



## Caracterização morfométrica de árvores solitárias de *Bertholletia excelsa* H.B.K. no sudeste de Roraima

### *Morphometric characterisation of solitary trees of *Bertholletia excelsa* H.B.K. In the southeast Roraima*

Luiz Fernandes Silva Dionisio<sup>1\*</sup>, Tiago Monteiro Condé<sup>2</sup>, Jefferson Peixoto Gomes<sup>3</sup>, Walmer Bruno Rocha Martins<sup>4</sup>, Marcos Wanderley da Silva<sup>5</sup>, Manoela Torres da Silva<sup>6</sup>

**Resumo:** Para manejar espécies florestais nativas, é necessário conhecer tanto as características quanto a dinâmica das árvores ao longo do tempo, bem como suas relações morfométricas a fim de aperfeiçoar as técnicas silviculturais. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as características morfométricas de árvores solitárias de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), nos municípios de São João da Baliza e Caroebe, RR. O inventário avaliou 49 indivíduos com diâmetro a altura do peito (dap)  $\geq 10$  cm. Foram avaliadas as seguintes variáveis morfométricas: diâmetro à altura do peito, tomado a 1,30 m a partir do nível do solo; altura total (ht), altura comercial do fuste (hc), diâmetro de copa (dc), comprimento de copa (cc), proporção de copa (pc), área de copa (ac), grau de esbeltez (ge), índice de saliência (is), índice de abrangência (ia) e formal de copa (fc). Para o estudo das relações interdimensionais, as variáveis morfométricas foram relacionadas com o dap, mediante análise de regressão. Foi observado que 32,9% dos indivíduos apresentaram ht média de 16,05 m e dap de 49,75 cm; com ac, cc e pc de 12,61 m<sup>2</sup>, 8,18 m e 51,29 m, respectivamente. Os resultados mostraram relações estatísticas significativas entre o dap e as variáveis ht, cc, pc, is, fc e ac. O comprimento, a proporção de copa e o diâmetro de copa apresentaram grande faixa de variação. O formal de copa revelou que as castanheira-do-brasil apresentam copas mais alongadas. É possível ajustar modelos matemáticos significativos em função do dap. São necessárias medidas mais eficientes para garantir a proteção integral desses indivíduos isolados.

**Palavras-chave:** Árvores isoladas. Amazônia. Castanheira-do-brasil. Inventário. Pastagens.

**Abstract:** In order to manage native forest species, it is necessary to know both the characteristics and dynamics of the trees over time, as well as their morphometric relationship to improve silvicultural techniques. The aim of this study was to evaluate the morphometric characteristics of solitary Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), in the towns of São João da Baliza and Caroebe, in the State of Roraima. The inventory evaluated 49 individuals with a diameter at breast height (DAP)  $\geq 10$  cm. The following morphometric variables were evaluated: diameter at breast height, measured 1.30 m from ground level; total height (HT), commercial trunk height (HC); crown diameter (DC), crown length (CC), crown ratio (PC), crown area (AC), degree of slenderness (GE), salience index (s), crown cover index (ia) and crown shape index (fc). To study interdimensional relationships, the morphometric variables were related to the DAP using regression analysis. It was found that 32.9% of individuals presented a mean value for ht of 16.05 m and a DAP of 49.75 cm, with values for ac, cc and pc of 12.61 m<sup>2</sup>, 8.18 m and 51.29 m respectively. The results showed a statistically significant relationship between DAP and HT, CC, PC, IS, FC and AC. The length, crown ratio and crown diameter showed a wide range of variation. The crown shape revealed that Brazil nut trees have crowns that are more elongated. It is possible to fit the significant mathematical models as a function of DAP. More-efficient measures are needed to ensure the full protection of these isolated individuals.

**Key words:** Isolated trees. Amazon. Brazil nut. Inventory. Pasture.

\*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 07/09/2016 e aprovado em 29/03/2017

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em ciências florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 Bairro: Terra Firme Cep: 66.077-830-Belém-PA, fernandesluiz03@gmail.com

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>4</sup>Programa de Pós-graduação em ciências florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA

<sup>5</sup>Professor, Universidade Estadual de Roraima/UEER, mwanderflorestal@hotmail.com

<sup>6</sup>Graduanda do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA, manoelaatorress@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Na região Sul do estado de Roraima, onde predomina a agricultura familiar de subsistência, as florestas estão sendo convertidas em pastagens. Nessa região, o modelo de exploração praticado é caracterizado pela agricultura de corte e queima, na qual, inicialmente, retira-se toda cobertura florestal (corte raso), planta-se culturas anuais e perenes, que, posteriormente, são substituídas por pastagens, desencadeando um processo de degradação dessas áreas.

Nessa região, é comum a presença de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em áreas de pastagens ao longo das rodovias e “vicinais”. Segundo depoimentos de moradores das comunidades rurais existentes, extensas áreas florestais foram substituídas por campos de pastagem para a criação de gado. Nesses locais desflorestados, as castanheiras-do-brasil não foram cortadas por estarem protegidas pela legislação federal (BRASIL, 1994, 2006), sobrevivendo no meio da paisagem desflorestada.

A castanheira-do-brasil é uma espécie que apresenta potencial para reflorestamentos (SALOMÃO *et al.*, 2006) com fins madeiros (TONINI e ARCO-VERDE, 2005), sendo considerada uma espécie-chave para conservação e desenvolvimento da região amazônica, principalmente pela comercialização das amêndoas por comunidades extrativistas (COSTA *et al.*, 2009; IVANOV, 2011). Apresenta distribuição agregada em florestas naturais, reprodução dependente de polinizadores (abelhas robustas) (MORI; PRANCE, 1990; MAUES, 2002) e dispersão das sementes realizada por cutias (*Dasyprocta* spp., Rodentia) (TUCK HAUGAASEN *et al.*, 2012; SCOLES; GRIBEL, 2011). É uma árvore climácica (dependente de luz) (SALOMÃO, 1991; FERNANDES; ALENCAR, 1993), germinação tardia em condições naturais, o tempo de dormência de sementes ultrapassa o período de um ano (MÜLLER *et al.*, 1980) e apresenta baixa taxa de sobrevivência no sub-bosque florestal no primeiro ano de vida, devido à predação das suas sementes por animais silvestres (SCOLES *et al.*, 2014).

É necessário o conhecimento silvicultural dessa espécie para que seja utilizada como alternativa em plantios com fins de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, bem como em sistemas consorciados. Alguns trabalhos já foram desenvolvidos relacionando variáveis morfométricas com DAP para diversas espécies (DURLO; DENARDI, 1998; DURLO, 2001; DURLO *et al.*, 2004; CUNHA; FINGER, 2013). Porém, para castanheira-do-brasil essas informações são escassas. A falta de conhecimento dos aspectos morfométricos de espécies florestais e o uso de uma espécie em local inadequado resultam em baixa adaptação e impossibilita seu uso em programas de reflorestamentos (TONINI; ARCO-VERDE, 2004).

Durlo (2001), por meio de uma série diamétrica, estudou as formas, dimensões e relações morfométricas de *Cabralea*

*canjerana* (Well.) Mart., a partir de árvores isoladas, com o objetivo de compreender o comportamento dessa espécie em áreas abertas. Estudos também foram realizados por Tonini e Arco-Verde (2005), adotando as características morfométricas da copa para avaliar o espaço vital de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

Na região Norte do Brasil, a castanheira-do-brasil é uma das espécies nativas mais promissoras para o plantio. A espécie apresenta combinação de aspectos favoráveis, como rápido crescimento, madeira de excelente qualidade, frutificação abundante e sólida demanda de mercado (TONINI *et al.*, 2008).

O conhecimento dos aspectos morfométricos de castanheira-do-brasil em áreas de pastagem servirá como subsídios para futuras recomendações de manejo em programas de reflorestamento com essa espécie. Assim, objetivou-se avaliar as características morfométricas de árvores solitárias de castanheira-do-brasil e suas relações com o DAP em áreas de pastagem nos municípios de Caroebe e São João da Baliza, no Sudeste de Roraima.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Sudeste de Roraima em áreas de pastagens ao longo da BR - 210, nos Municípios de Caroebe (coordenadas 0° 45' 20" N; 59° 31' 13" W) e de São João da Baliza (coordenadas 00°46'19" N e 59°42'33" W) (Figura 1).

A vegetação predominante é classificada como Floresta Ombrófila Densa Submontana; e o solo é caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo (PVA) (IBGE, 2012). Segundo a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo Am (tropical chuvoso com pequeno período de seca) com precipitação média anual entre 1700 - 2000 mm. O período chuvoso ocorre com maior frequência de abril a agosto, com totais mensais superiores a 100 mm. A partir de setembro ocorre sensível redução, com um período caracteristicamente seco ocorrendo mais frequentemente de novembro a março. A temperatura média anual é de 27 °C (FEMARH, 2012).

A coleta de dados foi realizada no período de setembro a dezembro de 2013 em 10 áreas de pastagens com ocorrência natural de castanheira-do-brasil. Cada área tinha em média 30 hectares. Como critério para coleta de dados, escolheu-se as áreas com tempo de desflorestamento igual ou superior a 20 anos. Foram inventariados todos os indivíduos de castanheira-do-brasil com dap  $\geq$  10 cm, com copas bem formadas e livres de concorrência, fuste retilíneo e com boa vitalidade, totalizando 49 indivíduos. Uma das práticas mais utilizadas pelos proprietários dessas áreas é o uso do fogo para limpeza da pastagem.

Foram avaliadas as seguintes variáveis morfométricas: diâmetro à altura do peito (dap), tomado a 1,30 m da

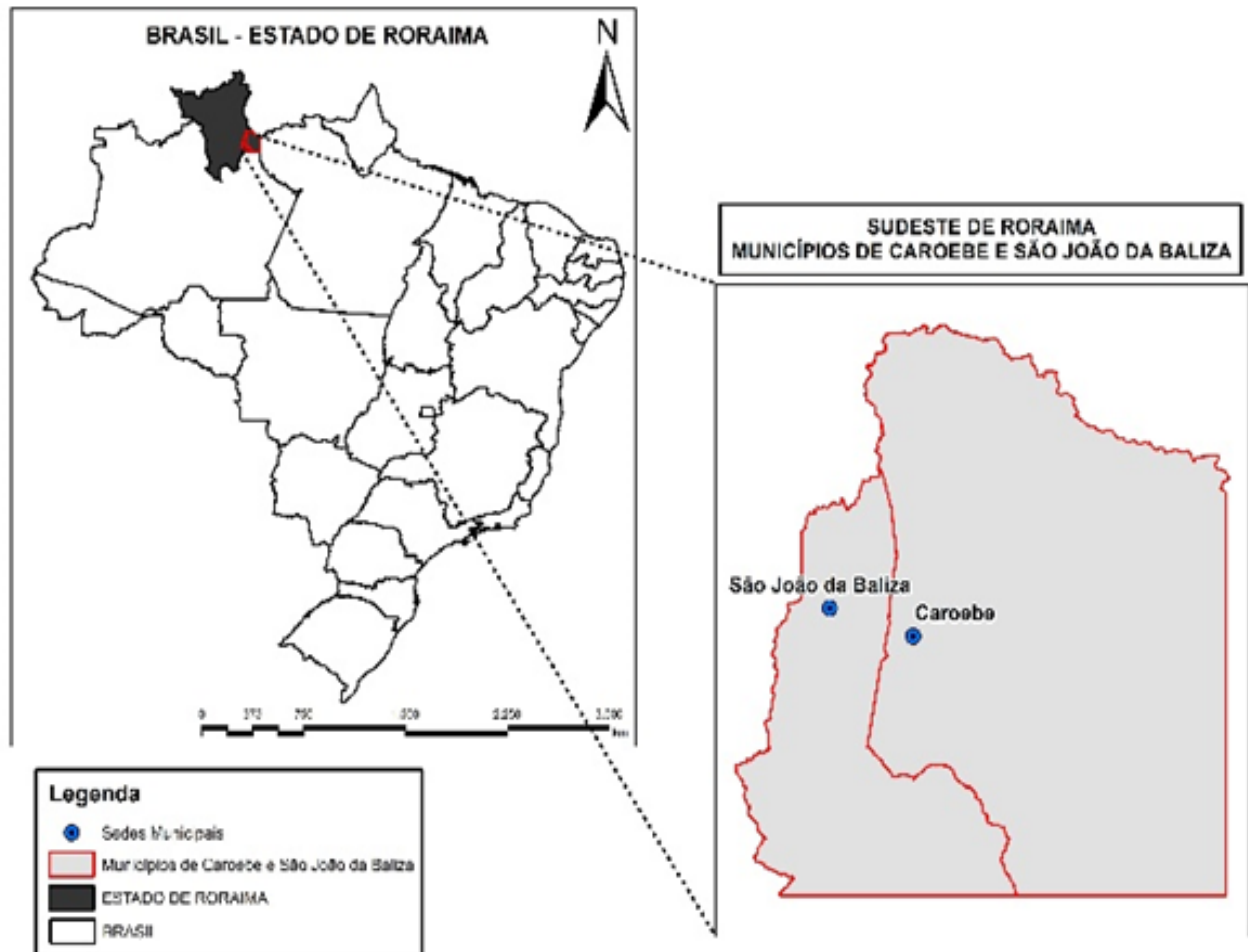


Figura 1 - Localização das áreas de estudo nos municípios de Caroebe e São João da Baliza, Sudeste Roraima. Fonte: (DIONISIO, 2017).

Figure 1 - Location of the study areas in the towns of Caroebe and São João of Baliza, in the southeast of Roraima. Source: (DIONISIO, 2017).

superfície do solo; altura total (ht) mensurada em metros, com hipsômetro Vertex IV; altura comercial do fuste (hf); comprimento de copa (cc = ht-hf); ) proporção de copa (pc=cc/ht\*100); área de projeção da copa (apc =  $dc^2 \cdot \pi / 4$ ); ) grau de esbeltez (ge=ht/dap); índice de saliência (is=dc/dap); índice de abrangência (ia=dc/h); ) formal de copa (fc=dc/cc) e diâmetro de copa (dc) (Figura 2). A determinação do diâmetro de copa foi realizada medindo-se oito raios de projeção de copa com auxílio de uma trena digital, tomando como ponto de referência o centro do tronco das árvores, distanciando-se até o limite da copa em direções fixas, formados por ângulos de 45°, sendo que

o primeiro foi tomado no lado de maior largura da copa (Figura 3).

Os modelos adotados para as relações interdimensionais foram obtidos por análise de regressão, com a utilização do procedimento estatístico 'Stepwise', em que a variável independente (dap) foi selecionada para um nível de 95% de probabilidade. Para verificar a eficiência das equações, os modelos matemáticos foram selecionados pela observação dos resíduos, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro padrão da média ( $S_{yx}$ ) e nível de significância de F. Os dados foram analisados por meio do Software estatístico SPSS 15.0 for Windows (Statistical Package for the Social Sciences, 2010).

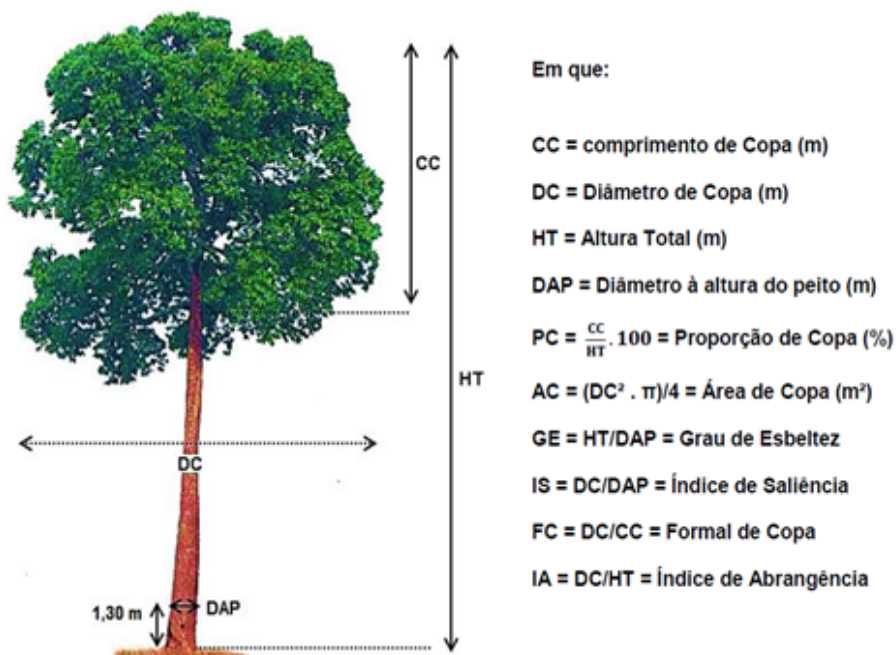


Figura 2 - Modelo de uma árvore e suas relações morfométricas.

Fonte: (DIONISIO, 2017).

*Figure 2 - Model of a tree with morphometric relationships.*

Source: (DIONISIO, 2017).

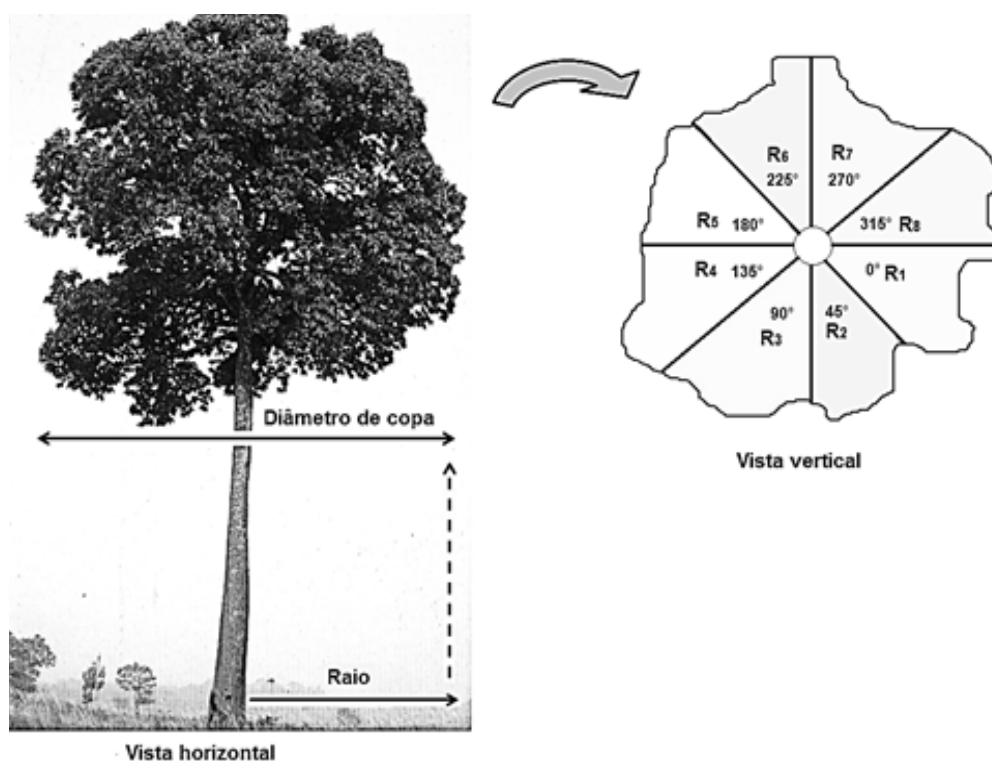


Figura 3 - Metodologia para obtenção do diâmetro de copa de *Bertholletia excelsa*.

Fonte: (DIONISIO, 2017).

*Figure 3 - Method for obtaining crown diameter in *Bertholletia excelsa*.*

Source: (DIONISIO, 2017).



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi identificado um total de 49 indivíduos de castanheira-do-brasil com dap  $\geq 10$  cm. Observa-se pela distribuição diamétrica das castanheira-do-brasil em áreas de pastagens que apenas 6% dos indivíduos ocorrem na primeira classe de diâmetro (10-20 cm) (Figura 4).

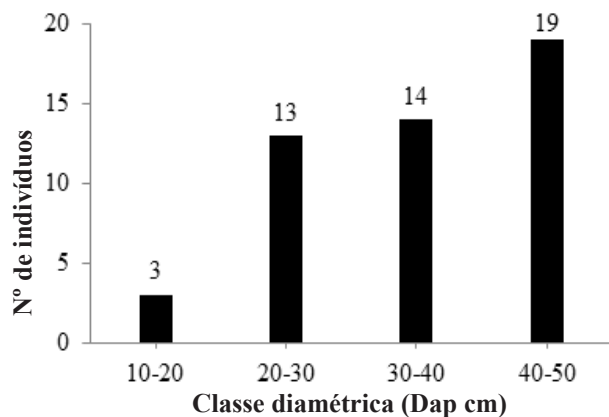


Figura 4 - Distribuição do número de indivíduos por classe de diâmetro.

Figure 4 - Distribution of number of individuals per diameter class.

Isso revela uma tendência preocupante, pois a falta de regeneração de castanheira-do-brasil nessas áreas leva ao decréscimo da população ao longo do tempo e a provável extinção dessa espécie nessas áreas, visto que a castanheira-do-brasil tem distribuição agregada em florestas naturais, reprodução dependente de polinizadores (abelhas robustas) e dispersão das sementes realizada por cutias (*Dasyprocta* spp., Rodentia). Em áreas abertas (pastagens), essas condições para manutenção da espécie são desfavoráveis, visto que a presença de polinizadores e dispersores é limitada. Esses resultados contradizem outros estudos em ambientes florestais manejados ou transformados pela ação antrópica, onde foram registradas altas taxas de regeneração de castanheira-do-brasil (COTTA *et al.*, 2008; PAIVA *et al.*, 2011; SCOLES; GRIBEL, 2011, 2012). Cabe ressaltar que as áreas estudadas apresentam mais de 20 anos de ação antrópica, ou seja, essas áreas passam por transformações anuais pelos produtores. Esses fatores influenciam negativamente na regeneração de castanheira-do-brasil.

A distribuição diamétrica demonstra que a maioria dos indivíduos estão nas classes de diâmetro (dap  $\geq 40$  cm) (Figura 4), porém não foram encontrados indivíduos com dap superior a 50 cm. Esse resultado relaciona-se com combinação de dois fatores principais: falta de regeneração natural e mortalidade natural ou antrópica de castanheira-do-brasil adultas. Sabe-se que a castanheira-do-brasil pode atingir até 60 m de altura

e dap de até 3 m, porém, há registro de indivíduos com até 5,25 m de dap (SALOMÃO, 1991). De acordo com Phillips *et al.* (2009; 2010), outros fatores que contribuem para as altas taxas de mortalidade de castanheira-do-brasil em áreas de pastagens são: estresse ambiental causado pelas condições climáticas mais extremas, resultantes do desmatamento e fogo repetido; condições edafológicas adversas pelo aumento da compactação do solo e perda de nutrientes (MÜLLER *et al.*, 2004; MARTÍNEZ; ZINCK, 2004) e falta de dossel florestal no entorno das castanheiras-do-brasil, o que torna os indivíduos mais susceptíveis ao tombamento pela ação do vento e das tempestades (SCOLES *et al.*, 2016).

As castanheiras-do-brasil apresentaram altura comercial do fuste média de 7,87 m, com variação de 3,42 a 18,49 m. Essa variação em altura reflete no alto coeficiente de variação observado na tabela 1 e indica que os indivíduos amostrados são relativamente jovens (Tabela 1).

A castanheira apresentou excelentes características de crescimento em altura em áreas de pastagens abandonadas, independentemente do nível de degradação do solo. Esse desempenho confirma a tolerância da castanheira para solos compactados de baixa fertilidade, sendo importante componente agroflorestal para as áreas degradadas na Amazônia. Condé *et al.* (2013), avaliando a morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais com 16,5 anos de idade no município de Porto Velho, RO, encontraram média de 12,9 m e máximo de 20,8 m para altura comercial do fuste de castanheira-do-brasil.

O comprimento de copa apresentou grande variação, com média de 8,18 m, e uma proporção em relação à altura total correspondente a 52,25%, e uma variação entre 21,34 e 70,30% (Tabela 1). Condé *et al.* (2013), avaliando a morfometria de castanheira-do-brasil, encontraram a média de 6,91 m para esta variável.

O diâmetro de copa também variou numa ampla faixa de variação (1,82 a 6,21 m), apresentando média de 3,89 m. Tonini e Arco-Verde (2005), estudando a morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia, no município de Cantá, RR, encontraram o diâmetro de copa médio de 6,6 m para castanheira-do-brasil aos sete anos de idade em plantios homogêneos. Já Condé *et al.* (2013) encontraram o diâmetro de copa médio de 10,65 m em castanheiras-do-brasil com dezesseis anos de idade.

Para a população em estudo, o espaço médio de área de copa ocupado pelos indivíduos foi de aproximadamente 12,61 m<sup>2</sup>, com variação entre 2,60 e 30,24 m<sup>2</sup>, dada a grande amplitude dimensional das árvores (Tabela 1). Tonini e Arco-Verde (2005) encontraram a média de 35,6 m para castanheira-do-brasil em Roraima aos 7 anos de idade. Em estudo recente, Condé *et al.* (2013) encontraram para essa espécie aos dezesseis anos e meio uma área de copa média de 92,6 m.

Nessa população, a proporção de copa variou de 26,08 a 70,30%. Em média as castanheira-do-brasil apresentam

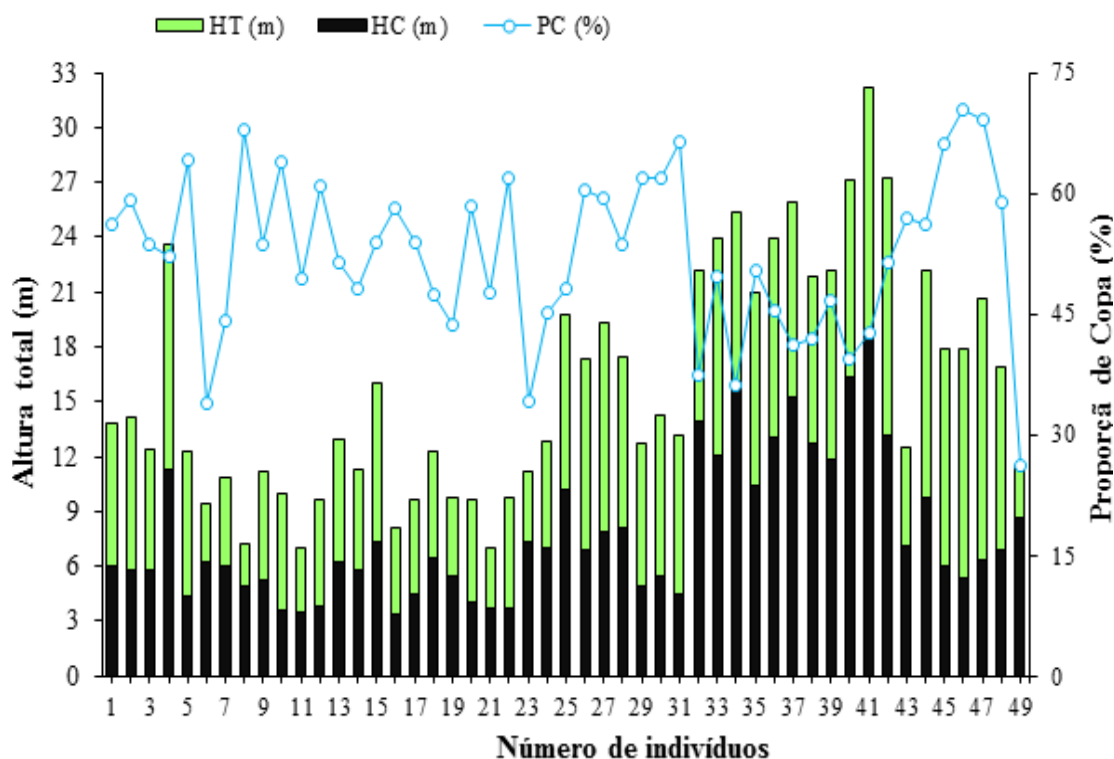
**Tabela 1** - Valores mínimos, médios e máximos da morfometria de árvores da espécie castanheira-do-brasil no sudeste de Roraima

**Table 1** - Minimum, mean and maximum values for morphometry in trees of the Brazil nut in the southeast of Roraima

| Variáveis                             | Castanheira-do-brasil (n=49) |       |        |       |
|---------------------------------------|------------------------------|-------|--------|-------|
|                                       | Mínimo                       | Média | Máximo | CV%   |
| Diâmetro à altura do peito [dap] (cm) | 13,31                        | 34,82 | 49,75  | 28,58 |
| Altura total [ht] (m)                 | 7,00                         | 15,88 | 32,19  | 39,20 |
| Altura Comercial do fuste [hf] (m)    | 3,42                         | 7,87  | 18,49  | 49,15 |
| Diâmetro de copa [dc] (m)             | 1,82                         | 3,89  | 6,21   | 24,61 |
| Área de copa [ac] (m <sup>2</sup> )   | 2,60                         | 12,61 | 30,24  | 49,13 |
| Comprimento de copa [cc] (m)          | 1,32                         | 8,18  | 14,22  | 39,65 |
| Proporção de copa [pc] (%)            | 26,08                        | 52,25 | 70,30  | 21,34 |
| Grau de esbeltez [ge]                 | 27,27                        | 46,06 | 75,75  | 23,27 |
| Índice de saliência [is]              | 6,11                         | 11,76 | 20,07  | 25,48 |
| Índice de abrangência [ia]            | 0,10                         | 0,27  | 0,45   | 35,48 |
| Formal de copa [fc]                   | 0,26                         | 0,56  | 1,64   | 49,54 |

Em que: n = n° de observações; cv% = coeficiente de variação.

Where: n = number of observations; Cv% = coefficient of variation.



**Figura 5** - Relações morfométricas de 49 indivíduos de *Bertholletia excelsa* no sudeste de Roraima. Em que: ht = altura total; hc = altura comercial; pc = proporção de copa.

**Figure 5** - Morphometric relationship of 49 individuals of *Bertholletia excelsa* in the southeast of Roraima. Where: HT = total height; HC = commercial height; PC = crown ratio.

copas que ocupam mais de 50% da altura total do indivíduo (60% dos indivíduos) (Figura 5, Tabela 1). Essa variável é um indicador de vitalidade, e quanto maior a porcentagem, tanto mais produtivo pode ser esse indivíduo (IVANOV, 2011). Essa amplitude está associada às dimensões dos exemplares, uma vez que esses indivíduos não estavam submetidos a nenhum grau de concorrência. Condé *et al.* (2013) encontraram valor de proporção de copa igual a 35,18% para castanheira-do-brasil em sistemas agroflorestais. Tonini e Arco-Verde (2005) encontraram uma proporção de copa média de 72,7% para a castanheira-do-brasil. A variação da proporção de copa observada entre os trabalhos e os resultados desse estudo pode estar relacionada a idade e ambiente onde as espécies estavam inseridas.

O grau de esbeltez variou de 27,27 a 75,75 e diminuiu com o aumento da altura dos indivíduos (Tabela 1), indicando maior crescimento em diâmetro do que em altura. Por se tratar de árvores isoladas (crescidas em áreas abertas livres de concorrência), essa diminuição no grau de esbeltez é um fator positivo para sua estabilidade, pois de acordo com Boschetti *et al.* (2015) indivíduos com fuste muito alto e diâmetro pequeno apresentam maior instabilidade, especialmente à ação de ventos, que é um fator impossível de ser controlado. Geralmente o vento causa danos irreversíveis como a quebra da copa ou tombamento da árvore pela raiz ocasionando a sua morte.

O índice de saliência (dc/dap), que expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o dap (DURLO; DENARDI, 1998), variou de 6,11 a 20,07, com média de 11,76 (Tabela 1). Quando se determina essa relação e caso exista a referida correlação é possível manejar um povoamento pelo diâmetro atingido por seus indivíduos. Assim, à medida em que as árvores forem crescendo dentro do povoamento, esse índice pode ser usado como indicador de desbaste, determinando o espaço a ser liberado

ao redor de uma árvore selecionada, para que cresça sem concorrência. Os valores encontrados nesse estudo são bem menores do que os descritos por Tonini e Arco-Verde (2005) em plantios homogêneos de *Bertholletia excelsa* com idade de 7 anos em Roraima. Esses autores encontraram para essa espécie um diâmetro de copa 50 vezes maior que o dap. Condé *et al.* (2013), em estudo com essa mesma espécie aos dezesseis anos, em Rondônia, encontraram um diâmetro de copa aproximadamente 30 vezes maior que o dap.

Neste trabalho foi observado que o índice de abrangência apresentou um valor médio de 0,27, com tendência de diminuição à medida que as árvores crescem em altura (Tabela 1). Isso se deve ao fato de que o aumento na altura das castanheira-do-brasil não é acompanhado, proporcionalmente pelo aumento do dc. Esse resultado corrobora com o de Tonini e Arco-Verde (2005), que encontraram um índice de abrangência médio de 0,61 e, também, descrevem uma tendência de diminuição para o índice de abrangência em castanheira-do-brasil no estado de Roraima.

O formal de copa variou de 0,26 a 1,64, com média de 0,56 (Tabela 1), indicando que nessa população de castanheira-do-brasil existem tanto árvores com copas esbeltas quanto arredondadas. A média obtida é inferior as obtidas por Tonini e Arco-Verde (2005), 0,86 em plantio homogêneo de castanheira-do-brasil no estado de Roraima, e por Condé *et al.* (2013), 1,66, em Rondônia.

Devido aos baixos coeficientes de determinação, a não significância do valor de F, as variáveis que não se mostraram dependentes do dap foram: altura comercial do fuste, diâmetro de copa, grau de esbeltez e índice de abrangência. Em geral, foram observados baixos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e baixa significância do valor F em quase todas as variáveis morfométricas ajustadas (Tabela 2).

A relação hipsométrica para os indivíduos de castanheira-do-brasil é mostrada na Figura 4 e Tabela 2. Observa-se que

Tabela 2 - Modelos de regressão para as variáveis morfométricas da espécie *Bertholletia excelsa* no sudeste de Roraima

Table 2 - Regression models for morphometric variables in the species *Bertholletia excelsa* in the southeast of Roraima

| Variáveis e Índices     | Modelo                                      | R <sup>2</sup> | Sig F  | Syx   |
|-------------------------|---------------------------------------------|----------------|--------|-------|
| Altura total (m)        | ht= 4,792 e <sup>(0,032*dap)</sup>          | 0,66           | 0,0000 | 6,29  |
| Altura Comercial (m)    | hc= 0,008*dap <sup>2</sup> +0,322*dap+7,80  | 0,43           | 0,0791 | 3,87  |
| Diâmetro de copa (m)    | dc= -0,02*dap <sup>2</sup> +0,221*dap-0,45  | 0,36           | 0,0493 | 0,96  |
| Comprimento de copa (m) | cc= 0,243*dap-0,298                         | 0,56           | 0,0000 | 3,24  |
| Proporção de copa       | pc= -0,045*dap <sup>2</sup> +3,072*dap+3,09 | 0,15           | 0,0100 | 10,94 |
| Grau de esbeltez        | ge= 0,001*dap <sup>2</sup> -0,017*dap+0,72  | 0,05           | 0,1200 | 10,71 |
| Índice de saliência     | is= -0,208*dap+19,03                        | 0,48           | 0,0000 | 2,99  |
| Índice de abrangência   | ia= -0,001*dap+0,007*dap+0,24               | 0,20           | 0,8611 | 9,67  |
| Formal de copa          | fc= 1,079 e <sup>(-0,022*dap)</sup>         | 0,27           | 0,0000 | 27,66 |

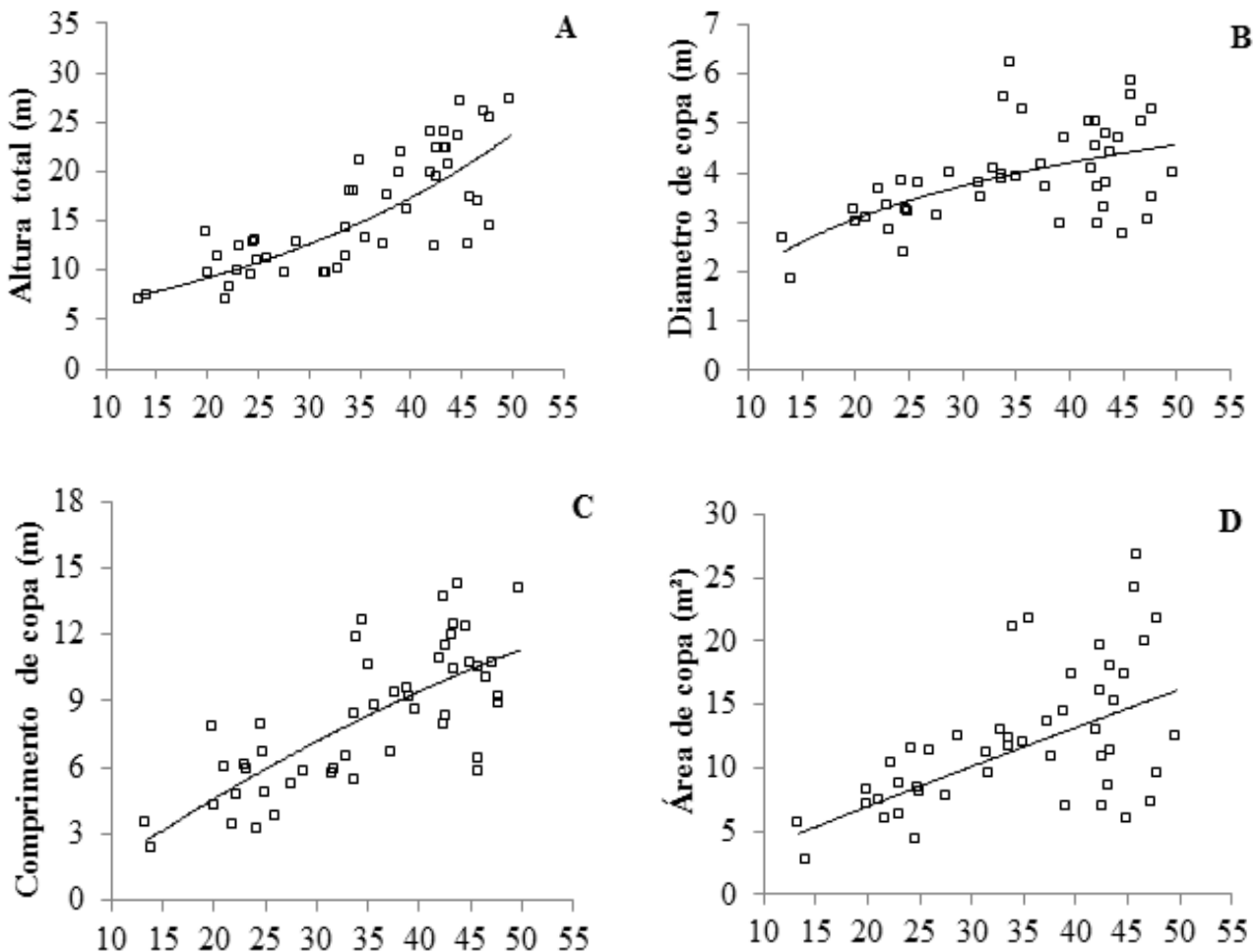
a altura total dos indivíduos aumenta à medida que crescem em diâmetro. O mesmo foi observado para o diâmetro e comprimento de copa que apresentaram relação positivamente com o dap. Em geral, a altura total apresenta relação positiva com dap ( $R^2 = 0,66$ ), no entanto, essa relação é afetada pela competição sofrida pelos indivíduos no povoamento e difere para os indivíduos de classes sociológicas diferentes. No caso de árvores isoladas, não há diferenciação, pois as árvores não atingem o ponto de entrelaçamento das copas. Assim, o aumento da altura e do diâmetro de copa com aumento do dap já era esperado visto que essas árvores estão livres de competição. O crescimento em dap é acompanhado pelo aumento do comprimento de copa, evidenciando que a velocidade do crescimento apical é maior que a velocidade de mortalidade dos ramos na base da copa, resultando em maior proporção de copa (ROMAM *et al.*, 2009).

A partir da determinação do diâmetro de copa, é possível projetar o espaço necessário para o plantio de uma determinada espécie, sem que essa sofra concorrência dentro da população, visto que o espaçamento entre os indivíduos influencia no seu desenvolvimento a medida

em que crescem. De acordo com Romam *et al.* (2009), o conhecimento desse espaço é importante pois permite obter o número de indivíduos no povoamento que serão conduzidos até completar o ciclo de corte, principalmente se tiver um diâmetro-objetivo fixado.

Nesse estudo, observou-se que a proporção de copa apresenta leve tendência de diminuir nas maiores classes de dap, ocorrendo uma grande variação entre os indivíduos avaliados (Figura 6 e Tabela 2). Ainda na Figura 6, o grau de esbelteza apresenta correlação negativa com o dap. A diminuição do grau de esbelteza à medida que aumenta o dap evidencia que as árvores estão crescendo mais em diâmetro do que em altura, tornando-se mais estáveis. Esse aumento do diâmetro de copa e diminuição do grau de esbelteza com o crescimento diamétrico também foi observada por Tonini e Arco-Verde (2005) para *Bertholletia excelsa* em plantios homogêneos no estado de Roraima.

O formal de copa e o índice de saliência apresentam uma relação negativa com o dap (Figura 6 G e 6 H), ou seja, esses parâmetros tendem a diminuir com o aumento do diâmetro. De acordo com Orellana e Koehler (2008),



Continua...



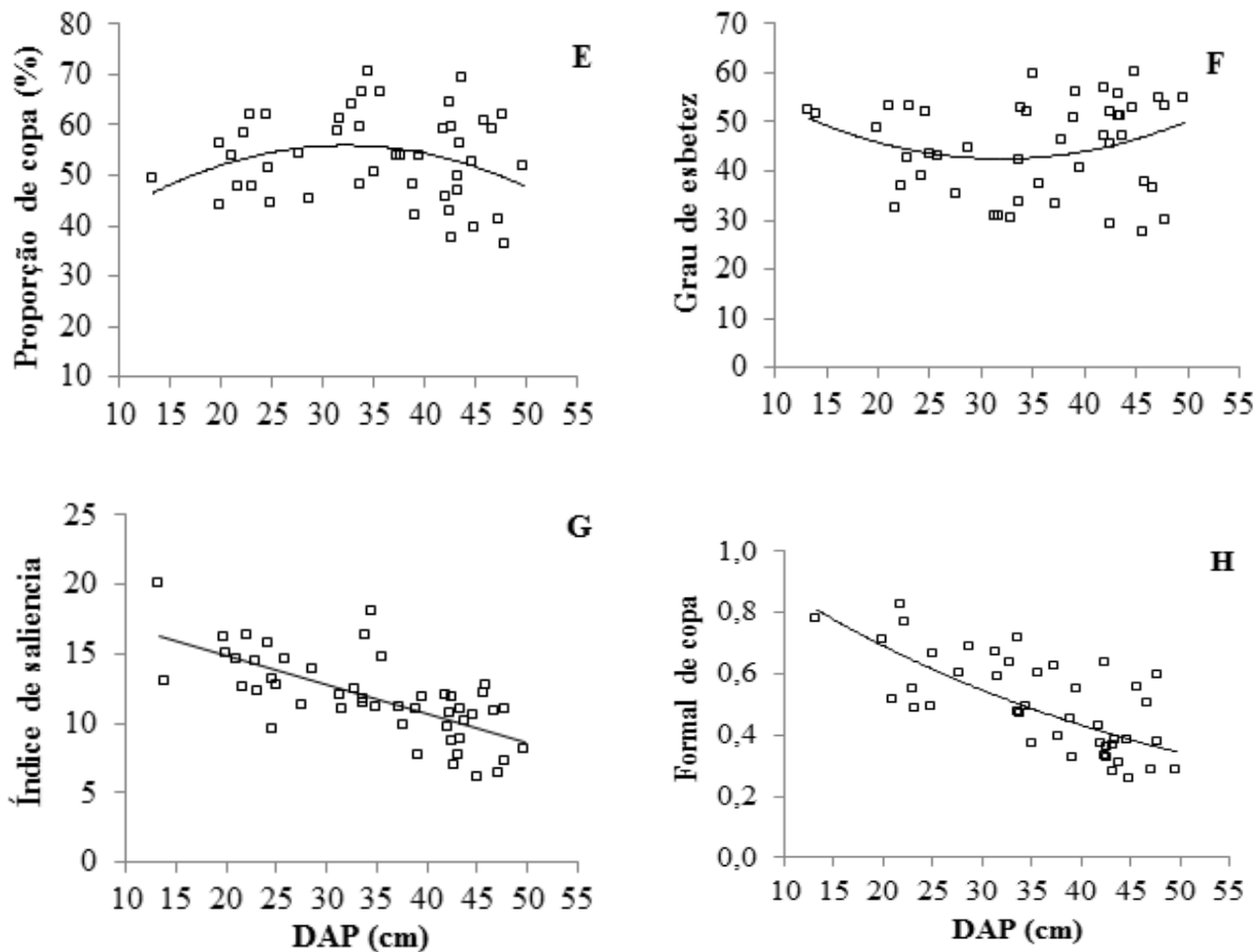


Figura 6 - Relação diâmetro à altura do peito (dap) e: A) altura total; B) Diâmetro de copa; C) Comprimento de copa; D) Área de copa; E) Proporção de copa; F) Grau de esbeltez; G) Índice de saliência e H) Formal de copa.

Figure 6 - Diameter to breast height ratio (dbh) and: A) total height; B) crown diameter; C) crown length; D) crown area; E) crown ratio; F) degree of slenderness; G) crown salience index and H) crown shape index.

valores baixos de formal de copa demonstram copas mais esbeltas e alongadas dentro de um povoamento.

## CONCLUSÕES

O formal de copa mostrou copas de *Bertholletia excelsa* mais alongadas do que achatadas, podendo ser utilizado como critério indicativo de marcação de desbastes;

Existe grande variação nas características morfométricas de crescimento de castanheira-do-brasil, principalmente para proporção de copa e o diâmetro de copa, no entanto, é possível ajustar modelos matemáticos significativos em função do diâmetro à altura do peito (dap);

As variáveis que apresentaram relação com o DAP foram: altura total, diâmetro de copa, comprimento de copa, proporção de copa, índice de saliência e formal de copa.

## LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- ASNER, G. P.; KNAPP, D. E.; BROADBENT, E. N.; OLIVEIRA, P. J. C.; KELLER, M.; SILVA, J. N. M. Selective Logging in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 310, p. 480-482, 2005.
- BOSCHETTI, W. T. N.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; LEITE, F. P. Parâmetros dendrométricos e excentricidade da medula em árvores inclinadas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 781-789, 2015.
- BRASIL. Decreto Federal n. 1.228, de 19 de outubro de 1994 [online]. Diário Oficial da República Federativa de Brasil, Brasília, DF (1994 out 20). [citado 2013 mar 15]. Disponível em: <http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/109608/decreto-1282-94>.
- BRASIL. Decreto n. 5.975, de 30 de novembro de 2006. Diário Oficial da República Federativa de Brasil, Brasília, DF (2006 dez 01); Sec. 1: 1-3.
- CONDÉ, T. M.; LIMA, M. L. M.; LIMA NETO E. M.; TONINI, H. Morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 18-27, 2013.
- COSTA, J. R.; CASTRO, A. B. C.; WANDELLI, E. V.; CORAL, S. C. T.; SOUZA, S. A. G. Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 843-850, 2009.
- COTTA, J. N., K. A. KAINER, L. H. O. WADT & C. L. STAUDHAMMER. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) regeneration. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 2, p. 28-35, 2008.
- CUNHA, T. A da.; FINGER, C. A. G. Competição assimétrica e o incremento diamétrico de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na Amazônia ocidental. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 1, p. 9-18, 2013.
- DURLO, M. A. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 141-149, 2001.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.
- DURLO, M. A.; SUTILI, F. J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 79-89, 2004.
- FEMARH. Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.femact.rr.gov.br/>. Acesso em: 12 set. 2012.
- FERNANDES, P. N.; ALENCAR, J. C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 4. Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), dez anos após o plantio. **Acta Amazonica**, v. 23, n. 2-3, p. 191-198, 1993.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro: 2012. 275 p.
- IVANOV, G. B. Influência de variáveis dendrométricas, anatômicas e ambientais na produção de frutos e sementes de *Bertholletia excelsa* H.B.K. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.
- MARTÍNEZ, L. J.; ZINCK, J. A. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. **Soil & Tillage Research**, v. 75, n. 1, p. 3-17, 2004.
- MAUES, M. M. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bompl. Lecythidaceae) in eastern Amazonia. In: Kevan P, Imperatriz-Fonseca VL, editores. Pollination bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministry of environment; 2002.
- MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Taxonomy, ecology, and economy botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. and Bonpl.: Lecythidaceae). **Advances in Economic Botany**, v. 8, p. 130-150, 1990.
- MÜLLER, C. H.; RODRIGUES, I. A.; MÜLLER, A. A.; MÜLLER, N. R. M. Castanha-do-brasil: resultados de pesquisas. Belém: EMBRAPA-CPATU; 1980. Miscelânea n. 2.
- MÜLLER, M. ML.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MITJA, D. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian amazon: a case study. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 103, n. 2, p. 279-288, 2004.
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A. B. Relações Morfométricas de *Ocotea odorifera* (vell) Rohwer. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 229-237, 2008.
- PAIVA, P. M.; GUEDES, M. C.; FUNI, C. Brazil nut conservation through shifting cultivation. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 3, p. 508-514, 2011.

- PHILLIPS, O. L.; ARAGÃO, L. E. O. C.; LEWIS, S. L.; FISHER, J. B.; LLOYD, J.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, G.; MALHI, Y.; MONTEAGUDO, A.; PEACOCK, J.; QUESADA, C. A.; HEIJDEN, G. V.; ALMEIDA, S.; AMARAL, I.; ARROYO, L.; AYMARD, GERARDO.; BAKER, T. R.; BÁNKI, O.; BLANC, L.; BONAL, D.; BRANDO, P.; CHAVE, JEROME.; OLIVEIRA, Á. C. A.; CARDOZO, N. D.; CZIMCZIK, C. I.; FELDPAUSCH, T. R.; FREITAS, M. A.; GLOOR, E.; HIGUCHI, N.; JIMÉNEZ, E.; LLOYD, G.; MEIR, P.; MENDOZA, C.; MOREL, A.; NEILL, D. A.; NEPSTAD, D.; PATIÑO, S.; PEÑUELA, M. C.; PRIETO, A.; RAMÍREZ, F.; SCHWARZ, M.; SILVA, J.; SILVEIRA, M.; THOMAS, A. S.; STEEGE, H. T.; STROPP, J.; VÁSQUEZ, R.; ZELAZOWSKI, P.; DÁVILA, E. A.; ANDELMAN, S.; ANDRADE, A.; CHAO, K.; ERWIN, T.; FIORE, A.; HONORIO, E. C.; KEELING, H.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, W. F.; CRUZ, A. P.; PITMAN, N. C. A.; VARGAS, P. N.; RAMÍREZ-ANGULO, H.; RUDAS, A.; SALAMÃO, R.; SILVA, N.; TERBORGH, J.; TORRES-LEZAMA, A. Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. **Science**, v. 323, p. 5919 p. 1344-1347, 2009.
- PHILLIPS, O. L.; VAN, D. H. G.; LEWIS, S. L.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, G.; ARAGÃO, L. E.; LLOYD, J.; MALHI, Y.; MONTEAGUDO, A.; ALMEIDA, S.; DÁVILA, E. A.; AMARAL, I.; ANDELMAN, S.; ANDRADE, A.; ARROYO, L.; AYMARD, G.; BAKER, T. R.; BLANC, L.; BONAL, D.; OLIVEIRA, A. C.; CHAO, K. J.; CARDOZO, N. D.; COSTA, L.; FELDPAUSCH, T. R.; FISHER, J. B.; FYLLAS, N. M.; FREITAS, M. A.; GALBRAITH, D.; GLOOR, E.; HIGUCHI, N.; HONORIO, E.; JIMÉNEZ, E.; KEELING, H.; KILLEEN, T. J.; LOVETT, J. C.; MEIR, P.; MENDOZA, C.; MOREL, A.; VARGAS, P. N.; PATIÑO, S.; PEH K. S.; CRUZ, A. P.; PRIETO, A.; QUESADA, C. A.; RAMÍREZ, F.; RAMÍREZ, H.; RUDAS, A.; SALAMÃO, R.; SCHWARZ, M.; SILVA, J.; SILVEIRA, M.; SLIK, J. W.; SONKÉ, B.; THOMAS, A. S.; STROPP, J.; TAPLIN, J. R.; VÁSQUEZ, R.; VILANOVA, E. Drought-mortality relationships for tropical forests. **The New Phytologist**, v. 187, n. 3, p. 631-646, 2010.
- ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações Interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 473-480, 2009.
- SALOMÃO, R. P. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. & B. ("Castanheira") nas regiões de Carajás e Marabá, Estado do Pará. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**, série botânica, v. 7, n. 1, p. 47-68, 1991.
- SALOMÃO, R. P. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. and B. ('castanheira') nas regiões de Carajás, e Marabá, Estado do Para. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**: Série Botânica, v. 7, p. 47-68, 1991.
- SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; CASTILHO, A.; MORAIS, K. A. C. Castanheira-do-brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades da Amazônia Setentrional. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. v. 1, n. 2, p. 65-78, 2006.
- SCOLES, R.; CANTO, M. S.; ALMEIDA, R. G.; VIEIRA, D. P. Sobrevivência e frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em áreas desmatadas em Oriximiná, Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 555-564, 2016.
- SCOLES, R.; R. GRIBEL. 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.
- SCOLES, R.; R. GRIBEL. The regeneration of Brazil nut trees in relation to nut harvest intensity in the Trombetas River valley of Northern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology Management**, v. 265, n. 1, p. 71-81, 2012.
- SCOLES, R.; KLEIN, G. N.; GRIBEL, R. Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) plantada em diferentes condições de luminosidade após seis anos de plantio na região do Rio Trombetas, Oriximiná, Pará. **Boletim Museu Emílio Goeldi: Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 321-336, 2014.
- SPSS – Statistical Package for the Social Sciences. Programa de computador, ambiente Windows. Versão 15.0. Chicago, 2010.
- TONINI, H. e ARCO-VERDE, M. O crescimento da Castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em Roraima. Comunicado Técnico 05 - ISSN 0102-099, 2004, Embrapa Roraima, Boa Vista-RR.
- TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.
- TONINI, H.; COSTA, P.; KAMINSKI, P. E. Manejo de produtos florestais não madeireiros na Amazônia - (Castanheira-do-Brasil) Resultados da pesquisa. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento2. Boa Vista: Embrapa Roraima. p. 31, dezembro, 2008.
- TUCK HAUGAASEN, J. M. T.; HAUGAASEN, T.; PERES, C. A.; GRIBEL, R.; WEGGE, P. Fruit removal and natural seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in Central Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 44, n. 2, p. 205-210, 2012.