nativos da Flona do Tapajós. Assim, rejeita-se a hipótese nula de alto número de árvores, distribuições diamétrica em J-invertido e padrões espaciais aleatórios.

Os castanhais possuem potencial para manejo florestal de castanha *in natura*. As maiores receitas líquidas e margens de lucro foram obtidas quando a simulação de venda foi realizada para Santarém. Além disso, sugere-se que a comercialização seja feita, preferencialmente, por meio de cooperativas. Isso porque minimizam o impacto do atravessador no preço e lucros, além de facilitar o transporte e armazenamento da castanha *in natura*.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. d. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANDRADE, V. L. C.; FLORES, B. M.; LEVIS, C.; CLEMENT, C. R.; ROBERTS, P.; SCHÖNGART, J. Growth rings of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) as a living record of historical human disturbance in Central Amazonia. **PLoS One**, v. 14, n. 4, e0214128, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214128>
- CIARNOSCHI, L. D.; ORSO, G. A.; CERQUEIRA, C. L.; PELISSARI, A. L.; PÉLLICO-NETTO, S.; OLIVEIRA, M. V. N. Modelagem da distribuição diamétrica de três espécies da região amazônica. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 3, p. 731-736, 2019. <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v6i3.7655>
- CONAB_Compania Nacional de Abastecimento. **Planilhas de custos de produção: sociobiodiversidade**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/845-castanha-do-brasil>. Acesso em: 16 jun 2022.
- CONAB_Compania Nacional de Abastecimento. **Portal de informações agropecuárias: castanha-do-brasil**. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/precos-agropecuarios.htm>. Acesso em: 16 jun 2022.
- GUERREIRO, Q. L. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; SANTOS, G. R.; RUIVO, M. L. P.; BELDINI, T. P.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, K. E.; GUEDES, M. C.; SANTOS, P. R. B. Spatial variability of soil physical and chemical aspects in a Brazil nut tree stand in the Brazilian Amazon. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 4, p. 237-250, 2017. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11766>
- KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest Ecology and Management**, v. 250, n. 3, p. 244-255, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.05.024>
- KRAG, M. N.; SANTANA, A. C. A cadeia produtiva da castanha-do-brasil na região da Calha Norte, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 12, n. 3, p. 363-386, 2017. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v12i3.377>
- MYERS, G. P.; NEWTON, A. C.; MELGAREJO, O. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. **Forest Ecology and Management**, v. 127, n. 1-3, p. 119-128, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00124-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00124-3)
- NEVES, E. S.; WADT, L. H. O.; GUEDES, M. C. Estrutura populacional e potencial para o manejo de *Bertholletia excelsa* (Bonpl.) em castanhas nativas do Acre e Amapá. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 19-31, 2016. <https://dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n109.02>
- PERES, C. A.; BAIDER, C. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, n. 4, p. 595-616, 1997. <https://doi.org/10.1017/S0266467400010749>
- PERES, C. A.; BAIDER, C.; ZUIDEMA, P. A.; WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; GOMES-SILVA, D. A. P.; SALOMÃO, R. P.; SIMÕES, L. L.; FRANCIOSI, E. R. N.; VALVERDE, F. C. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. **Science**, v. 302, n. 5653, p. 2112-2114, 2003. <https://doi.org/10.1126/science.1091698>
- PINHEIRO, J. C.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. A.; RIBEIRO, R. B. S.; CRUZ, G. S. Fitossociologia e expectativa de renda com produtos florestais madeiros e não madeiros em assentamento no Pará. **Nativa**, v. 7, n. 1, p. 101-108, 2019. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i1.6551>
- RIPLEY, B. D. Modelling spatial patterns. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v. 39, n. 2, p. 172-192, 1977. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1977.tb01615.x>
- ROCKWELL, C. A.; GUARIGUATA, M. R.; MENTON, M.; QUISPE, E. A.; QUAEDVLIEG, J.; WARRENTHOMAS, E.; SILVA, H. F.; ROJAS, E. E. J.; ARRUNÁTEGUI, J. A. H. K.; VEGA, L. A. M. Spatial distribution of *Bertholletia excelsa* in selectively logged forests of the Peruvian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 33, n. 2, p. 114-127, 2017. <https://doi.org/10.1017/S0266467416000614>
- SALOMÃO, R. d. P. Densidade, estrutura e distribuição espacial de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 4, n. 1, p. 11-25, 2009.
- SANTOS JÚNIOR, N. R. F.; ROSA, D. M.; OCHA, J. D. S.; SCCÓTI, M. S. V.; BIAZATTI, S. C.; ROCHA, K. J. Ecological and environmental indicators of Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) in Flona do Jamari, Rondônia. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 740-751, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0056>
- SANTOS, L. S.; MARTORANO, L. G.; GUTIERREZ, C. B. B.; PONTES, A. N.; SILVA, O. M.; GUTIERREZ, D. M. G. Aspecto fisiográficos da Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno - oeste do Pará, Brasil. **Revista Espacios**, v. 38, n. 2, p. 26, 2017.
- SCHÖNGART, J.; GRIBEL, R.; FONSECA-JUNIOR, S. F.; HAUGAASEN, T. Age and growth patterns of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) in Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 47, n. 5, p. 550-558, 2015. <https://doi.org/10.1111/btp.12243>
- SCOLES, R.; GRIBEL, R. Population structure of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) stands in two areas with different occupation histories in the Brazilian Amazon. **Human Ecology**, v. 39, n. 4, p. 455-464, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10745-011-9412-0>
- SILVA, A. A.; SANTOS, M. K. V.; GAMA, J. R. V.; NOCE, R.; LEÃO, S. Potencial do extrativismo da castanha-do-pará na geração de renda em comunidades da mesorregião baixo Amazonas, Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 500-509, 2013. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2013.046>
- SILVA, M. K. V. S.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. d. A.; RIBEIRO, R. B. S.; MELO, L. O.; ANDRADE, D. F. C.; SILVA, A. A.; SILVA CRUZ, G. Capacidade produtiva em floresta de planalto no baixo Tapajós, Amazônia Oriental. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 130, e3460, 2021. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.02>

- SOUSA, D. G.; ALMEIDA, S. S.; AMARAL, D. D. Estrutura de uma população manejada de castanheira (*Bertholletia excelsa*) na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 353-370, 2014. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v9i2.530>
- TONINI, H.; BALDONI, A. B. Estrutura e regeneração de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em castanhais nativos da Amazônia. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 607-621, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509822112>
- TONINI, H.; BALDONI, A. B.; BOTELHO, S. Diameter structure and its relationship with fruit and seed production in a native Brazil nut grove in Mato Grosso. **Floresta**, v. 50, n. 2, p. 1399-1410, 2020. <http://doi.org/10.5380/rf.v50i2.64199>
- TONINI, H.; COSTA, P.; KAMINSKI, P. E. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* O. Berg) em Roraima. **Floresta**, v. 38, n. 3, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v38i3.12410>
- TONINI, H.; PEDROZO, C. Â. Variações anuais na produção de frutos e sementes de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) em florestas nativas de Roraima. **Revista Árvore**, v. 38, p. 133-144, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000100013>
- VIEIRA, D. S.; OLIVEIRA, M. L. R.; GAMA, J. R. V.; MACHADO, E. L. M.; GORGENS, E. B. Patrón espacial y métodos de muestreo para *Bertholletia excelsa* (castaña de Pará) en la Mesorregión del Bajo Amazonas, estado de Pará, Brasil. **Bosque**, v. 38, n. 1, p. 97-107, 2017. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002017000100011>
- WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; GOMES-SILVA, D. A. P. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 211, n. 3, p. 371-384, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.02.061>
- ZUIDEMA, P. A.; BOOT, R. G. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, n. 1, p. 1-31, 2002. <https://doi.org/10.1017/S0266467402002018>