

Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central

Joanne Régis COSTA¹, Arianna Bianca Campos CASTRO², Elisa Vieira WANDELLI³, Sandra Celia Tapia CORAL⁴, Silas Aquino Garcia de SOUZA⁵

RESUMO

Este estudo avaliou o desempenho da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais implantados em ecossistema de terra firme na Amazônia Central. Foram avaliados 3 sítios de sistemas agroflorestais multi-estratificados, implantados em 1992, em áreas de pastagens degradadas, situadas no km 54 da BR-174, no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus (AM). Os sistemas foram implantados após o processo tradicional de derruba e queima da vegetação secundária estabelecida em pastagens submetidas por 6 anos ao pastejo intensivo e abandonadas por 4 anos, em média, ao processo de regeneração natural. O desempenho da espécie com 12 anos de idade foi avaliado por meio do diâmetro à altura do peito (DAP), da altura total, da taxa de sobrevivência e das variáveis morfométricas “Diâmetro da Copa”, “Proporção de Copa”, “Grau de Esbeltez”, “Índice de Saliência”, “Índice de Abrangência” e “Forma de Copa”. Os indivíduos atingiram altura total média de 20,9 m e DAP de 37,9 cm, com incremento médio anual de 1,74 m e 3,16cm, respectivamente. A porcentagem média de sobrevivência foi de 78%, cuja mortalidade foi relacionada às ventanias e raios. Os resultados indicaram a eficiência dessa espécie para reabilitar áreas degradadas e confirmaram-na como uma espécie adequada para formar sistemas agroflorestais.

PALAVRAS-CHAVE: Uso sustentável, componente agroflorestal, áreas degradadas, reflorestamento.

Silvicultural aspects of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in agroforestry systems in Central Amazonia

ABSTRACT

This study evaluated the development of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in agroforestry systems established on non-flooding plateaus in Central Amazonia. Three multi-strata agroforestry systems established in 1992 in degraded pastures, located at the Experiment Station of Embrapa Amazonia Ocidental, BR-174 highway, km 54, Manaus, Amazonas, were evaluated. The area had been intensively managed as pasture for six years, then abandoned for four years, and reopened with traditional slash and burn practices to plant the agroforestry systems. Species development was evaluated with measurements of survival rate, trunk diameter at breast height (DBH), total tree height, crown diameter, canopy proportion, degree of slenderness, prominence index, inclusion index and crown shape. At 12 years of age, the trees had a mean total height of 20.9 m and DBH of 37.9 cm, with an annual mean increment of 1.74 m and 3.16 cm, respectively. Mean survival was 78%, with mortality due windstorms and lightening. These observations confirm the suitability of this species to help rehabilitate degraded areas and be included in agroforestry systems.

KEYWORDS: sustainable use, degraded areas, agroforestry component, reforestation.

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. E-mail: joanne.regis@cpaa.embrapa.br

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. E-mail: bianca@cpaa.embrapa.br

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. E-mail: elisa.wandelli@cpaa.embrapa.br

⁴ Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. E-mail: sandra@inpa.gov.br

⁵ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Amazônia Ocidental. E-mail: silas.garcia@cpaa.embrapa.br

INTRODUÇÃO

A vocação florestal das regiões tropicais é uma consequência das características dos solos, em que o excesso de precipitação e as temperaturas elevadas durante todo o ano são condições que favorecem o empobrecimento da terra por lixiviação (Thibau, 2000) e pela formação de processos erosivos.

Entre os principais critérios para a seleção de espécies para reflorestamento estão a aptidão em relação ao sítio e a elevada produtividade (Lamprecht, 2000). Em países tropicais e subtropicais, a escolha de espécies nativas para reflorestamento apresenta inúmeras dificuldades, sendo a principal delas a escassez de informações relativas à sua ecologia e silvicultura. Isso se agrava especialmente na Amazônia.

O uso de uma espécie em local inadequado pode levar a alguns problemas como: produtividade inferior; elevada susceptibilidade ao ataque de pragas; falta de adaptação da espécie e produção de madeira com características inadequadas (Tonini e Arco-Verde, 2004).

Uma das espécies nativas mais valiosas da floresta amazônica de terra firme é a castanha-do-brasil ou castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa*), utilizada há várias gerações como fonte de alimentação e renda. Apresenta rusticidade, crescimento relativamente rápido e características adequadas da madeira, sendo uma das mais importantes espécies para programas de reflorestamento na Amazônia (Yared, 1990), com rotações estimadas entre 30 e 40 anos e perspectivas de produção de madeira acima de 150 m³ ha⁻¹ (Yared et al., 1993).

A castanha-do-brasil, também conhecida como castanha-da-amazônia e castanha-do-pará, é árvore de grande porte, copa grande e emergente; fuste retilíneo, com desrama natural de galhos em plantios, formando um eixo ortotrópico de excelente forma para a indústria. Geralmente as castanheiras são encontradas em grupos, formando os conhecidos “castanhais” (Fernandes e Alencar, 1993; Araújo et al., 1986).

O fruto da castanheira, comumente chamado “ouríço”, pode pesar de 500g a 1.500g. A amêndoa presente no interior da semente é utilizada como alimento e considerada uma das proteínas vegetais das mais completas, possuindo alto valor nutritivo. É rica em cálcio e fósforo, essenciais na alimentação infantil, possuindo elevado índice de magnésio e potássio, minerais importantes para o equilíbrio da saúde. Pesquisas recentes descobriram também que a amêndoa é rica em selênio, mineral de ação rejuvenecedora e energética (Vilhena, 2004).

Sua madeira é de ótima qualidade para construção civil e naval, bem como para esteios e obras externas (Loureiro et al., 1979). É uma espécie com grande potencial silvicultural para reflorestamentos com fins madeireiros (Tonini e Arco-verde, 2005).

Poucos são os dados sobre preço da madeira dessa espécie, devido à proibição de corte de exemplares nativos, mas através de notícias veiculadas sobre apreensão de madeira no Pará, foi constatado que a castanheira está sendo vendida por R\$ 350,00 /m³ (Locatelli et al., 2005).

Apesar de ser uma espécie protegida por lei, os castanhais nativos têm sido dizimados e sua produção econômica tem diminuído devido aos fragmentos florestais não comportarem condições ecológicas favoráveis à polinização. Com isso, o plantio da castanha-do-brasil tem sido estimulado, principalmente como componente agroflorestal para programas de reflorestamento, a fim de reincorporar áreas degradadas ao processo produtivo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho silvicultural da castanha-do-brasil implantada em sistemas agroflorestais (SAFs) em áreas de pastagens abandonadas na Amazônia Central.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental (2°31' a 2°32' de latitude sul e 60°01' e 60°02' longitude oeste), km 54 da BR-174 (Rodovia Manaus-Boa Vista), no Estado do Amazonas.

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região encontra-se no grupo climático A, característico de Clima Tropical Chuvoso (AmW). As chuvas são distribuídas em épocas distintas. Geralmente, a estação chuvosa inicia em novembro ou dezembro e segue até maio ou junho e o período seco ocorre nos demais meses. A precipitação pluviométrica é bastante variável com extremos de 1.300 a 2.500 mm. De maneira geral, existe um superávit hídrico de janeiro a junho e um déficit de agosto a dezembro. A umidade relativa do ar na região raramente é inferior a 70% e freqüentemente está próxima de 90% e a luminosidade varia de 1.500 a 3.000 horas de radiação solar por ano, com um grau de nebulosidade relativamente alto (Fisch et al., 1998).

Antes da implantação dos sistemas agroflorestais a capoeira (vegetação secundária) estabelecida após o abandono da pastagem tinha biomassa média de 16t/ha e baixa diversidade florística, com domínio do gênero *Vismia*. O solo é latossolo amarelo distrófico, de textura muito argilosa, alta densidade aparente. A Tabela 1 mostra os atributos químicos do solo nos três sítios estudados, em 1991 e 1997.

Os sistemas agroflorestais (SAFs) foram implantados em 1992. Para este trabalho, foram consideradas as áreas de plantio de castanha-do-brasil em três sítios de 50m x 60m (3000 m²) cada, cujas diferenças entre eles estão relacionadas, principalmente, às condições edáficas, ao histórico de uso e à

Tabela 01 - Análise química do solo antes da implantação dos sistemas agroflorestais (após a queima da capoeira), em 1991, e no quinto ano de desenvolvimento dos sistemas, em 1997.

Tratamento	pH		P mg/kg		K cmol _c /kg		Ca cmol _c /kg		Mg cmol _c /kg		Sat. Al (%)	
	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
Sistemas agroflorestais	4,3	4,3	1,6	1,6	0,10	0,05	0,75	0,24	0,33	0,15	53,1	74,2
Capoeira testemunha	4,5	4,3	2,6	1,2	0,20	0,07	1,27	0,42	0,52	0,31	34,6	56,1

degradação do solo. Cada sítio apresenta a mesma composição de espécies, arranjo e manejo agroflorestal.

O sítio 1 foi pastagem de quicuío (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Sch.), pastoreada por quatro anos e abandonada devido à baixa produtividade da pastagem e à competição com as plantas daninhas. Na época do plantio da castanha-do-brasil, a área estava coberta com capoeira (vegetação secundária) de quatro anos e com uma biomassa acima do solo estimada em 14,4 ton/ha. O sítio 2 foi pastagem de quicuío por cinco anos, abandonada devido a alta incidência de plantas daninhas e passou por uma baixa intensidade de pastejo. Na época da implantação do ensaio, a biomassa da capoeira foi estimada em 21,6 ton/ha. O sítio 3 foi pastagem de quicuío por mais de oito anos, com uso intensivo de pastejo, foi abandonada devido a baixa produtividade e a falta de manejo adequado da pastagem. Na época da implantação dos arranjos agroflorestais, a biomassa da vegetação secundária foi estimada em 14,8 ton/ha. A capoeira foi cortada e queimada, porém, devido à baixa quantidade de biomassa, não houve grande alteração nos nutrientes do solo. Nessas condições, para implantação dos componentes agroflorestais, utilizou-se 40 kg de P/ha, 20 kg de N/ha e 25 kg de potássio/ha.

As castanheiras foram plantadas em 1993 nos sistemas agroflorestais multiestratificados, sendo 24 indivíduos em cada sítio, em espaçamento de 12 x 12 m (Figura 1).

Os sistemas agroflorestais estudados foram denominados “multiestrato” por serem compostos com várias espécies, como cultivos anuais (cultivos temporários), florestais e frutíferas (semi-perenes e perenes), o que levam a um melhor aproveitamento dos recursos de produção. Arroz, mucuna e mandioca foram as culturas anuais plantadas entre as perenes e permaneceram nos sistemas até o terceiro ano. Os componentes dos SAFs estão na Tabela 2.

A manutenção dos níveis de fertilidade do solo dos sistemas agroflorestais do quinto ao décimo segundo ano, apesar da grande exportação de nutrientes provocada pelas colheitas é possivelmente explicada pelo bombeamento de nutrientes das camadas mais profundas realizadas pelas espécies arbóreas com raízes mais profundas que 45 cm, pela proteção do solo ocasionada pelo acúmulo de serapilheira e pelo aproveitamento do material exportado (cascas) via colheita nos próprios

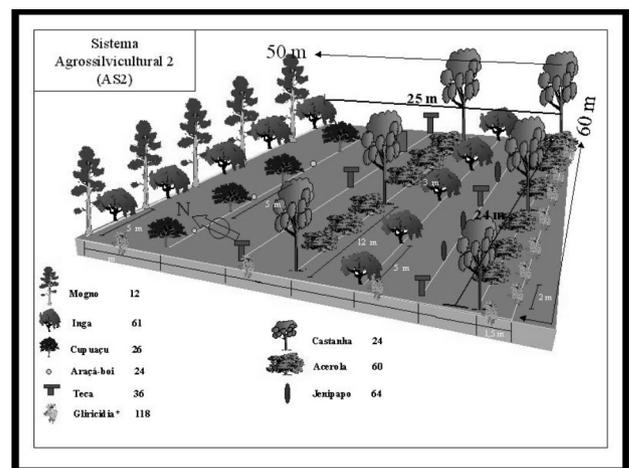


Figura 1 - Croqui do sistema agroflorestal com castanha-do-brasil, implantado em área de pastagem abandonada. Ilustração: Adolfo Tarrá e Angélica Mora.

sistemas. A Tabela 3 mostra os atributos químicos do solo nos três sítios estudados, 12 anos após a implantação dos sistemas agroflorestais.

PARÂMETROS AVALIADOS

O desempenho da castanha-do-brasil, com 12 anos de idade, foi avaliado por meio das seguintes variáveis: diâmetro à altura do peito (DAP), tomado a 1,30 m do solo, obedecendo aos sentidos norte-sul e leste-oeste, altura total e taxa de sobrevivência dos indivíduos.

Como variáveis morfométricas foram consideradas:

Diâmetro da Copa (DC), Proporção de Copa (PC), Grau de Esbeltez (GE), Índice de Saliência (IS), Índice de Abrangência (IA) e Forma de Copa (FC), conforme Burger (1939).

A proporção de copa foi calculada pela expressão $PC = l / DAP \times 100$, em que l é a altura da copa em metros, obtido pela subtração da altura total (h) e altura de Inserção de Copa (IC).

O grau de esbeltez foi calculado por $GE = h / DAP$, em que h é a altura total em metros; e o DAP é o diâmetro tomado a 1,30 m, em cm.

Tabela 2 - Espécies componentes dos sistemas agroflorestais implantados no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus (AM).

Nome Científico	Nome comum	Produtos	Estratos e Serviços
<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K	Castanha-do-brasil	Fruto e madeira	Ocupa estrato superior. Cicla nutrientes de camadas profundas.
<i>Carica papaya</i> L.	Mamão	Frutos	Ocupa estrato intermediário.
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	Cupuaçu	Frutos	Ocupa estrato intermediário. Produz muita leiteira.
<i>Eugenia stipitata</i> McVaugh	Araçá-boi	Frutos	Ocupa estrato intermediário. Alta ciclagem de fósforo
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Frutos	Ocupa estrato superior
<i>Malpighia emarginata</i> L.	Acerola	Frutos	Ocupa estrato intermediário.
<i>Passiflora edulis</i> L.	Maracujá	Frutos	Ocupa estrato intermediário.
<i>Tectona grandis</i> Nursery	Teca	Madeira	Ocupa estrato superior
<i>Inga edulis</i> Martius	Ingá	Frutos	Ocupa estrato intermediário. Adubação Verde.
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno	Madeira	Ocupa estrato superior.
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	Gliricídia		Ocupa estrato intermediário. Adubação verde.
<i>Paullinia cupana</i> H.B.K	Guaraná	Frutos	Ocupa estratos inferiores sombreados.
<i>Oryza sativa</i> L.	Arroz	Grãos	Proteção das mudas das espécies perenes na fase de implantação
<i>Mucuna aterrima</i> Piper & Tracy Merr.	Mucuna	-	Proteção do solo formando cobertura. Adubação verde na fase de implantação.
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca	Tubérculos	Proteção das mudas das espécies perenes na fase de implantação.

Tabela 3 - Atributos químicos do solo, na profundidade 0 – 15 cm, nos três sítios de sistemas agroflorestais, em 2004.

Sítios	pH	P	N	K	Ca	Mg	M.O.	Fe	Zn	Mn	Cu
	(H ₂ O)	mg.dm ⁻³ .	(g/kg)		Cmol.dm ⁻³		(g/kg)		(mg.dm ⁻³)		
1	4,43	6.9	14,8	29,3	0,48	0,19	36,42	119	21,2	1,9	0,1
2	4,39	5.5	13,4	29,3	0,51	0,25	34,92	108	20,3	2,8	0,15
3	4,51	3.2	16	31,3	0,3	0,18	30,34	172	15,2	2,7	0,14

O índice de saliência foi calculado por $IS = DC/DAP$, em que DC é o diâmetro de copa em metros e o DAP é o diâmetro tomado a 1,30 m em metros. O Índice de saliência expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP (Durló e Denardi, 1998).

O índice de abrangência foi calculado por $IA = DC/h$, em que DC é o diâmetro da copa em metros e h é a altura total em metros.

O formal de copa foi obtido por $FC = DC/l$, em que DC é o diâmetro da copa em metros; l é o comprimento da copa em metros.

A altura foi mensurada com utilização de uma régua numerada, o DAP com suta e o diâmetro da copa com auxílio de uma trena.

As medições das castanheiras são feitas anualmente. São apresentados aqui os resultados referentes ao 12º ano de plantio. Para os cálculos de incremento corrente anual do DAP e da altura foram utilizados dados do 11º ano do plantio.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi feita análise de variância (ANOVA), seguida de teste de Tuckey, para avaliar as diferenças entre os sítios, usando o programa estatístico SYSTAT 10.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que houve diferença significativa no crescimento em altura da castanha-do-brasil (ANOVA; $F=7,9$; $P<0,001$), com destaque para os sítios 1 e 2, mas não houve diferença entre os sítios considerando o crescimento em DAP (Tabela 4).

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey. s= Desvio Padrão.

Considerando que a diferença entre os sítios deve-se principalmente às características químicas do solo, decorrente do histórico de uso, abandono e degradação, pode-se atribuir esse desenvolvimento dos indivíduos de castanha-do-brasil no Sítio 1, às melhores condições edáficas, principalmente, pelos níveis de fósforo e matéria orgânica. Conforme a Tabela 3, o Sítio 1 manteve um status de fósforo e de matéria orgânica no solo maior que nos demais sítios, atributos que o torna mais produtivo em áreas de pastagens degradadas.

Os resultados apresentados superam aqueles encontrados por Fernandes e Alencar (1993), na Região de Manaus (AM), cuja média de crescimento em altura foi de 15,41 m e em

DAP de 13,9 cm em castanheiras com 10 anos, plantadas em monocultivo, em espaçamento bem adensado. Soares et al. (2002), em Manacapuru (AM), também obtiveram resultados inferiores ao aqui relatados, com médias de crescimento em altura de 16,1 m e em DAP 31,1 cm, em castanheiras com 10 anos, componentes de sistemas agroflorestais. Em monocultivo de castanheiras de Curuá-una (SUDAM, 1979) com 17 anos e espaçamento de 2,5 x 2,4m, a altura máxima das castanheiras foi de 21m, valor similar ao obtido neste estudo, que tem sistemas cinco anos mais jovens (Tabela 5).

Os resultados de crescimento em altura e DAP obtidos neste trabalho confirmam uma interação positiva das demais plantas do sistema com a castanha-do-brasil, decorrente das condições ambientais locais, como, por exemplo, a melhor ciclagem de nutrientes. Isto está fundamentado em Tapia-Coral et al (2005), que avaliaram os estoques de carbono e nutrientes na camada de serapilheira nos mesmos sistemas agroflorestais e na capoeira-controle e observaram a existência de uma camada de serapilheira com melhor qualidade nutricional, isto é, com boas concentrações e estoques de macronutrientes. Isso indica uma decomposição rápida e, possivelmente, uma reciclagem mais eficiente de nutrientes. O estudo mostra que as árvores e os adubos verdes (*Gliricidia sepium* e *Inga edulis*) aparecem como importantes fontes de N, K e Ca e as capinas juntamente com os adubos verdes são fontes importantes de P. De modo geral, as folhas e outros

Tabela 4 - Crescimento médio em altura total, diâmetro a altura do peito (DAP), incremento médio anual (IMA), incremento corrente anual (ICA), Área Basal (G) e volume cilíndrico (Vol.C.) da castanha-do-brasil em sistemas agroflorestais, no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus (AM), em 2005.

SAF	Altura			DAP			G média (m ²)	Vol.C.médio (m ³)		
	Altura (m)	s	IMA (m)	ICA (m)	DAP (cm)	s			IMA	ICA (cm)
Sítio I	21,89 a	1,99	1,82	2,29	38,48 a	5,03	3,21	3,86	0,1186	2,6156
Sítio II	21,49 a	1,93	1,79	1,77	39,47 a	3,39	3,29	4,49	0,1233	2,6676
Sítio III	19,4 b	1,99	1,62	1,84	36,93 a	3,8	3,1	5,1	0,1082	2,0928
	20,93	1,34	1,74	1,96	38,29	1,28	3,16	4,49	0,1167	2,4586

Tabela 5 - Crescimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em diferentes municípios da Amazônia.

Município - Estado	Idade (anos)	Espaçamento (m)	Sobrevivência (%)	IMA	IMA	Fonte
				DAP	Altura	
Machadinho d'Oeste – RO	10	12x12	95,4	2,07	1,2	Vieira et al (1998)
Macapá – AP	40	10x10	Ind.	1,49	0,7	Yared et al. (1993)
Manaus – AM	40	10x10	Ind.	1,73	0,6	Yared et al. (1993)
Manaus – AM	10	3x3	69,4	1,39	1,5	Fernandes e Alencar (1993)
Manacapuru – AM	10	10x10	57	3,1	1,6	Soares et al (2004)
Tomé-Açu – PA	49	20x20	Ind.	1,62	0,42	Yared et al. (1993)

Nota: Ind.: Indisponível.

materiais de decomposição mais rápida apareceram como as principais fontes de C e nutrientes nos SAFs.

No presente estudo, o diâmetro máximo (38,48cm) registrado nos sistemas agroflorestais foi superior aos 21,7cm obtidos por Fernandes & Alencar (1993), possivelmente resultado do espaçamento utilizado (3x3m). Locatelli et al (2005) em um estudo comparativo do crescimento da castanha-do-brasil em monocultivo e em sistemas agroflorestais, observaram que até os 10 anos, o comportamento do DAP e da altura foram maiores no sistema consorciado. Aos 16 anos após plantio em Machadinho d'Oeste, as árvores em parcela consorciada apresentaram 29m de altura e 42cm de DAP, enquanto que no plantio solteiro os resultados foram de 28m e 43cm, respectivamente, não apresentando diferença significativa.

Os valores médios em altura e DAP foram menores no Sítio III, devido à qualidade desse sítio, usado como pastagem por 8 anos, 3 a mais que o Sítio II e 4 a mais que o Sítio I. O crescimento e as dimensões definitivas de cada espécie sofrem a influência das condições ambientais locais (Lamprecht, 1990). Dito de outra forma o crescimento das árvores é governado pelos fatores genéticos da espécie e pelas condições ambientais que compreendem, basicamente, os fatores climáticos, edáficos, topográficos e de competição de cada local (Della-Flora et al., 2004).

A análise do incremento médio anual em diâmetro e altura total mostrou que nos três sítios houve incrementos médios em diâmetro acima de 3cm e em altura acima de 1,6 m, indicando a eficiência dessa espécie na captura de recursos em áreas degradadas. Os resultados relacionados aos DAPs superam os encontrados por Yared et al. (1993), em diversas localidades da Amazônia, em povoamentos com idade entre 30 e 49 anos, nos quais os DAPs variaram entre 40,0 cm e, 79,5 cm, sendo de 1,7 cm o maior IMA encontrado.

Vieira et al. (2002) em estudo de plantios consorciados e povoamento homogêneo realizado no município de Machadinho d'Oeste-RO obtiveram ao final de 13 anos o IMA em diâmetro de 2,07 cm e em altura de 1,2 m para os dois sistemas de cultivo (consorciado e monocultivo), valores abaixo dos resultados encontrados neste estudo (Tabela 2).

VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS

A Proporção da Copa foi altamente variável nas castanheiras avaliadas. Em média, considerando as três áreas, seu valor foi de 66,55%. Mas foram encontrados indivíduos com 44% de copa e outros com mais de 80%.

O Índice de Saliência médio foi de 31,59. A razão entre o diâmetro da copa e o DAP indicou, nas três áreas estudadas, copas 30 vezes maiores que o DAP. Isto significa que o espaço ocupado pelas castanheiras deve ser grande não apenas no início do plantio como sugerem Tonini e Arco-Verde (2004).

Esses autores encontraram um índice de saliência maior para castanha-do-brasil (50) em plantios homogêneos aos 7 anos de idade, em Roraima.

O Índice de Abrangência apresentou uma tendência a diminuir com a altura porque o aumento da altura não é acompanhado, proporcionalmente, pelo aumento do diâmetro da copa, quer dizer, o crescimento em altura ainda é maior que o crescimento do diâmetro da copa. Considerando o valor médio de 0,58 de índice de abrangência e, ao supor que este índice não muda com a altura, castanheiras com 30m teriam uma copa com diâmetro de 17,4 m, sem que houvesse nenhuma concorrência entre elas.

Os valores mínimos e máximo de Formal de Copa (0,51 e 1,52) demonstram que não existem grandes diferenças entre os indivíduos, com respeito a esta variável, havendo quase uma uniformidade, com maior quantidade de castanheiras com formal de copa baixo do que árvores com copas achatadas. No caso de realização de desbastes, devem ser retiradas as árvores com maior formal de copa.

O aumento do Índice de Esbeltez, juntamente com o aumento da altura das árvores indica que as mesmas estão crescendo mais em altura do que em diâmetro. Quanto maior o grau de esbeltez maior a instabilidade da árvore. Em latitudes baixas essa variável perde um pouco em importância, mas está indicando instabilidade contra o vento.

Não houve diferença significativa entre os três sítios, considerando todas as variáveis morfométricas.

SOBREVIVÊNCIA E PRODUÇÃO

A porcentagem média de sobrevivência nos sistemas agroflorestais foi de 78%, cuja mortalidade foi relacionada a ventanias e raios. Em um estudo realizado por Kanashiro e Yared (1988) no Pará e no Acre foram relatadas maiores taxas de sobrevivência (100%), o mesmo ocorrendo em Machadinho d' Oeste com 95,4%. Alguns estudos (Yared et al, 1988; Soares et al, 2004) relatam valores de sobrevivência menores.

A produção de frutos foi iniciada ao oitavo ano após o estabelecimento da espécie no campo. Após 12 anos de plantio, todos os indivíduos frutificaram. A produção foi de 30 ouriços por planta. Cada ouriço produziu aproximadamente 40 amêndoas, o equivalente a 0,800 kg/frutos/ouriço.

Não foram observados problemas significantes relativos a pragas e doenças.

A desrama natural possibilitou a cobertura do solo (deposição de matéria orgânica) em todos os sítios.

CONCLUSÕES

O crescimento em altura, DAP e produção volumétrica, bem como os valores obtidos das variáveis morfológicas confirmaram um excelente desempenho silvicultural da castanha-do-brasil, com destaque para o sítio com melhores condições edáficas.

A castanha-do-brasil é uma espécie promissora para a formação de sistemas agroflorestais e um importante componente para reabilitação de áreas abandonadas e degradadas na Amazônia Central.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ARAÚJO, A. P. de; JORDY FILHO, S; FONSECA, W. N. da. A vegetação da Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, I, Belém. 1984. **Anais...** Belém: EMBRAPA/CPATU, 1986, 6 v. (EMBRAPA-CPATU, Documentos, 36) v2, p.135-144.
- BURGER, H. Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. **Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen**, v.21, p.147-176, 1939.
- DELLA FLORA, J.B.; DURLO, M.A.; SPATHELF, P. Modelo de incremento para árvores singulares-*Nectandra megaptamica* (Spreng.) Mez. **Ciência Florestal**, 2004, V. 14. nº 1, p. 165-177.
- DURLO, M.A. e DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.8, p.55-56, 1998.
- FERNANDES, N. P. & 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** 23 (2-3): 191-198, 1993.
- FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v.28, a.2, p.101-126, 1998.
- KANASHIRO, M.; YARED, J. A. G. *Espécies nativas e exóticas: comportamento silvicultural no Planalto dos Tapajós, Pará*. Belém: [s.n.], 1988. 29 p. (Documentos, 49).
- LAMPRECHT, H. *Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado*. Dt.Ges. Für Techn. Zusammenarbeit, Rossdorf, República Federal da Alemanha.2000, 343 p.
- LAMPRECHT, H. *Silvicultura nos trópicos*. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.
- LOCATELLI, M; VIEIRA, A.H.; GAMA, M.M.B.; FERREIRA, M.G.R.; MARTINS, E.P.; FILHO, E.P.S.; SOUZA, V.F e MACEDO, R.S. *Cultivo da Castanha-do-Brasil em Rondônia*. Sistemas de Produção, 7 ISSN 1807-1805 Versão Eletrônica Jun./2005.
- LOUREIRO, A. A.; SILVA, M.E.; ALENCAR, J.C. *Essências madeireiras da Amazônia*. INPA. VI: 121-125, 1979.
- SOARES, J.E. C.; van LEEUWEN, J.; GOMES, J. B. M. O desenvolvimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em plantios agroflorestais no município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. In: Anais V Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 25-28 outubro de 2004. Curitiba, PR: Embrapa-Florestas, 2004. p. 380-382.
- SUDAM. Características silviculturais de espécies nativas e exóticas dos plantios do Centro de Tecnologia da Madeira - Estação Experimental de Curuá-una. Belém, 1979, 351p.
- TAPIA-CORAL, S.C., LUIZÃO, F., WANDELLI, E., FERNANDES, E.C.M. 2005. Carbon and nutrient stocks of the litter layer in Central Amazonian agroforestry systems. **Agroforestry Systems** 65:33-42.
- THIBAU, C.E. Produção sustentada em florestas: Conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações. CVRD, Belo Horizonte, 2000, 512 p.
- TONINI, H. e ARCO-VERDE, M. *O crescimento da Castanheira-do-brasil (Bertholletia excelsa Bonpl.) em Roraima*. Comunicado Técnico 05 - ISSN 0102-099, Agosto, 2004, Embrapa Roraima, Boa Vista-RR.
- TONINI, H., ARCO-VERDE, M. F., SÁ, S. P. P. de. 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**, July/Sept. 2005, vol.35, no.3, p.353-362. ISSN 0044-5967.
- VIEIRA, A H.; LOCATELLI, M. E SOUZA, V.F. Crescimento de castanha-do-brasil em dois sistemas de cultivo em solos de baixa fertilidade. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2002. Anais...Sistemas Agroflorestais, tendências da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida. Ilhéus: CEPLAC:UESC, 2002
- VILHENA, M. R. *Ciência, tecnologia e desenvolvimento na economia da castanha-do-brasil- A transformação industrial da castanha-do-brasil na COMARU-Região Sul do Amapá*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2004, Campinas -SP, 149p.
- VIEIRA, A H; LOCTELLI, M.; SOUZA, V.F de Crescimento de castanha-do-brasil em dois sistemas de cultivo. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1998. p.12 (EMBRAPA-CPAF Rondônia boletim de pesquisa, 22).
- YARED, J.A.G.; KANASHIRO, M.; VIANA, L. M.; CASTRO, T.C.A. de; PANTOJA, J. R. de S. Comportamento silvicultural de castanheira (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) em diversos locais da Amazônia. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, 1993, Curitiba-Pr. Anais... Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993, V.2 p.416-419.

YARED, J.A.G. Silvicultura de algumas espécies nativas da Amazônia, In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO; 6 1990, Campos do Jordão. Anais... Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1990 V. 1 p. 119-122.

YARED, J.A.G.; BRIENZA JUNIOR, S.; CARVALHO, J.O.P. de, LOPES, J. do C.A.; AGUIAR, O.J.R. de; COSTA FILHO, P.P. Silvicultura como atividade econômica na região amazônica. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, 1; Curitiba, 1988. Anais... Curitiba: EMBRAPA-CNPF, 1988 p.15-41 v.1.

Recebido em 06/08/2008

Aceito em 19/03/2009