

Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.)

Murilo Rezende Machado^{1*}, Rodrigo Camara de Souza², Paulo de Tarso Barbosa Sampaio³, João Baptista Silva Ferraz⁴

1. Engenheiro Florestal (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro). Mestre em Ciências de Florestas Tropicais (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia). Analista Ambiental do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – Floresta Nacional do Rio Preto – ES, Brasil.

2. Professor colaborador e Pesquisador PNPd (Programa Nacional de Pós-Doutorado). Bolsista CAPES, no Depto. de Ciências Ambientais, Instituto de Floresta (IF) – (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro). Doutor em Ecologia e Recursos Naturais (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil).

3. Engenheiro Florestal (Universidade Federal do Amazonas). Doutor em Engenharia Florestal (Universidade Federal do Paraná). Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil.

4. Biólogo (Universidade de São Paulo). Doutor em Ciências Florestais (Universität Freiburg). Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil.

*Autor para correspondência: murilo.machado@icmbio.gov.br

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a sobrevivência e o crescimento de árvores de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.) em plantios homogêneos a pleno sol, aos 27 anos de idade, Amazonas, Brasil. Os dados analisados foram sobrevivência, altura comercial, diâmetro à altura do peito, volume do cilindro, volume por indivíduo, área basal e incremento médio anual em altura, em diâmetro e em volume. O fuste foi qualificado como reto ou tortuoso. Os indivíduos apresentaram altura comercial média igual a 12,8 m, e elevado volume do cilindro (236,71 m³ ha⁻¹), provavelmente devido à avançada idade do plantio. A maioria dos indivíduos apresentou fuste reto. Foram considerados baixos os valores médios de sobrevivência (69%), diâmetro à altura do peito (21,88 cm), incremento médio anual em altura (0,47 m ano⁻¹), em diâmetro (0,81 cm ano⁻¹) e em volume (8,77 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), provavelmente devido à competição entre as árvores por recursos no pequeno espaçamento de plantio (3 m x 3 m), e a não realização de capinas e coroamentos.

Palavras-chaves: Amazônia, crescimento de plantas, plantio florestal, silvicultura.

Silvicultural aspects of brazilian nut (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.)

ABSTRACT

This study aimed to evaluate dendrometric variables of Brazilian-nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.) in homogeneous plantations under full sun, at 27 years after plantation, Amazonas, Brazil. The data analyzed were survival, commercial height, diameter at breast height, cylinder volume, volume per individual, basal area, and average annual increment in height, in diameter, and in volume. The bole quality was characterized as straight or tortuous. The individuals had commercial height equal to 12.8 m, and the cylinder volume was high (236.71 m³ h⁻¹), due to the advanced age of planting. The majority of individuals presented straight bole. We observed low values of survival (69%), diameter at breast height (21.88 cm), average annual increment in height (0.47 m yr⁻¹), in diameter (0.81 cm yr⁻¹), and in volume (8.77 m³ ha⁻¹ yr⁻¹), probable due to competition among trees for resources in the small plant spacing (3 m x 3 m), and non-performing hoeing and crowning.

Keywords: Amazon; forest plantation; plant growth; silviculture.

Introdução

A Floresta Amazônica abrange mais de 6 milhões de km², que se distribuem por nove países (LADLE et al., 2010). O desflorestamento deste bioma tem sido foco de discussões e pesquisas de várias naturezas (MACHADO, 2009), uma vez que pesquisas apontam que 18% de sua superfície florestal já foram desmatados (LADLE et al., 2010), sendo este processo considerado um dos mais preocupantes, entre os ecossistemas florestais tropicais (FEARNSIDE, 2015). Como resultado, há perda de biodiversidade e alterações no ciclo hidrológico, que culminam na potencialização de mudanças climáticas (ANGELO et al., 2013).

Os resultados alcançados indicam que as políticas de controle do desflorestamento somente conseguirão influenciar o comportamento dos atores da região se houver uma ação mais efetiva do Estado, por meio da utilização de mecanismos de regulamentação. Essa ação deve levar em conta as relações de poder local e o reflexo delas sobre as taxas de desflorestamento. Finalmente, fica claro que o estabelecimento de instrumentos e incentivos econômicos capazes de interferir em comportamentos eminentemente individuais também deve ser parte de uma política de desenvolvimento regional.

O estabelecimento de plantios florestais pode contribuir para reflorestar áreas desmatadas e diminuir a pressão sobre as florestas naturais (SALOMÃO et al., 2014). Neste sentido, tem-se verificado o predomínio do emprego de espécies exóticas em plantios florestais na Amazônia, fato este que é decorrente da falta de informações sobre o comportamento silvicultural de espécies nativas (VERÍSSIMO; PEREIRA, 2014). Portanto, apesar da elevada diversidade de espécies florestais na região, o número de espécies nativas da Amazônia utilizadas em plantios com este objetivo ainda é insignificante (HOMMA, 2013).

Bertholletia excelsa Humb. e Bonpl. (Lecythidaceae) é uma

espécie florestal nativa da região amazônica, que é popularmente conhecida como castanha-do-brasil, castanha-da-amazônia e castanha-do-pará (COSTA et al., 2009), e apresenta grande potencial para o emprego em programas de reflorestamento com fins madeiros (FERNANDES; ALENCAR, 1993; TONINI; ARCOVERDE, 2005). Tal espécie desempenha importante papel social, ao proporcionar alimento e renda para a comunidade local, inclusive povos indígenas, por meio da comercialização de sua semente nos mercados nacional e internacional (SALOMÃO et al., 2006; ANGELO et al., 2013). As sementes, que são predominantemente colhidas em florestas naturais (THOMAS et al., 2014), são comercializadas principalmente descascadas e *in natura*, ou descascadas e desidratadas, para favorecer a sua conservação (SILVA et al., 2010). A espécie fornece madeira de boa qualidade, mas o corte de árvores é proibido por lei em florestas naturais pelo fato de ser ameaçada de extinção (FERNANDES; ALENCAR, 1993), e é permitido apenas em plantios (SCHROTH et al., 2015).

A castanha-do-brasil é uma espécie que, na idade madura, emerge do dossel de florestas naturais, com altura variando entre 45 e 50 m, diâmetro à altura do peito (DAP) entre 1 e 3 m, copa com diâmetro entre 20 e 35 cm, sendo que estimativas apontam que as árvores de grande porte podem atingir idade que varia entre 361 e 401 anos (SCHÖNGART et al., 2015). Em condições naturais, as árvores iniciam a produção de frutos apenas entre 73 e 93 anos, cuja produção é máxima somente a partir de 240 anos de idade (SCHÖNGART et al., 2015).

A distribuição da espécie na Amazônia brasileira é positivamente influenciada pelo homem, uma vez que a densidade de árvores e o DAP são maiores em áreas mais próximas às ocupações de populações locais, onde se aglomeram e formam “castanhais”, na comparação com áreas com menor ocupação humana (SCOLES; GRIBEL, 2015; THOMAS et al., 2015).

Este padrão de dispersão é decorrente da espécie ter alta capacidade de sobrevivência e rebrotamento em ambientes perturbados (SCOLES et al., 2011). Segundo informações obtidas por estudos anteriormente realizados, em plantações experimentais, o crescimento das mudas de castanha-do-brasil em altura foi elevado, em áreas com incidência direta da radiação solar (FERNANDES; ALENCAR, 1993; TONINI et al., 2005), e baixo, em condições de alto sombreamento (SCOLES et al., 2011; SCOLES et al., 2014).

A espécie é climática, dependente de luz e, por este motivo, apresenta alto desempenho em áreas abertas (FERNANDES; ALENCAR, 1993; SCOLES et al., 2011). Contudo, Scoles et al. (no prelo) verificaram que nas margens de estradas em áreas desmatadas, no estado do Pará, houve baixa presença de indivíduos jovens (4,6%), sendo que grande parte da população foi representada por indivíduos mortos (75% das árvores). A degradação dos castanhais demonstra a urgência na tomada de medidas de conservação e reflorestamento de áreas com esta espécie (SCOLES et al., no prelo), pois a diminuição da oferta da castanha incorre em elevado custo à sociedade (ANGELO et al., 2013).

A castanha-do-brasil apresenta características silviculturais desejáveis em plantios, como copa cilíndrica e boa desrama natural de galhos, que condiciona à formação de fustes retilíneos (SCOLES et al., 2011). Além disto, a espécie é rústica e possui elevada sobrevivência e rápido crescimento, em plantios heterogêneos em áreas degradadas pela mineração (SALOMÃO et al., 2006).

Desta maneira, os aspectos silviculturais da castanha-do-brasil têm sido bastante estudados (COSTA et al., 2015) em plantios monoespecíficos (TONINI et al., 2005; FERREIRA et al., 2012; FERREIRA et al., 2015), sistemas agroflorestais (COSTA et al., 2009; FERREIRA; TONINI, 2009; SCHROTH et al., 2015), plantios consorciados com *Hevea brasiliensis* (Willd ex A. Juss.) Muell Arg. (CAETANO et al., 2014), plantios heterogêneos com outras espécies nativas e também com espécies exóticas (TONINI et al., 2006; SOUZA et al., 2008; SOUZA et al., 2010), capoeiras jovens, roçados de mandioca e sub-bosque de castanhais (SCOLES et al., 2011). No entanto, em todos estes estudos a idade dos plantios não ultrapassou 16 anos e, portanto, é importante que se obtenha informações a respeito da sobrevivência e dos dados dendrométricos de indivíduos em plantios com maior idade, uma vez que as árvores desta espécie começam a frutificar aos oito anos de idade e atingem regularidade na produção apenas aos doze anos, em plantios (FERREIRA; TONINI, 2009).

O presente estudo objetivou avaliar a sobrevivência e o crescimento de árvores de castanha-do-brasil em plantios homogêneos a pleno sol, aos 27 anos de idade.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Essa estação localiza-se entre as coordenadas geográficas 2° 47' 05" S e 60° 11' 51" W, a 45 km ao norte da cidade de Manaus, estado do Amazonas. O clima da região é Tropical Monçônico, ou seja, é caracterizado pela ocorrência de chuvas excessivas (≥ 2.500 mm anuais) e inverno seco, do tipo Am, segundo a classificação de Köppen.

A temperatura média anual é de 26,7°C e a precipitação média anual, de 2.186 mm, sendo que os meses de julho a setembro são os mais secos (cerca de 100 mm mês⁻¹) e março e abril, os mais chuvosos (cerca de 300 mm mês⁻¹) (SALATI et al., 1991). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, com textura argilosa.

Para a instalação de um plantio homogêneo de castanha-do-

brasil a pleno sol, a vegetação natural da área foi desmatada, com posterior encoivramento e queima (FERNANDES; ALENCAR, 1993). Os autores anteriormente citados estabeleceram três parcelas experimentais de 18 m x 18 m, para o plantio de mudas de castanha-do-brasil que foram produzidas no viveiro da EEST, a partir de sementes de indivíduos da floresta nativa, localizada próximo à Belém, estado do Pará.

As mudas foram plantadas no espaçamento de 3m x 3m, obtendo-se 36 árvores por parcela, totalizando 108 plantas instaladas em uma área de 972 m². O presente estudo consistiu na avaliação da sobrevivência e crescimento das árvores no referido plantio, aos 27 anos de idade.

Em cada árvore, foram avaliados os valores das seguintes variáveis: altura comercial (Hc), que correspondeu à medida da base até a inserção da primeira ramificação que forma a copa da árvore, e diâmetro à altura do peito (DAP), com o auxílio de uma vara de alumínio de 12 m e fita diamétrica, respectivamente. Para o cálculo do volume comercial do cilindro (V) e do volume comercial por indivíduo (Vind), foi utilizado o fator de forma de 0,50 (TONINI et al., 2005). Depois de obtidos os valores dessas variáveis, foram calculados o Incremento Médio Anual em altura (IMAh), em diâmetro (IMAd) e em volume (IMAv) e área basal (G), considerando-se como referencial as avaliações dendrométricas obtidas no plantio por Fernandes e Alencar (1993), aos 10 anos de idade.

As variáveis dendrométricas foram calculadas de acordo com as recomendações de Campos e Leite (2009). As árvores também foram submetidas a uma qualificação subjetiva de acordo com a qualidade do fuste, em que se considerou fuste reto (Qf 1) ou tortuoso (Qf 2) (GALEÃO et al., 2006). Os valores das variáveis consideradas foram expressos por meio da média calculada entre as três parcelas.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 ilustra os resultados obtidos para a sobrevivência e crescimento das árvores de castanha-do-brasil, aos 27 anos de idade do plantio. As árvores apresentaram taxa de sobrevivência média igual a 69%. Com isto, verificou-se que o valor desta variável se manteve estável desde a última avaliação anteriormente realizada por Fernandes e Alencar (1993), quando o plantio apresentou a idade de 10 anos.

Tabela 1. Variáveis analisadas em plantio de castanha-do-brasil, aos 27 anos de idade, estado do Amazonas. / **Table 1.** Analyzed variables in 27 years-old Brazilian nut plantation, state of Amazonas.

Variável	Unidade	Valor médio	Desvio padrão
Sobrevivência	%	69	-
Altura comercial	m	12,81	3,26
Diâmetro à altura do peito	cm	21,88	8,40
Volume comercial	m ³ ha ⁻¹	236,71	6,77
Volume comercial/indivíduo	m ³	0,11	0,21
Área basal	m ² ha ⁻¹	0,02	0,03
Incremento médio anual em altura	m ano ⁻¹	0,47	-
Incremento médio anual em diâmetro	cm ano ⁻¹	0,81	-
Incremento médio anual em volume	m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	8,77	-

A taxa de sobrevivência das árvores foi considerada baixa, o valor médio do DAP apresentou valor intermediário e o volume de cilindro foi considerado elevado (Tabela 1), na comparação com os resultados obtidos por outros estudos conduzidos em plantios de castanha-do-brasil (COSTA et al., 2009; FERREIRA; TONINI, 2009; SOUZA et al., 2008; SOUZA et al., 2010; TONINI et al., 2005; TONINI et al., 2006; SCOLES et al., 2011), conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Sobrevivência e crescimento de castanha-do-brasil a sol pleno, sob diferentes condições de plantio. / **Table 2.** Survival and growth of Brazilian nut at full sun, under different planting conditions.

I	E	S	Ht	DAP	V	IMAh	IMAd	IMAv	Local/Referência
anos	m	%	m	cm	m ³ ha ⁻¹	m ano ⁻¹	cm ano ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	
27	3 x 3	69	-	21,9	236,71	0,5	0,8	8,8	Manaus, AM/Este estudo
12	12 x 12	78	20,9	38,3	-	1,7	3,2	-	Manaus, AM/Costa et al. (2009)
6	3 x 3	50	5,6	6,9	-	0,9	1,5	-	Manaus, AM/Souza et al. (2010)
11	3 x 3	53	13,9	13,6	164,4	1,3	1,2	14,9	Manaus, AM/Souza et al. (2008)
7	2,5 x 7	-	11,3	13,5	102,5	1,6	1,9	14,6	Cantá, RR/Tonini et al. (2005)
5	4 x 3	98	5,9	8,5	21,09	-	-	-	Cantá, RR/Tonini et al. (2006)
10	2 x 3	99	14,0	25,5	-	1,6	2,9	-	Cantá, RR/Ferreira e Tonini et al. (2006)
2	10 x 10	100	2,0	3,9	-	1,0	2,0	-	Oriximiná, PA/Scoles et al. (2011)**

I: idade; E: espaçamento; S: sobrevivência; Ht: altura total; DAP: diâmetro à altura do peito; V: volume do cilindro; IMAh: incremento médio anual em altura; IMAd: incremento médio anual em diâmetro; IMAv: incremento médio anual em volume. *dados médios de três sítios. **dados em área de roçado de mandioca.

Contudo, o DAP e o G foram relativamente baixos, ao se considerar isoladamente a comparação com os estudos de Costa et al. (2009) e Ferreira e Tonini (2009), cujo DAP e G foram maiores mesmo em plantios de castanha-do-brasil com idades menores (10 e 12 anos, respectivamente). Os valores de IMAh e IMAd obtidos também foram considerados baixos, em relação a outros estudos (Tabela 2).

As diferenças encontradas com relação aos dados disponíveis na literatura para castanha-do-brasil, provavelmente se deveram a variações em dois fatores: idade e espaçamento de plantio. A idade das árvores no trabalho atual (27 anos) é pelo menos duas vezes maior do que o observado nos outros trabalhos (Tabela 2). Além disto, a referida tabela demonstrou que, em alguns estudos, o espaçamento de plantio foi igual ao presente trabalho (3 m x 3 m), enquanto em outros estudos, foi menor (2,5 m x 2 m) ou maior (4 m x 3 m).

Em plantios, o espaçamento inadequado pode gerar elevada competição entre as árvores por recursos (luz, água e nutrientes no solo), o que se reflete em baixos valores de sobrevivência e crescimento das espécies florestais. Este fato pode ser minimizado por meio da desrama em idades iniciais do plantio e do desbaste seletivo (TONINI et al., 2006; SCHROTH et al., 2015), porque não seria viável realizar estes procedimentos em um plantio de idade avançada, onde a altura comercial média das plantas é igual a 12 m, como é o caso do plantio que foi o objeto deste estudo, além da escolha de maiores espaçamentos de plantio (NASCIMENTO et al., 2012).

A desrama da castanha-do-brasil também é importante do ponto de vista da ciclagem de nutrientes, pois possibilita o aporte de matéria orgânica para o solo (COSTA et al., 2009). Considera-se que ambas as medidas devem ser tomadas, a fim de que em plantios futuros possam ser atingidos maiores valores de DAP, uma vez que para a castanha-do-brasil esta variável se correlaciona positivamente com a produção de frutos e sementes (KAINER et al., 2007; TONINI et al., 2008).

Na comparação com outras espécies nativas como *Carapa guianensis* Aubl. (andiroba), *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb (ipê-roxo) e *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), a castanha-do-brasil desenvolveu copas maiores e mais vigorosas e, por isso, necessita de maiores espaçamentos iniciais para atender ao seu pleno crescimento (CONDÉ et al., 2013). Fernandes e Alencar (1993) observaram que a taxa de incremento médio em diâmetro das árvores de castanha-do-brasil diminuiu para aproximadamente 30%, a partir dos seis anos de idade, e para aproximadamente 7,5%, aos 10 anos de idade. Segundo os autores anteriormente citados, este fato, aliado à elevada mortalidade das árvores aos 10 anos de idade (31%), indicou a necessidade de realização de desbaste seletivo a partir dos seis anos de idade, para diminuir a competição entre as plantas.

Além disto, a ausência de limpeza no plantio pode possibilitar o desenvolvimento da regeneração natural no sub-bosque. Assim, inicia-se também a competição interespecífica por recursos. Esse

fato provavelmente comprometeu o crescimento das árvores plantadas de castanha-do-brasil no presente estudo. Fernandes e Alencar (1993) já haviam observado a presença de sub-bosque com altura média de 9,0 m, composto por espécies do gênero *Bellucia*, *Laetia* e *Vismia*, no plantio de castanha-do-brasil onde este e o presente estudo foram conduzidos. Adicionalmente, desde o início da década de 90 foram interrompidas as atividades de manutenção no plantio desta pesquisa, que incluíam a remoção do sub-bosque e o controle de formigas cortadeiras (LIMA; VIEIRA, 2013).

De uma maneira geral, sob menor espaçamento, a sobrevivência das plantas pode ser diminuída. No entanto, a sobrevivência de plantas de castanha-do-brasil observada por Costa et al. (2009) foi menor, apesar do emprego de um espaçamento de plantio bem maior, na comparação com os estudos de Tonini et al. (2006), Ferreira e Tonini (2009), e igual a Scoles et al. (2011) (Tabela 2). Este resultado contraditório foi uma função de eventos naturais, como ventanias e raios, que impactaram negativamente a sobrevivência da castanha-do-brasil verificada por Costa et al. (2009).

A partir da correlação entre as classes de diâmetro e o volume médio por indivíduo, é possível constatar que as árvores de menor diâmetro possuem uma menor contribuição para a volumetria observada (Figura 1). Apesar de apresentar clássica distribuição normal de diâmetro para florestas plantadas, vale salientar que as plantas de menores diâmetros já estão com seu desenvolvimento comprometido, devido a falta de vigor, causado pela competição (LIMA; LEÃO, 2013). Portanto, essas árvores devem ser retiradas do sistema para liberarem mais espaço e nutrientes para que as plantas de maiores diâmetros se desenvolvessem mais vigorosas (CARNEIRO, 2012).

Valores de incremento médio anual em volume (IMAv) somente foram encontrados nos estudos de Tonini et al. (2005) e Souza et al. (2008). Na comparação com tais estudos, o valor de IMAv encontrado foi menor (Tabela 2). Souza et al. (2008) realizaram capinas e coroamento das plantas, de duas a três vezes por ano, com a finalidade de diminuir a competição das árvores de castanha-do-brasil com as plantas invasoras. Portanto, a diferença de volume na comparação entre os plantios desta espécie pode ter sido o reflexo da falta de tratamentos silviculturais no plantio.

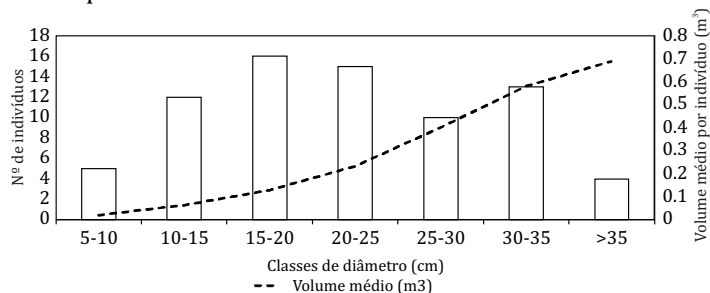


Figura 1. Relação entre classes de diâmetro, número de indivíduos e volume comercial médio por indivíduo (m³). / **Figure 1.** Relationship among classes of diameter, number of individuals and average commercial volume per individual (m³).

Scoles et al. (2011) adotaram o controle de plantas invasoras na área basal das mudas, além de um maior espaçamento de plantio da castanha-do-brasil. Ambas as medidas provavelmente foram responsáveis pela obtenção de resultados mais satisfatórios para o incremento médio anual em altura e diâmetro à altura do peito, na comparação com os resultados do presente estudo, mesmo havendo diferenças na idade.

Embora a demanda necessária à realização da capina alcance 27% do tempo, considerando todas as etapas que envolvem o processo de instalação de plantios florestais (SILVA et al., 2004), os tratamentos culturais são importantes para evitar a matocompetição. Dessa maneira, sugere-se a realização de estudos que comparem o efeito de diferentes espaçamentos, na presença e ausência de plantas daninhas, assim como a sobrevivência e o crescimento da castanha, a sol pleno. Com isso, poderiam ser identificadas as condições mais apropriadas para o pleno crescimento da castanha-do-brasil em plantios.

Não foi possível fazer comparações para a altura comercial com outros plantios de castanha-do-brasil, nos quais esta variável não foi avaliada. Com relação à qualidade dos fustes, 97,3% dos indivíduos apresentaram fuste reto ($Q_f = 1$), enquanto apenas 2,7% dos indivíduos apresentou tortuoso ($Q_f = 2$). A excelente qualidade do fuste da espécie foi anteriormente atestada em outros estudos. Tonini et al. (2006) encontraram baixa incidência de fuste bifurcado em indivíduos de castanha-do-brasil (apenas 14,9% do total). Ferreira e Tonini (2009) observaram que 81,16% das árvores desta espécie apresentaram fuste reto e sem defeitos. Esta característica da castanha-do-brasil permite que se obtenha uma tora de boa qualidade, que é fundamental para o seu uso em serrarias (COSTA et al., 2009).

Conclusões

A espécie castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) apresentou baixos valores de sobrevivência, diâmetro à 1,30 m e de incremento médio anual em altura e volume.

A altura comercial, assim como o volume de cilindro das plantas de castanha-do-brasil, foram considerados elevados, devido à elevada idade do plantio.

A maioria dos indivíduos apresentou excelente qualidade do fuste.

Referências Bibliográficas

- ANGELO, H.; POMPERMAYER, R. S.; ALMEIDA, A. N.; MOREIRA, J. M. M. A. P. O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: o caso da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 183-191, 2013.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 548 p, 2009.
- CARNEIRO, J. G. A. **Princípios de desramas e desbastes florestais**. 1ª ed. Campos dos Goytacazes, RJ: Folha artes Gráficas, 96 p, 2012.
- 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. **Agroambiente**, v. 7, n. 1, p. 18-27, 2013.
- COSTA, C. P. C.; FERREIRA, M. J.; LINHARES, A. C. C.; GUEDES, A. V. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste em plantio de *Bertholletia excelsa* Bonpl. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, p. 591-600, 2015.
- 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.
- FEARNSIDE, P. M. Deforestation soars in the Amazon. **Nature**, v. 521, p. 423-423, 2015.
- FERNANDES, N. P.; ALENCAR, J. C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaio de espécies. 4. Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), dez anos após plantio. **Acta Amazonica**, v. 23, n. 2-3, p. 191-198, 1993.
- FERREIRA, L. M. M.; TONINI, H. Comportamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e da cupiúba (*Goupia glabra*) em sistema agrosilvicultural na região da Confiança, Cantá-Roraima. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 835-842, 2009.
- FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C.; FERRAZ, J. B. S.; CORRÊA, V. M. Características nutricionais de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* Bonpl. sob tratamentos de fertilização em área degradada na Amazônia. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 863-872, 2015.
- FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C.; FERRAZ, J. B. S. Crescimento e eficiência do uso da

- água de plantas jovens de castanha-da-Amazônia em área degradada e submetidas à adubação. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 393-401, 2012.
- GALEÃO, R. G.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G.; MARQUES, L. C. T.; COSTA FILHO, P. P. Diagnóstico dos projetos de reposição florestal no Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 45, p. 101-120, 2006.
- HOMMA, A. K. O. Amazônia: os avanços e os desafios da pesquisa agrícola. **Parcerias Estratégicas**, v. 18, n. 36, p. 33-54, 2013.
- KAINER, K. A.; WADT L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest Ecology and Management**, v. 250, p. 244-255, 2007.
- LADLE, R. J.; MALHADO, A. C. M.; TODD, P. A.; MALHADO, A. C. M. Perceptions of Amazonian deforestation in the British and Brazilian media. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 2, p. 319-324, 2010.
- LIMA, J. P. C.; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na Amazônia Sul Ocidental. **Floresta e Ambiente**, v. 1, n. 20, p. 70-79, 2013.
- LIMA, T. A.; VIEIRA, G. High plant species richness in monospecific tree plantations in the Central Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 295, p. 77-86, 2013.
- MACHADO, L. O. R. Desflorestamento na Amazônia brasileira: ação coletiva, governança e governabilidade em área de fronteira. **Sociedade e Estado**, v. 24, n. 1, p. 115-147, 2009.
- NASCIMENTO, D. F.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MOREIRA, R. T. S.; ALONSO, J. M. Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 159-165, 2012.
- SALATI, E.; RIBEIRO, M. N. G.; ABSY, M. L.; NELSON, B. W. Clima da Amazônia: presente, passado e futuro. In: VAL, A. L.; FIGLIUOLO, R.; FELDBERG, E. (Ed.). **Bases científicas para a estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1991. p. 21-36.
- SALOMÃO, R. P.; BRIENZA JÚNIOR, S.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 1-24, 2014.
- SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; CASTILHO, A.; MORAIS, K. A. C. Castanha-do-brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades da Amazônia Setentrional. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 1, n. 2, p. 65-78, 2006.
- SCHROTH, G.; MOTA, M. S. S.; ELIAS, M. E. A. Growth and nutrient accumulation of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in agroforestry at different fertilizer levels. **Journal of Forestry Research**, v. 26, n. 2, p. 347-353, 2015.
- SCOLES, R.; GRIBEL, R. Human influence on the regeneration of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) at Capanã Grande Lake, Manicoré, Amazonas, Brazil. **Human Ecology**, v. 43, p. 843-854, 2015.
- SCOLES, R.; CANTO, M. S.; ALMEIDA, R. G.; VIEIRA, D. P. Sobrevida e frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em áreas desmatadas em Oriximiná, Pará. **Floresta e Ambiente**, no prelo.
- SCOLES, R.; GRIBEL, R.; KLEIN, G. N. Crescimento e sobrevivência de castanha (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em diferentes condições ambientais na região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 6, n. 3, p. 273-293, 2011.
- 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.
- SILVA, K. R.; MINETTI, L. J.; FIEDLER, N. C.; VENTUROLI, F.; MACHADO, E. G. B.; SOUZA, A. P. Custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto em região de cerrado. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 361-366, 2004.
- SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; SOUZA, J. M. L. Influência do processo de beneficiamento na qualidade de amêndoas de castanha-do-brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 445-450, 2010.
- SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 127-134, 2010.
- SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.
- THOMAS, E.; CAICEDO, C. A.; LOO, J.; KINDT, R. The distribution of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) through time: from range contraction in glacial refugia, over human-mediated expansion, to anthropogenic climate change. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 267-291, 2014.
- THOMAS, E.; CAICEDO, C. A.; McMICHAEL, C. H.; CORVERA, R.; LOO, J. Uncovering spatial patterns in the natural and human history of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) across the Amazon Basin. **Journal of Biogeography**, v. 42, p. 1367-1382, 2015.
- TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no estado de Roraima - andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb) e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazonica**, v. 35, n. 3, p. 353-362, 2005.
- TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENGBER, D.; MOURÃO JUNIOR, M. Avaliação de espécies florestais em área de mata no estado de Roraima. **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 8-18, 2006.
- VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. Produção na Amazônia Florestal: características, desafios e oportunidades. **Parcerias Estratégicas**, v. 19, n. 38, p. 13-44, 2014.