



Morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia¹

Morphometric of four species in agroforestry systems in the municipality of Porto Velho, Rondônia.

Tiago Monteiro Condé^{2*}, Maria Luiza Martins de Lima³, Everaldo Marques de Lima Neto⁴, Helio Tonini⁵

Resumo - O presente estudo visa descrever a morfometria das espécies Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e Mogno (*Swietenia macrophylla* King.) e simular o espaço vital para que as mesmas cresçam sem concorrência em plantios agroflorestais. Os dados foram coletados em vinte sistemas agroflorestais (SAF's) em idade considerada produtiva (16,5 anos) do Projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado) no município de Porto Velho, Rondônia. A implantação dos SAF's ocorreu mediante a supressão da vegetação por meio do processo de derrubada e queima da floresta nativa. Foram coletados aleatoriamente dados morfométricos de indivíduos com DAP ≥ 10 cm das quatro espécies florestais em 1 ha de cada propriedade rural, totalizando uma área amostral de 20 ha (20 propriedades). A amostragem foi composta por 25 indivíduos de Andiroba, 40 de Castanheira-do-Brasil, 23 de Copaíba e 46 de Mogno. A Andiroba foi bastante semelhante ao Mogno em relação à Porcentagem de Copa (PC), Índice de Abrangência (IA) e Forma de Copa (FC) e ambas demonstraram potencialidade para plantios adensados com fins madeireiros. A Castanheira-do-Brasil e a Copaíba obtiveram os maiores valores de FC (1,66; 1,79) e Área de Copa (92,60; 57,51), respectivamente, indicando copas frondosas, características silviculturais interessantes para o extrativismo de sementes. Foi simulado o espaço vital para que às quatro espécies desenvolvessem sem competição entre copas. Concluiu-se que, ambas as espécies apresentaram potencial para plantio visando à extração de produtos madeireiros e não madeireiros em áreas florestais submetidas ao desmatamento e degradação na Amazônia.

Palavras-chave - Amazônia. *Bertholletia excelsa*. *Carapa guianensis*. *Copaifera langsdorffii*. *Swietenia macrophylla*.

Abstract - This study aims to describe the morphometry of Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Brasil nut tree (*Bertholletia excelsa* HBK), Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) Mogno (*Swietenia macrophylla* King.) and simulate the vital space for it to grow without competition in agroforestry plantations. Data were collected in 20 agroforestry (SAF's) considered productive age (16.5 years) of Project RECA (Economic Reforestation Consortium and Compacted), the municipality of Porto Velho, Rondônia. The deployment of the SAF's occurred through the removal of vegetation through the process of clearing and burning of native forests. Morphometric data were collected randomly from individuals with DBH ≥ 10 cm of four tree species in one hectare of each farm, for a total sample area of 20 ha (20 properties). The sample was composed by 25 individuals of Andiroba, 40 of Brasil nut tree, 23 of Copaíba and 46 of Mogno. Andiroba was very similar to Mogno in relation to Cup Percentage (PC), Coverage Index (AI) and Cup Form (FC), both showed potential for higher density plantations with timber purposes. The Brasil nut tree and Copaíba had the highest values of the FC (1.66, 1.79) and Crown Area (92.60, 57.51), respectively, showing fronds crowns, silvicultural interesting features for the extraction of seeds. Was simulated living space for the four species develop without competition between cups. It was concluded that the four species have potential for planting for extraction of timber and non-timber forest in areas subject to degradation and deforestation in the Amazon.

Key words - Amazon. *Bertholletia excelsa*. *Carapa guianensis*. *Copaifera langsdorffii*. *Swietenia macrophylla*.

*Autor para correspondência

¹Enviado para publicação em 15/08/2012 e aprovado em 10/04/2013

²Professor de Engenharia Florestal – Coordenação de Ciências Exatas e Agrárias - Universidade Estadual de Roraima (UERR). Av. Senador Helio Campos, s/n, Rorainópolis/RR, tiagonafloresta@gmail.com

³Bacharel em Engenharia Florestal - Universidade Estadual de Roraima, BR-210, Km 70, São João da Baliza/RR, marymartinsjb@hotmail.com

⁴Professor de Engenharia Florestal – Coordenação de Ciências Exatas e Agrárias - Universidade Estadual de Roraima (UERR). Av. Senador Helio Campos, s/n, Rorainópolis/RR, everaldo.limaneto@gmail.com

⁵Pesquisador da Embrapa Agrossilvopastoril. Rodovia MT 222, km 2,5, Sinop/MT, helio.tonini@embrapa.br

Introdução

As florestas plantadas surgiram com o intuito de abastecer as indústrias, fornecer lenha e carvão vegetal, possibilitar a proteção ambiental e principalmente diminuir a pressão sobre as florestas nativas (LEÃO, 2000). Os plantios em forma de sistemas agroflorestais (SAF's) representam uma alternativa mais viável de uso e cobertura do solo em relação ao modelo tradicionalmente adotado pela maioria dos agricultores na Amazônia (BRIENZA JÚNIOR, 2009).

O uso e cobertura do solo na região amazônica se pautam em sua maioria no modelo tradicional de derrubada e queima da floresta primária ou secundária, onde logo em seguida são efetuados plantios de culturas anuais ou implantações de pastagens (FEARNSIDE, 2005; FEARNSIDE, 2006). Esses desflorestamentos têm contribuindo substancialmente para as mudanças climáticas globais e redução da biodiversidade (FEARNSIDE, 2008). Geralmente, nesse modelo a terra (lavoura anual ou pastagem) perde a fertilidade natural em um período de 2 a 4 anos, posteriormente essas áreas são abandonadas em detrimento do empobrecimento de nutrientes do solo e devido ao surgimento de plantas invasoras, pragas e doenças, tornando o ciclo predatório para as florestas amazônicas (COSTA *et al.*, 2009; DIAS-FILHO, 2011).

Segundo o Imazon (2012), durante o período de dezembro de 2009 a junho de 2012 foi registrado um aumento significativo do desmatamento na Amazônia Legal, em áreas de assentamentos de reforma agrária (16% para 26%), Unidades de Conservação (1% para 30,5%) e uma redução em áreas de terras privadas, posses e devolutas (78% para 42%). Dessa forma, a extração vegetal insustentável proporciona um acentuado desequilíbrio entre oferta e demanda de produtos florestais originados a partir de espécies nativas.

A implantação de sistemas agroflorestais (SAF's) na Amazônia mostra-se como uma alternativa promissora. Os SAF's possuem o intuito de contribuir com a redução dos impactos ambientais e favorecer mutuamente os âmbitos sociais e econômicos das populações amazônicas (AGROFLORESTA, 2012). Porém, alguns autores ressaltam a importância da escolha das espécies a serem implantadas em SAF's como um dos fatores de grande relevância para atingir altas produtividades com harmonia sinérgica entre as plantas nesses ecossistemas (TONINI; ARCO VERDE, 2005b; TONINI *et al.*, 2005).

O conhecimento da morfometria ou relações morfométricas e o acompanhamento da dinâmica das formas de crescimento das árvores torna-se imprescindível para aprimorar as intervenções silviculturais, principalmente

quando se deseja tornar efetiva a utilização de espécies da flora nativa em reflorestamentos com interesses econômicos (DURLO, 2001; ROMAN *et al.*, 2009; DURLO *et al.*, 2004). As dimensões da copa e do tronco mudam em função de influências genéticas e ambientais, e o que medimos em um índice de competição se deve, em parte, às condições passadas, não existindo garantias de que estas condições permanecerão imutáveis no futuro (NUTTO *et al.*, 2001; TONINI *et al.*, 2005).

Burger (1939) e Assmann (1961) foram os pioneiros nos estudos sobre as formas das copas das árvores e caracterizações dos modelos de copa. A morfometria das árvores permite inferir sobre as relações interdimensionais e reconstituir o espaço ocupado por cada árvore, dessa forma, tornar viável o cálculo do espaço vital ou o grau de concorrência que uma espécie ou árvore está sujeita dentro de um povoamento (DURLO; DENARDI, 1998).

O presente estudo visa descrever a morfometria de quatro espécies Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e Mogno (*Swietenia macrophylla* King.) e simular o espaço vital para que as mesmas cresçam sem concorrência em plantios agroflorestais, com o intuito de fornecer subsídios ao manejo do sistema de produção agroflorestal na Amazônia.

Material e métodos

O presente estudo foi realizado na área do Projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado), situado na vila de Nova Califórnia (9°47'28" S e 66°41'31" W), município de Porto Velho, Rondônia. O Projeto RECA teve início nos anos de 1988 e 1989, com os objetivos de promover a organização das famílias em grupos, a implantação de sistemas agroflorestais com espécies amazônicas, a educação ambiental, a saúde alternativa, a gestão democrática e o beneficiamento e comercialização dos produtos agroflorestais (PROJETO RECA, 2011).

Segundo a classificação de Köppen, o clima dominante é Am (Clima tropical Chuvoso, com chuvas tipo monção), apresentando uma estação seca de pequena duração entre os meses de junho a setembro. A pluviosidade está em torno dos 2.250 mm anual. A temperatura anual está entre 16°C e 37°C, com uma média de 25°C. A umidade relativa é bastante elevada, variando entre 85% e 90% na época chuvosa e entre 60 a 70% na época seca (FRANKE *et al.*, 2005). A tipologia da vegetação é denominada Floresta Ombrófila Aberta (IBGE, 2004). Os

solos apresentam predominância de Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo (FRANKE *et al.*, 2005).

A amostragem foi realizada durante o mês de julho de 2010 em 20 propriedades rurais contendo SAF's em idade considerada produtiva (16,5 anos). Os SAF's amostrados estavam em diferentes condições edáficas, ou seja, cada proprietário tinha sua técnica particular de manejo do solo. Não foram coletadas análises de solo nas áreas amostradas. Foi observado um espaçamento padrão entre plantas (10 m x 4 m), onde cada proprietário fez seu arranjo e composição de espécies de forma singular. A implantação desses SAF's seguiu o modelo tradicionalmente adotado por agricultores amazônicos, mediante a retirada da floresta nativa através do processo de derrubada e queima.

Foram coletados aleatoriamente dados morfométricos de indivíduos com DAP \geq 10 cm (diâmetro à altura do peito, mensurado à distância de 1,30 metros do solo) de quatro espécies florestais: Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia*

excelsa H.B.K.), Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e Mogno (*Swietenia macrophylla* King.), presentes em 1 hectare de cada propriedade rural, totalizando uma área amostral de 20 ha, ou seja, 20 SAF's amostrados.

Utilizando o Relascópio de Bitterlich foi coletada a altura total da árvore (HT), correspondente à distância entre o nível do solo e o final da copa da árvore e a altura comercial do fuste (HC), correspondente à distância entre o nível do solo até a inserção da copa viva. O comprimento de copa (CC) foi calculado mediante a expressão: $CC = HT - HC$. O diâmetro da copa (DC) foi obtido através de mensurações de quatro raios de copa em direções fixas norte (R_{0°), sul (R_{180°), leste (R_{90°) e oeste (R_{270°) utilizando-se uma trena, tomando-se como ponto de origem o centro do tronco e distanciando-se até o limite da copa, sendo calculado mediante a expressão $DC = [(R_{0^\circ} + R_{180^\circ}) + (R_{90^\circ} + R_{270^\circ})]/2$, método adaptado de Roman *et al.* (2009) (Figura 1).

Para análise das relações morfométricas, as variáveis analisadas foram: Comprimento da Copa (CC), Diâmetro da Copa (DC), Proporção da Copa (PC), Grau

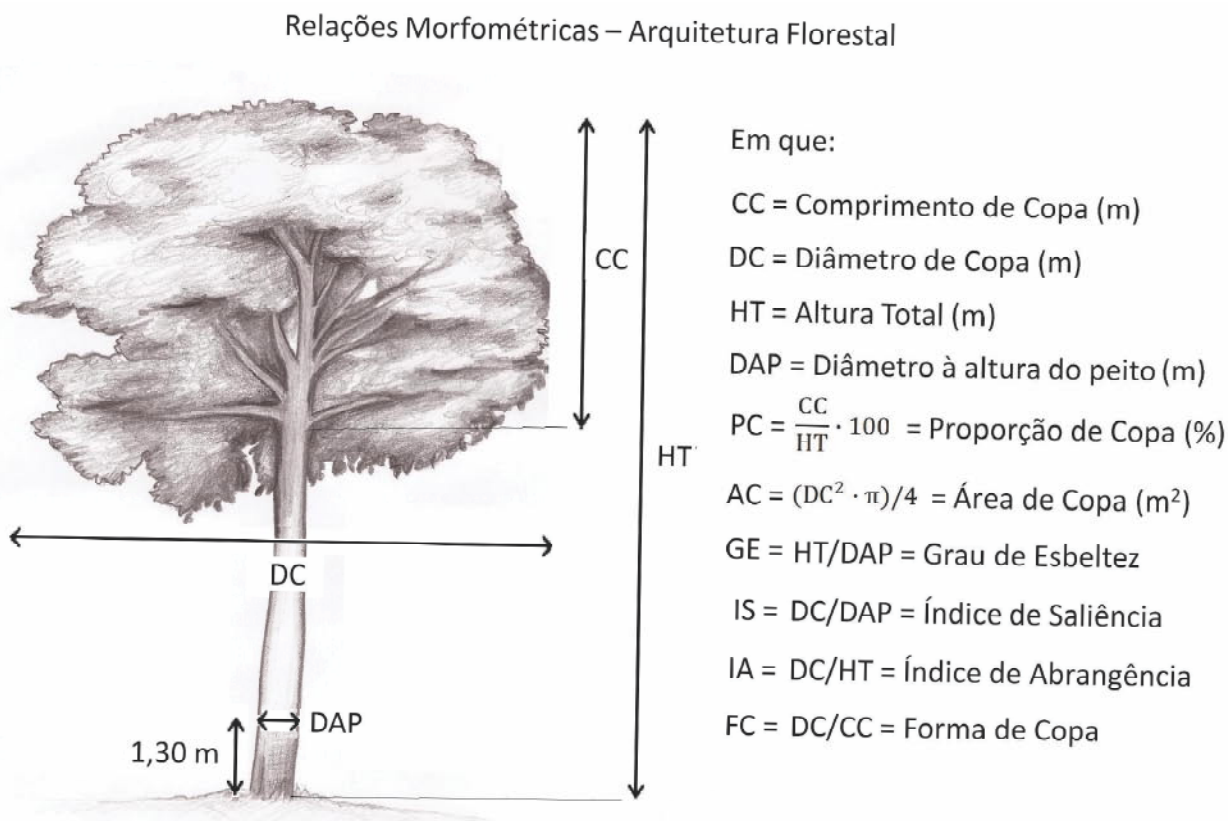


Figura 1 – Modelo de uma árvore e suas relações morfométricas, adaptado de Burger (1939). Desenho confeccionado pela artista plástica Raquel Monteiro Condé (CONDÉ, 2012).

de Esbeltez (GE), Índice de Saliência (IS), Índice de Abrangência (IA), Forma de Copa (FC) e Área de Copa (AC), conforme descrito por Burger (1939), Durlo e Denardi (1998) e Roman *et al.* (2009) (Figura 1).

A simulação do espaço vital (EV) para que as espécies cresçam sem concorrência entre copas em plantios agroflorestais com espaçamento inicial (EI = 10 m x 4 m) foi realizada utilizando o software Excel 2007, por meio dos seguintes passos: **1º**) Cálculo do incremento médio por espécie (IMA) em altura, levando-se em consideração a idade média de 16,5 anos (**Eq. 1**); **2º**) Cálculo do Índice de Abrangência simulado por espécie (IA_{sim}) por regressão linear (**Eq. 2**); **3º**) Cálculo do Índice de Abrangência Ponderado por espécie (IA_p) mediante uma ponderação entre o valor de (IA_{sim}) e o valor de IA médio por espécie (\bar{IA}) (**Eq. 3**); **3º**) Cálculo do Diâmetro de Copa Ponderado por espécie (DC_p), com base no IA_p (**Eq. 4**); **4º**) Cálculo do Diâmetro de Copa Máximo ($DC_{máx}$) com base na divisão da área por planta/ha ($X \cdot Y = m^2$) pelo maior valor de comprimento (Y) ou largura (X) da área destinada a cada planta, para que não ocorra sobreposição de copas (**Eq. 5**); **5º**) Cálculo da Área de Copa Ponderada (AC_p) e Área de Copa Máxima ($AC_{máx}$) (**Eq. 6**); **6º**) Cálculo do Número de Árvores Sem Competição (NSC), sendo aplicada a **Eq. 7** quando $DC_p \leq DC_{máx}$ e **Eq. 8** quando $DC_p > DC_{máx}$, onde: NL_{rem} = nº de linhas remanescentes; EL_{rem} = espaçamento das linhas remanescentes; NC_{rem} = nº de colunas remanescentes; EC_{rem} = espaçamento das colunas remanescentes; EP_{rem} = espaço por planta remanescente; NL_d = nº de linhas desbastadas com base em $DC_{máx}$; NC_d = nº de colunas desbastadas com base em $DC_{máx}$; **7º**) Cálculo do número de árvores com competição (NCC) (**Eq. 9**), onde t = período anterior e t+1 = período posterior; **8º**) Cálculo Espaço Vital por planta (EV) utilizando um fator binário de necessidade de desbaste (F_d), quando $DC_p \leq DC_{máx}$, esse valor será zero ($F_d = 0$) e quando $DC_p > DC_{máx}$, o valor será 1 ($F_d = 1$) (**Eq. 10**). Essas equações matemáticas são descritas abaixo:

$$IMA = HT/anos \therefore HT_{sim} = IMA \cdot anos \dots\dots\dots(\text{Eq. 1})$$

$$IA_{sim} = \beta_0 + \beta_1 \cdot HT + \varepsilon \dots\dots\dots(\text{Eq. 2})$$

$$IA_p = (IA_{sim} + 2 \cdot \bar{IA})/3 \dots\dots\dots(\text{Eq. 3})$$

$$IA = DC/HT \therefore DC_p = HT_{sim} \cdot IA_p \dots\dots\dots(\text{Eq. 4})$$

$$DC_{máx} = [\text{área por planta/ha}/(XY)]/[\text{> comp. (Y) ou larg. (X)}] = < \text{comp. (Y) ou larg. (X)} \dots\dots\dots(\text{Eq. 5})$$

$$AC_p = (DC_p \cdot \pi)/4 \quad AC_{máx} = (DC_{máx} \cdot \pi)/4 \dots\dots\dots(\text{Eq. 6})$$

$$NSC = [(NL_{rem} \cdot EL_{rem}) \cdot (NC_{rem} \cdot EC_{rem})]/EP_{rem} \dots\dots\dots(\text{Eq. 7})$$

$$NSC = (NL_{rem} \cdot EL_{rem}) \cdot (NC_{rem} \cdot EC_{rem})/EP_{rem} - [(NL_d \cdot EL_{rem}) \cdot (NC_d \cdot EC_{rem})]/EP_{rem} \dots\dots\dots(\text{Eq. 8})$$

$$NCC = NSC_t - NSC_{t+1} \dots\dots\dots(\text{Eq. 9})$$

$$EV = AC_{máx} + [F_d \cdot (AC_p - AC_{máx})] \dots\dots\dots(\text{Eq. 10})$$

Foi realizada a análise de variância (ANOVA), seguida de teste de Tuckey mediante o programa estatístico Assstat 7.6. beta (SILVA; AZEVEDO, 2006).

Resultados e discussão

Para as condições deste estudo a Castanheira-do-Brasil foi superior às espécies avaliadas em relação a todos os parâmetros de povoamento (Tabela 1). A superioridade dessa espécie também foi observada por Tonini e Arco-Verde (2005a) em plantios homogêneos com idade de 7 anos em Roraima, demonstrando o potencial dessa espécie florestal em plantios na Amazônia. Costa *et al.* (2009) relatam que essa espécie é considerada extremamente promissora para a formação de sistemas agroflorestais e reabilitação de áreas abandonadas e degradadas na Amazônia.

Em relação à frequência de indivíduos das quatro espécies florestais nas classes diamétricas foi constatado que a maioria de indivíduos, de cada espécie, estava presente nas classes diamétricas inferiores a 40 cm aos 16,5 anos de idade. Apenas a Castanheira-do-Brasil apresentou indivíduos (13) em classe superior a 40 cm (Figura 2).

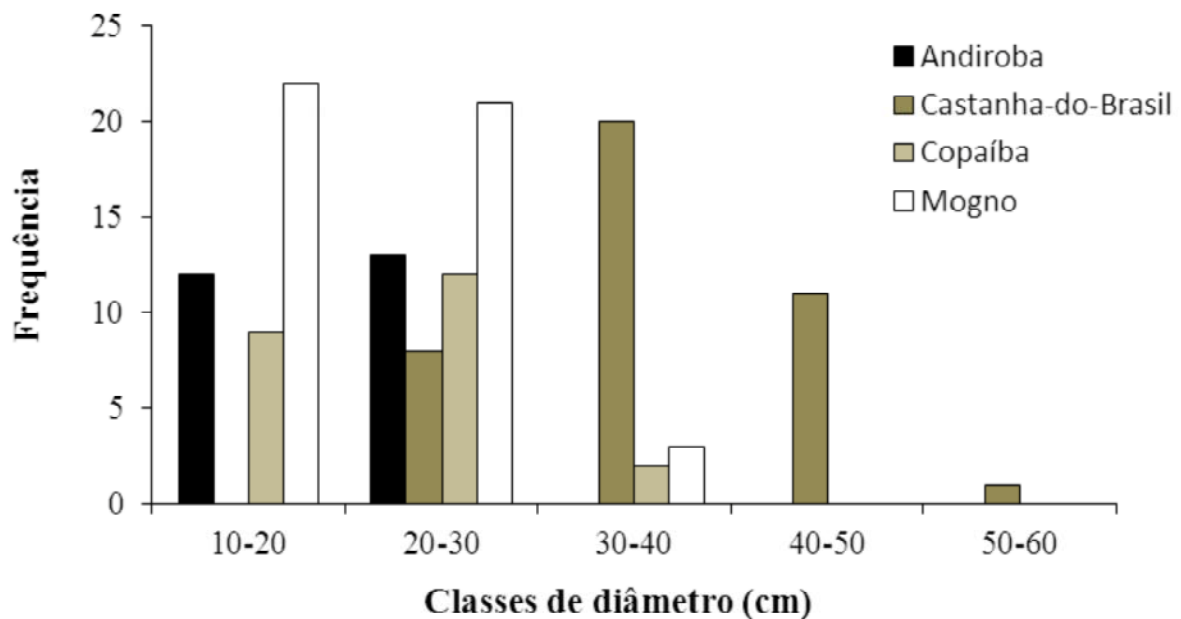
Em relação às relações morfométricas, foram observadas diferenças significativas ($\alpha = 0,05$) nas variáveis DC, PC, GE e IS das quatro espécies analisadas (Tabela 2). O diâmetro de copa da espécie Castanheira-do-Brasil foi considerado estatisticamente superior às demais espécies. Porém, essa espécie teve sua PC considerada estatisticamente inferior às demais espécies.

Os maiores valores individuais de proporção de copa (PC) foram obtidos pelas espécies Mogno (83,71%), Copaíba (79,23%), e Andiroba (77,78%), sendo que essas

Tabela 1 - Estimativa dos parâmetros populacionais de quatro espécies florestais amostradas em sistemas agroflorestais aos 16,5 anos de idade no município de Porto Velho, Rondônia

Espécie	N	DAP			HC			HT		
		Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.
Andiroba	25	12,1	20,0	29,7	3,5	6,6	13,0	8,7	15,5	22,0
Castanha-do-Brasil	40	22,0	36,1	53,8	4,5	12,9	20,8	15,0	19,9	25,8
Copaíba	23	12,4	22,3	34,0	2,2	4,7	9,0	7,4	10,1	14,0
Mogno	46	11,4	20,1	35,7	2,5	5,1	9,0	6,5	12,9	22,5

N = número de árvores mensuradas nos 20 hectares de SAF's amostrados; DAP = diâmetro à altura do peito (cm); HC = altura comercial (m); HT = altura total (m); Mín = valor mínimo observado; Méd. = valor médio observado; Máx = valor máximo observado.

**Figura 2** – Frequência de indivíduos por classe de diâmetro por espécie em sistemas agroflorestais aos 16,5 anos de idade no município de Porto Velho, Rondônia.**Tabela 2** – Relações morfométricas de quatro espécies florestais amostradas em sistemas agroflorestais aos 16,5 anos de idade no município de Porto Velho, Rondônia

Espécie	N	CC*	DC	PC	GE	IS	IA*	FC*	AC*
Andiroba	25	8,97	6,91b c	56,63 a	79,34 a	34,76 a	0,46	0,86	40,25
Castanha-do-Brasil	40	6,91	10,65 a	35,18 b	56,96 c	29,83 b	0,54	1,66	92,60
Copaíba	23	5,39	8,39 b	53,52 a	47,70 c	38,45 a	0,86	1,79	57,51
Mogno	46	7,87	6,03 c	58,42 a	66,79 b	29,83 b	0,47	0,85	32,26

N = número de árvores mensuradas nos 20 hectares de SAF's amostrados. Valores médios: IS = Índice de Saliência; IA = Índice de Abrangência; GE = Grau de Esbeltez; PC = Proporção de Copa (%); FC = Forma de Copa; CC = Comprimento de Copa (m); DC = Diâmetro de Copa (m); AC = Área de Copa (m²). Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey. *Ausência de distribuição normal.

espécies apresentaram boa parte de sua morfometria ou arquitetura florestal constituída por copas, estando altamente dependentes da radiação solar para promover sua manutenção e desenvolvimento. Esses valores podem ser considerados altos em relação ao estudo de Orellana e Koehler (2008) em Floresta Ombrófila Mista no Paraná, no qual foi obtida uma média de PC igual a 55,2% em 50 árvores de *Ocotea Odorifera* com $DAP \geq 10$ cm.

A espécie Castanheira-do-Brasil, neste estudo obteve média de PC igual a 35,18% (Tabela 2), ou seja, seu fuste representou a maior parte de sua morfometria (aproximadamente 65%) em relação à copa. Porém, Tonini *et al.* (2005) encontraram uma proporção de copa de 72,78% para essa espécie aos 7 anos de idade em plantios homogêneos com espaçamento 2,5 m x 2 m (5 m² por planta) em Roraima. Dessa forma, podemos dizer que a morfometria das plantas pode sofrer mudanças ao longo de seu crescimento, estando suscetível a influência de fatores como espaçamento de plantio, condições edafoclimáticas, competição entre copas e tratamentos silviculturais (desbaste, desrama, etc.). Esses fatores podem repercutir diretamente na quantidade de produtos madeireiros e não madeireiros gerados por planta/área.

Em estudo sobre a relação da produção de sementes de Castanheira-do-Brasil com características morfométricas de copa e índice de competição foram verificados que as árvores mais produtivas apresentaram maior proporção de copa, com média de 47,3% (TONINI *et al.*, 2008). Por isso, ressalta-se que PC é uma variável indicativa de vitalidade de acordo com a finalidade de uso. Para produtos não madeireiros oriundos de uma copa frondosa (sementes, frutos, folhas, etc) uma alta relação dessa variável pode ser desejável, porém para produção madeireira uma alta relação de PC pode não ser desejável.

A Andiroba obteve o maior valor de GE, valor estatisticamente superior às demais espécies (Tabela 2). Segundo Costa *et al.* (2009), quanto maior o grau de esbeltez maior a instabilidade da árvore, ficando suscetível a quebra do fuste e copa em detrimento de ventos fortes. Podemos observar que a espécie Mogno também apresentou um valor considerado alto para GE, podendo estar relacionado à semelhança botânica (família Meliaceae) e característica de crescimento à espécie Andiroba. Ambas as espécies não devem ser plantadas nas bordas de SAF'S, devendo ser utilizadas espécies com menor GE como quebra vento.

Segundo Dawkins (1963), espécies de maior crescimento volumétrico apresentam valores de IS entre 15 a 20, enquanto que valores maiores do que 25 caracterizam espécies de baixo crescimento, sendo que em

florestas naturais tropicais a razão DC e DAP geralmente varia entre 14 e 28. Neste estudo, a razão DC e DAP (IS) obteve uma variação de 29,83 a 38,45, indicando que as copas dessas quatro espécies são em média 33 vezes maiores do que seus diâmetros (Tabela 2).

A Porcentagem de Copa (PC), Índice de Abrangência (\bar{IA}) e Forma de Copa (FC) da Andiroba e Mogno apresentaram valores próximos (Tabela 2), demonstrando potencialidade para plantios adensados com fins madeireiros. A Castanheira-do-Brasil e a Copaíba obtiveram os maiores valores de FC (1,66; 1,79) e AC (92,60; 57,51) (Tabela 2), respectivamente, demonstrando copas frondosas, características silviculturais interessantes para o extrativismo de sementes. A extração de produtos não madeireiros é fundamental para diversificar o manejo florestal ou manejo do sistema agroflorestal, possibilitando o uso múltiplo do ecossistema. Além das sementes, a Andiroba e Copaíba também podem ser aproveitadas para extração de óleo e casca medicinal (SHANLEY; MEDINA, 2005).

Alguns pesquisadores consideram que o \bar{IA} não sofre alterações com o incremento em altura (DURLO; DENARDI, 1998; ROMAN *et al.*, 2009). Roman *et al.* (2009) encontraram o valor de IA igual a 0,31 para árvores de Louro (*Cordia trichotoma* Vell.), supondo que o \bar{IA} não mudaria com a altura, louros com 25 metros de altura teriam copas de 7,75 m, logo caberiam 210 árvores de louro por hectare, sem que houvesse concorrência entre eles. No presente estudo foi calculado o IA_p com base nos valores de IA e $IA_{sim.}$.

Foram encontrados os seguintes valores para $IA_{sim.}$: Andiroba ($IA_{sim.} = 0,66424 - 0,013325 \cdot (HT)$; $R^2_{aj.} = 0,16$; $Sy_x = 0,1064$); Castanheira-do-Brasil ($IA_{sim.} = 0,85172 - 0,01863 \cdot (HT)$; $R^2_{aj.} = 0,35$; $Sy_x = 0,0611$); Copaíba ($IA_{sim.} = 1,431808 - 0,052531 \cdot (HT)$; $R^2_{aj.} = 0,37$; $Sy_x = 0,1324$) e Mogno ($IA_{sim.} = 0,66064 - 0,015082 \cdot (HT)$; $R^2_{aj.} = 0,14$; $Sy_x = 0,1033$) (Tabela 3). Considerando-se que não haverá sobreposição de copas enquanto $DC_p \leq DC_{máx.}$ e que as copas possuem formas circulares, foram realizadas simulações de desbaste e espaço vital. As idades simuladas demonstram intervalos onde há eminência da necessidade de desbaste (linha branca) e onde há a real necessidade de desbaste (linha cinza) (Tabela 3).

Foi previsto um número reduzido de árvores por hectare aos 25 anos idade, sendo: 70 de Andiroba e Mogno ($EV = 78,5$ m²) e 35 de Castanheira-do-Brasil e Copaíba ($EV = 201,1$ m²). Dessa forma, esse sistema gera uma produção contínua de produtos madeireiros e possibilita a reutilização da área para cultivos agrícolas ou pastagem, caracterizando assim um sistema agroflorestal de uso múltiplo, conforme demonstrado na Figura 3.

Tabela 3 - Simulações de desbaste e espaço vital como suporte ao manejo populacional de quatro espécies em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia

Espécie	Idade (anos)	HTsim.	EI	NI	IASim	IAp	DCp	DCmáx.	ACp	ACmáx.	NSC	NCC	R %	D%	EV
Andiroba	8	7,5	10 x 4	250	0,56	0,49	3,7	4,0	10,81	12,57	250	0	100	0,0	12,6
	9	8,5	10 x 4	250	0,55	0,49	4,1	4,0	13,45	12,57	130	120	52	48,0	13,5
	19	17,9	10 x 4	250	0,43	0,45	8,0	8,0	50,14	50,27	130	0	52	0,0	50,3
	20	18,8	10 x 4	250	0,41	0,44	8,3	8,0	54,52	50,27	70	60	28	46,2	54,5
	25	23,5	10 x 4	250	0,35	0,42	9,9	10,0	77,34	78,54	70	0	28	0,0	78,5
Castanheira-do-Brasil	5	6,0	10 x 4	250	0,74	0,61	3,7	4,0	10,63	12,57	250	0	100	0,0	12,6
	6	7,3	10 x 4	250	0,72	0,60	4,4	4,0	14,93	12,57	130	120	52	48,0	14,9
	11	13,3	10 x 4	250	0,60	0,56	7,5	8,0	44,11	50,27	130	0	52	0,0	50,3
	12	14,5	10 x 4	250	0,58	0,56	8,1	8,0	51,11	50,27	70	60	28	46,2	51,1
	15	18,1	10 x 4	250	0,51	0,53	9,7	10,0	73,53	78,54	70	0	28	0,0	78,5
	16	19,3	10 x 4	250	0,49	0,53	10,2	10,0	81,32	78,54	35	35	14	50,0	81,3
	25	30,2	10 x 4	250	0,29	0,46	13,9	16,0	150,88	201,06	35	0	14	0,0	201,1
Copaíba	6	3,7	10 x 4	250	1,24	0,98	3,6	4,0	10,18	12,57	250	0	100	0,0	12,6
	7	4,3	10 x 4	250	1,21	0,97	4,2	4,0	13,56	12,57	130	120	52	48,0	13,6
	14	8,5	10 x 4	250	0,98	0,90	7,7	8,0	46,22	50,27	130	0	52	0,0	50,3
	15	9,1	10 x 4	250	0,95	0,89	8,1	8,0	51,81	50,27	70	60	28	46,2	51,8
	19	11,6	10 x 4	250	0,82	0,84	9,8	10,0	75,31	78,54	70	0	28	0,0	78,5
	20	12,2	10 x 4	250	0,79	0,83	10,2	10,0	81,35	78,54	35	35	14	50,0	81,4
	25	15,2	10 x 4	250	0,63	0,78	11,9	16,0	111,36	201,06	35	0	14	0,0	201,1
Mogno	10	7,8	10 x 4	250	0,54	0,49	3,9	4,0	11,73	12,57	250	0	100	0,0	12,6
	11	8,6	10 x 4	250	0,53	0,49	4,2	4,0	13,97	12,57	130	120	52	48,0	14,0
	23	18,0	10 x 4	250	0,39	0,44	8,0	8,0	49,80	50,27	130	0	52	0,0	50,3
	24	18,8	10 x 4	250	0,38	0,44	8,2	8,0	53,26	50,27	70	60	28	46,2	53,3
	25	19,6	10 x 4	250	0,36	0,43	8,5	10,0	56,75	78,54	70	0	28	0,0	78,5

HTsim. = altura total simulada (m); EI = espaçamento inicial do plantio (m²); NI = n° de árvores plantadas por hectare (ind./ha); IASim. = Índice de abrangência simulado; IAp = Índice de abrangência ponderado; DCp = Diâmetro de copa ponderado; DCmáx. = Diâmetro de copa máximo; ACp = Área de copa ponderada; ACmáx. = Área de copa máxima; NSC = n° de árvores sem competição por hectare (ind./ha); NCC = n° de árvores com competição por hectare (ind./ha); R% = porcentagem de árvores remanescentes (%); D% = porcentagem de árvores desbastadas em cada intervenção silvicultural (%); EV = Espaço vital para que cada planta cresça sem sobreposição ou competição entre copas (m²).

O incremento médio anual (IMA) em altura (metros/ano) foi de 0,9 para Andiroba, 1,2 para Castanheira-do-Brasil, 0,6 para Cobiáiba e 0,8 para o Mogno. Tonini *et al.* (2005) encontraram 1,3 para Andiroba e 1,6 para Castanheira-do-Brasil, aos 7 anos de idade em plantios com espaçamento 2,5 m x 2 m no município do Cantá/RR, valores superiores ao presente estudo. Costa *et al.* (2009) relatam um valor médio de 1,74 aos 12 anos de idade em espaçamentos 12 m x 12 m em SAF's implantados com Castanheira-do-Brasil em áreas de conversão da vegetação secundária para pastagem em Manaus/AM. Porém, devemos considerar que além do espaçamento de plantio e material genético, a variação de produção pode estar associada ao material de origem do solo, o relevo e o clima, que são amplamente diversificados na Amazônia (VALE JÚNIOR *et al.*, 2011).

O estudo da morfometria em florestas naturais da Amazônia possibilita a compreensão das formas de crescimento de espécies nativas com potencial de aplicação em SAF's em ambientes degradados, muito pouco se conhece sobre a domesticação dessas espécies. Em plantios, esse estudo proporciona subsídios para a aplicação de tratamentos silviculturais. Padoin *et al.* (2010) afirmam que o estudo dessas relações morfométricas são importantes nos estudos de competição em povoamentos florestais, sustentando futuras decisões sobre desbaste. Dessa forma, as simulações de densidade populacional são utilizadas para facilitar o planejamento dos desbastes no povoamento visando reduzir a competição por nutrientes, água e energia solar, proporcionando maior sustentabilidade no manejo florestal madeireiro ou não madeireiro a ser adotado.

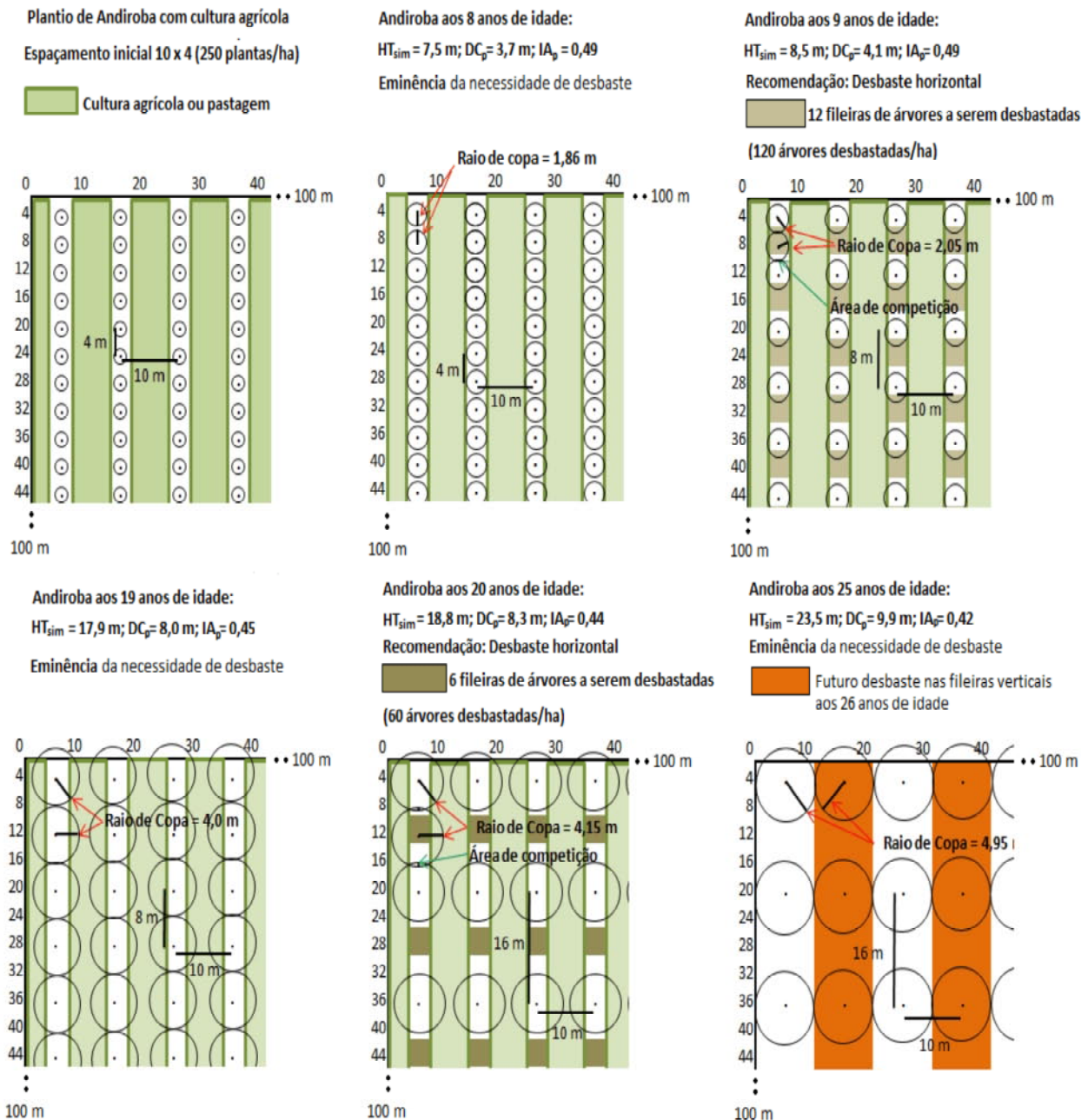


Figura 3 - Simulações de espaço vital e desbaste para a espécie Andiroba em SAF's.

Conclusões

A Castanheira-do-Brasil e a Copaíba apresentaram maior aptidão para a produção de produtos não madeireiros devido aos altos valores de Forma de Copa e Área de Copa; ambas apresentaram necessidade de maior espaço vital aos 25 anos de idade e desbastes parciais, sendo na Castanheira-do-Brasil aos 6, 12 e 16 anos e na Copaíba aos 7, 15 e 20 anos.

A Andiroba foi semelhante ao Mogno em relação à Porcentagem de Copa, Índice de Abrangência e Forma de Copa; ambas demonstraram potencialidade para plantios adensados com fins madeireiros devido aos altos valores de Grau de Esbeltez; ambas apresentam a necessidade de menor espaço vital aos 25 anos de idade e de desbastes parciais, sendo na Andiroba aos 9 e 20 anos e no Mogno aos 11 e 24 anos.

Os diferentes arranjos e composições das espécies utilizadas em cada um dos SAF's amostrados, assim como os diferentes manejos do solo adotados por cada produtor rural podem ter influenciado nos valores das estimativas dos parâmetros florestais para as espécies estudadas, que consequentemente pode ter influenciado nos valores das simulações de desbaste e espaço vital realizadas neste estudo. Dessa forma, é importante salientar que a metodologia desenvolvida nesse estudo deve ser adaptada às condições locais de cada plantio.

As simulações de espaço vital e desbaste demonstraram serem ferramentas que contribuem para o planejamento e tomada de decisão dos melhores momentos de realização de desbastes de árvores visando diminuir a competição entre as copas das árvores remanescentes em plantios. O diâmetro de copa máximo ($DC_{máx}$) pode ser utilizado como baliza para determinar a necessidade de intervenções silviculturais no plantio.

Literatura científica citada

- AGROFLORESTA. Sistemas Agroflorestais (SAF's). Disponível em: <<http://www.agrofloresta.net/>>. Acesso em: 30 jan. 2012.
- ASSMAN, E. Waldertarkkunde. München: Bayr. Landw, 1961. 490 p.
- BRIENZA JÚNIOR, S.; MANESCHY, R. Q.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J. A. G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M. B. Sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira: Análise de 25 aos de pesquisa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, ed. especial, n.60, p. 67-76, 2009.
- BURGER, H. Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. Mitteilungen der Schweizerischen. **Anstalt für das Forstliche Versuchswesen**, v.21, p.147-176, 1939.
- CONDÉ, R. M. Artista plástica. Disponível em: <<http://raquelcnde.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 21 jan. 2012.
- 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 Amazônica**, v. 39, n. 4, p. 843-850, 2009.
- DAWKINS, H. C. Crow diameters: their relation to bole diameter in tropical Forest trees. **Commonw. Forest Review**, v. 42, n. 4, p. 318-333, 1963.
- DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, edição especial, p. 243-252, 2011.
- DURLO, M. A. Relações Morfométricas para *Cabralea canjerana* (well.) Mart.. **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.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 4, p. 113-123, 2005.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.
- FEARNSIDE, P. M. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. **Ecology and Society**, v. 13, n. 23, 2008. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art23/>. Acesso em: 12 fev. 2012.
- FRANKE, I. L.; ALVES, I. T. G.; SÁ, C. P.; SANTOS, J. C.; VALENTIM, J. F. Análise sócioeconômica dos agrosilvicultores do projeto de reflorestamento econômico consorciado e adensado (RECA), em Nova Califórnia, Rondônia. Acre: EMBRAPA, 2005. 20 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Vegetação do Brasil. Escala: 1:5.000.000. 2004.
- IMAZON. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia/Sistema de Alerta de Desmatamento/Instituto Nacional de Pesquisas Especiais/Programa de Cálculo do Desmatamento da Amazônia. Transparência Florestal – Amazônia Legal. Belém: IMAZON, 2012. Disponível em: <http://imazon.org.br/publicacoes/transparencia-florestal/boletim-do-desmatamento-sad-junho-de-2012>. Acesso em: 12 fev. 2012.
- LEÃO, R. M. A Floresta e o homem. São Paulo: Editora da Universidade São Paulo/ Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 448 p.
- NUTTO, L.; TONINI, H.; BORSOI, G. A.; MOSKOVICH, F. A.; SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamento de *Pinus elliottii* Engelm. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 42, p.123-138, 2001.
- 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.
- PADOIN, V.; FINGER, G.; AUGUSTO, C. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 95-105, 2010.
- PROJETO RECA. Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado. Disponível em: <http://www.projettoreca.com.br/site>. Acesso em: 30 dez. 2011.
- 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.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica. Belém: CIFOR/ Imazon, 2005. 300 p.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. A. New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, p. 393-396, 2006.

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, 2005a.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. O crescimento da Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005b.

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 avellanadae* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazonica**, v. 35, n. 3, p. 353-362, 2005.

TONINI, H.; KAMINSKI, P. E.; COSTA, P. Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfométricas da copa e índice de competição. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1509-1516, 2008.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@ambiente**, v. 5, n. 2, p. 158-165, 2011.