

Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste em plantio de *Bertholletia excelsa* Bonpl.

Biomass and nutrients removed in a first thinning from a of *Bertholletia excelsa* Bonpl. plantation

Karen Cristina Pires da Costa¹, Marciel José Ferreira²,
Antonio Carlos Costa Linhares³ e Alacimar Viana Guedes⁴

Resumo

A quantificação da exportação de biomassa e nutrientes pelo desbaste pode auxiliar a definição de estratégias mais adequadas de manejo em plantações florestais. O objetivo deste estudo foi investigar a exportação de biomassa e nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos de *B. excelsa* removidos em um primeiro tratamento de desbaste aos oito anos de idade. Para tanto, determinou-se a partir do método destrutivo os estoques de biomassa e nutrientes em 20 árvores distribuídas em quatro classes diamétricas (I= 1,3 -| 5,6 cm, II= 5,6 -| 9,9 cm, III= 9,9 -| 14,2 cm, IV=14,2 -| 18,6 cm). A biomassa total exportada no primeiro desbaste de *B. excelsa* foi 16,1 Mg ha⁻¹. Desse total, as folhas, galhos finos e fustes representaram 10, 17 e 73%, respectivamente. As maiores concentrações de macro e micronutrientes foram observadas nas copas (folhas + galhos finos). As copas representaram cerca de 57% do estoque total de nutrientes. Não houve padrão significativo de acúmulo de macronutrientes nos compartimentos, sendo que para os micronutrientes a ordem de predominância foi Mn > Fe > Zn > Cu. O fato das folhas e galhos finos possuírem significativa contribuição para os estoques totais de nutrientes sugere a manutenção desses compartimentos na área de plantio em operações de desbaste florestal desta espécie.

Palavras-chave: Castanheira-da-amazônia; Plantios florestais; Tratamento silvicultural; Amazônia.

Abstract

The quantification of biomass and nutrient exportation by thinning can be useful to define the desired strategy for forest plantation management. The main objective of this study was to investigate the exportation of biomass and nutrients of the different tree compartments of *B. excelsa* removed from the first thinning at an eight-years-old plantation. It was determined by the destructive method the stock of biomass and nutrients in 20 trees, distributed in four different diametric classes (I= 1.3 -| 5.6 cm, II= 5.6 -| 9.9 cm, III= 9.9 -| 14.2 cm, IV=14.2 -| 18.6 cm). The total biomass exported in the first thinning of *B. excelsa* was 16.1 Mg ha⁻¹ represented. From this total, leaves, fine branches, and stem 10, 17 and 73% respectively. The greater concentration of the micro and macronutrients was observed in the crown (leaves and fine branches). The crown represents 57% the total of nutrient stock. It was not observed a significant pattern for the accumulation of macronutrients, however for the micronutrients it was observed greater values for Mn > Fe > Zn > Cu in the different tree compartments. The fact that the leaves and branches showed a significant contribution for the total nutrient stocks suggests the maintenance of these compartments on the plantation area during thinning procedures for this species.

Keywords: Brazil nut; Forest plantation; Silvicultural treatment; Amazonia.

INTRODUÇÃO

Os plantios florestais representam cerca de 0,4% das classes de uso das áreas desflorestadas (739 mil km²) da Amazônia Legal (TERRACLASS,

2013). Particularmente, quanto aos plantios para a produção madeireira, 61% da área plantada é constituída por espécies exóticas dos gêneros *Eucalyptus*, *Tectona* e *Pinus* (ABRAF, 2013). A baixa representatividade de espécies nativas em plantios

¹Mestranda em Ciências de Florestas Tropicais. INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2.936 - Petrópolis - 69067-375 - Manaus, AM. E-mail: karencosta15@gmail.com.

²Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Agrárias. UFAM - Universidade Federal do Amazonas. Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000 - 69077-000 - Manaus, AM. E-mail: mjf.ufam@gmail.com.

³Graduando em Engenharia Florestal. UFAM - Universidade Federal do Amazonas. Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000 - 69077-000 - Manaus, AM. E-mail: linharesufam@gmail.com.

⁴Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. Universidade Federal do Amazonas. Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000 - 69077-000 - Manaus, AM. E-mail: alacimar@gmail.com.

de produção na Amazônia Legal é em parte devida à falta de conhecimento sobre as técnicas mais adequadas de cultivo e manejo de plantações dessas espécies (GAMA et al., 2013; FAO, 2014).

A Castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), por sua vez, tem sido uma das espécies florestais mais utilizada e indicada para a composição de diferentes sistemas de plantios na Amazônia (SCOLES et al., 2011; FERREIRA et al., 2012; SALOMÃO et al., 2013). Embora o principal produto comercializado seja a amêndoa, a espécie também apresenta elevado potencial para a indústria madeireira, por possuir excelentes características silviculturais e madeira de elevado padrão de qualidade (COSTA et al., 2009; FERREIRA; TONINI, 2009). No entanto, a exploração dessa espécie em florestas nativas é proibida, conforme o decreto nº 5.975/2006. Assim, diante da crescente demanda por produtos de base florestal, especialmente madeira, a implementação de programas de reflorestamento de áreas alteradas na Amazônia deve também considerar objetivos de produção comercial (por exemplo: celulose, energia, madeira serrada) de modo que estas áreas possam ser reintroduzidas aos processos produtivos reduzindo a pressão de exploração sobre as florestas nativas (SOUZA et al., 2008; GAMA et al., 2013; FAO, 2014).

A condução de plantios florestais para a produção madeireira deve necessariamente contemplar a adoção de tratamentos silviculturais específicos (por exemplo: desbaste e desrama) (FORRESTER, 2013a; KEYSER; BROWN, 2014). Neste caso, o desbaste florestal assume papel de destaque, pelo aumento no rendimento e qualidade do produto final e, conseqüentemente, das receitas geradas no empreendimento (WEST, 2014). Entretanto, a exportação de nutrientes por meio do desbaste pode diminuir os estoques destes no solo, reduzindo a produtividade dos plantios (LONDERO et al., 2011; VIERA et al., 2011; SCHUMACHER et al., 2013), especialmente em sítios amazônicos, onde a fertilidade do solo é altamente dependente da ciclagem de nutrientes (VITOUSEK, 1984; FEARNESIDE; LEAL FILHO, 2001).

Neste contexto, a análise da quantidade de nutrientes exportada pela colheita florestal pode auxiliar a elaboração do regime mais adequado de desbaste, indicando possíveis impactos desse tratamento silvicultural no crescimento do plantio (LONDERO et al., 2011; VIERA et al., 2011; SILVA et al., 2012). Em plantio de *Pinus*, por exemplo, a redução do estoque de árvores resultou menores taxas de crescimento das árvores remanescentes,

principalmente em função da acentuada exportação de nitrogênio (TURNER; LAMBER, 2011).

A empresa Agropecuária Aruanã S. A. com cerca de 1.300.000 árvores representa o principal empreendimento com plantios de *B. excelsa* do mundo. No entanto, aspectos silviculturais relacionados ao melhor manejo desses plantios, incluindo o regime de desbaste, ainda não estão bem estabelecidos.

Considerando a questão principal “quais os efeitos do desbaste sobre a magnitude de exportação de biomassa e nutrientes em plantio de *B. excelsa*?”, o presente estudo teve por objetivo investigar a exportação de biomassa e nutrientes pelos diferentes compartimentos arbóreos de *B. excelsa* removidos na primeira aplicação de desbaste aos oito anos de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização do experimento

O estudo foi realizado em plantio localizado na Empresa Agropecuária Aruanã S. A. (3° 0' 30.63" S e 58° 50' 1.50" O), município de Itacoatiara, AM. O solo predominante da região é o Latossolo Amarelo Distrófico de textura muito argilosa (KATO, 1995). O clima é do tipo Am (KÖPPEN, 1948), com precipitação anual superior a 2.000 mm e temperatura média de 27,1 °C.

O plantio foi realizado entre 2004 e 2005 em área de 0,3 ha. Foram utilizadas mudas de sete meses, com altura média de 30 cm, produzidas no viveiro da própria empresa. O espaçamento utilizado foi 2,5 x 1,5 m. O solo não foi adubado. O controle da vegetação secundária foi feito por meio de roçada mecanizada, duas vezes ao ano, nos meses de novembro e dezembro.

Desbaste

O tipo de desbaste aplicado foi o seletivo, em que foram removidos 50% da área basal do plantio. Árvores suprimidas, tortuosas e bifurcadas foram eliminadas. O desbaste foi realizado entre 08/07 e 12/07/2013, aos oito anos de idade do plantio. Ao todo foram desbastadas 247 árvores distribuídas em quatro classes de DAP: classe I (1,3 -| 5,6 cm), classe II (5,6 -| 9,9 cm), classe III (9,9 -| 14,2 cm) e classe IV (14,2 -| 18,6 cm). O número de classes foi determinado com base na equação de Sturges (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003). As características dendrométricas dos indivíduos desbastados estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dendrométricas de árvores removidas no primeiro desbaste de um plantio de *Bertholletia excelsa*, aos 8 anos no Amazonas, AM. Ht – altura total; DAP – diâmetro à altura do peito e G – área basal.
Table 1. Dendrometric characteristics of tree removed in the first thinning of a plantation of *Bertholletia excelsa*, at 8-years-old, in the Amazonas, AM. Ht – total height; DBH – diameter at breast height and G – basal area.

Variáveis	Classes diamétricas (cm)			
	1,3 - 5,6	5,6 - 9,9	9,9 - 14,2	14,2 - 18,6
Nº de indivíduos	117	85	34	11
Ht (m)	6,0 ± 0,7	10,1 ± 0,5	12,1 ± 0,3	17,7
DAP (cm)	4,3 ± 0,4	8,1 ± 0,6	11,3 ± 0,6	14,6
G (m ² ha ⁻¹)	0,91	3,76	7,51	6,37

Obs.: Os valores são a média ± erro padrão da média.

Amostragem

As estimativas dos estoques de biomassa e nutrientes foram geradas a partir de análises destrutivas realizadas em 20 árvores, que foram distribuídas entre as seguintes classes de DAP: classe I (1,3 -| 5,6 cm), classe II (5,6 -| 9,9 cm), classe III (9,9 -| 14,2 cm) e classe IV (14,2 -| 18,6 cm). O número de árvores amostradas foi definido com base nos trabalhos de Moura et al. 2006, Caldeira et al. 2011, Londero et al. 2011 e Schumacher et al. 2013. O número de árvores analisadas em cada classe obedeceu a mesma proporção de distribuição percentual considerando o total de 247 árvores desbastadas (classe I = 8 árvores, classe II = 7, classe III = 4 e classe IV = 1).

Biomassa e nutrientes

As árvores foram compartimentadas em folhas, galhos finos (diâmetro < 10 cm) e fuste (HIGUCHI et al., 1998). Dos compartimentos folhas e galhos finos foram retiradas sub-amostras de 3,0 e 5,0 kg, respectivamente; enquanto que dos fustes as sub-amostras foram compostas por discos de aproximadamente 5,0 cm de espessura seccionados a 0% (base), 50% e 100% (ápice).

Em cada compartimento foi mensurada a biomassa fresca em campo, utilizando-se uma balança de estiva, modelo MIC-2, Micheletti, com capacidade de 300 kg e precisão de 200 g, que antes do uso foi calibrada. Para a determinação da biomassa seca, as sub-amostras foram colocadas em estufa com ventilação forçada e temperatura controlada entre 100-105°C até atingir massa constante. Em seguida, as amostras foram pesadas em balança digital com capacidade de 30 kg e precisão de 1,0 g.

Com base nos dados de biomassa fresca das sub-amostras para cada compartimento das árvores abatidas, foi calculada a biomassa seca conforme a seguinte equação:

$$Bs_{total} = Bf_{total} \cdot \left(\frac{Bs_{sub-amostra}}{Bf_{sub-amostra}} \right)$$

Em que:

Bs (kg)= Biomassa seca;

Bf (kg)= Biomassa fresca.

As sub-amostras para a determinação das concentrações de nutrientes foram secas em estufa com ventilação forçada (60-65°C) até atingir massa constante. Após a secagem, o material foi moído em moinho tipo Willye (TE-680, Tecnal) e acondicionado em sacos plásticos.

O nitrogênio total foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl, o qual se fundamenta na conversão do N em sulfato de amônio através de oxidação com uma mistura de sulfato de cobre (CuSO₄), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e selenito de sódio (Na₂SO₄), seguida de destilação a vapor e titulação em meio ácido (BREMNER, 1996). O P foi determinado pelo método molibdato de amônio em espectrofotômetro Shimadzu UV-VIS-120-01 (λ = 660 nm) (MURPHY; RILEY, 1962). Os nutrientes K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn foram extraídos por digestão nitro-perclórica (MIYAZAWA et al., 1999). A determinação foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica.

As estimativas da biomassa por hectare foram calculadas com base na biomassa seca de cada compartimento por classe de diâmetro multiplicada pelo número de árvores por hectare da respectiva classe. Para a determinação dos estoques de nutrientes, multiplicou-se as concentrações pelos respectivos valores da biomassa seca em cada compartimento.

Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo cada árvore analisada uma repetição para cada compartimento (folhas, galhos finos e fustes) (n= 20). Os dados foram previamente submetidos aos testes Shapiro-Wilk e Bartlett para verificação do atendimento às premissas de normalidade e

homogeneidade de variâncias, respectivamente, e quando necessário efetuou-se transformações logarítmicas ou raiz quadrada (ZAR, 1999). Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para o contraste das médias. Todas as análises foram realizadas no software R (versão 2.15.1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biomassa

A biomassa total exportada no primeiro desbaste de *B. excelsa* foi 16,1 Mg ha⁻¹. Do total, a biomassa de folhas representou 10%, de galhos finos 17% e de fustes 73%, sendo que em nenhuma árvore observou-se galhos grossos (diâmetro ≥ 10 cm). A ordem predominante de distribuição de biomassa entre os diferentes compartimentos foi fuste > galhos finos > folhas (Tabela 2).

A biomassa total exportada no primeiro desbaste do plantio de *B. excelsa* foi baixa quando comparada à outras espécies, principalmente exóticas plantadas em diferentes regiões do Brasil. A biomassa exportada no primeiro desbaste de um plantio de *Pinus taeda* L., por exemplo, aos 9 anos, em Cambará do Sul foi 35,8 Mg ha⁻¹ (VIERA et al., 2011). Para a mesma espécie, aos 9 anos, a biomassa exportada no primeiro desbaste em área de segunda rotação foi 45,5 Mg ha⁻¹ (LONDERO et al., 2011).

A menor exportação de biomassa no plantio de castanheira deve-se em parte ao fato de o maior número de árvores removidas (82%) pertencerem às classes de menor diâmetro (classes I e II), que representam pouco da área basal total do povoamento. O grande número de árvores nas classes de menor DAP pode estar relacionado ao adensamento inicial do plantio (2.667 árvores ha⁻¹) e maior dominância entre indivíduos, a qual é também favorecida pela heterogeneidade genotípica do plantio, uma vez que *B. excelsa* é propagada sexuadamente a

partir de sementes obtidas em diferentes árvores matrizes de variado potencial genético, ao contrário da maioria das espécies exóticas, em que boa parte são plantios clonais. Alta dominância no plantio resulta grande número de indivíduos de porte reduzido que necessariamente são eliminados no primeiro desbaste pré-comercial (FORRESTER et al., 2013b).

A menor exportação de biomassa em desbastes pré-comerciais pode a princípio ser considerada um aspecto positivo, uma vez que deverá refletir menor exportação de nutrientes do sítio, visto que são variáveis fortemente correlacionadas (SANTANA et al., 2008). Esta condição é especialmente importante para sítios de baixa produtividade como são, de modo geral, os solos amazônicos em função da baixa fertilidade natural e elevadas concentrações de alumínio (QUESADA et al., 2011), sendo os maiores estoques de nutrientes normalmente observados na biomassa vegetal como estratégia de conservação deste recurso (ARAGÃO et al., 2009). Adicionalmente, o maior número de indivíduos removidos nas menores classes de tamanho deverá favorecer, principalmente, a redução da competição por água e nutrientes do solo (FORRESTER et al., 2013b).

A porcentagem relativa de exportação de biomassa entre os diferentes compartimentos arbóreos de *B. excelsa* foi semelhante ao observado por Caldeira et al. (2011), Londero et al. (2011) e Souza e Fiorentin (2013) estudando as espécies *Acacia mearnsii* De Wild., *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Em todos esses estudos aproximadamente 70% da biomassa total dos plantios também foi representada pelo compartimento fuste.

Apesar de as espécies arbóreas utilizarem diferentes estratégias de acúmulo de biomassa, que em geral são induzidas por condições ambientais específicas associadas à disponibilidade de água, luz e nutrientes, a maior parte dos estudos que procuraram investigar o padrão de acúmulo entre os diferentes compartimentos

Tabela 2. Biomassa de árvores removidas no primeiro desbaste de um plantio de *Bertholletia excelsa*, aos 8 anos, por compartimento e por classe diamétrica.

Table 2. Biomass of trees removed in the first thinning of a plantation of *Bertholletia excelsa*, at 8-years-old by compartment and by diameter class.

Compartimentos	Classes diamétricas (cm)			
	1,3 - 5,6	5,6 - 9,9	9,9 - 14,2	14,2 - 18,6
Folhas	0,176 ± 0,049 b	0,691 ± 0,155 b	0,333 ± 0,115 b	0,380
Galhos Finos	-Mg ha ⁻¹ 0,296 ± 0,047 b	0,989 ± 0,307 b	0,792 ± 0,157 b	0,670
Fuste	1,156 ± 0,273 a	4,381 ± 0,817 a	3,823 ± 0,709 a	2,380

Obs.: Os valores são as médias ± o erro padrão da média.

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$).

arbóreos tem mostrado que em povoamentos adultos a maior proporção da biomassa é acumulada nos fustes, que normalmente representam cerca de 60-80% da biomassa total das árvores (NEVES et al., 2001; SCHUMACHER et al., 2013). É importante ressaltar que esses estudos não têm considerado a biomassa de raízes que ainda é pouco explorada, especialmente pela dificuldade em se obter amostras representativas deste compartimento (POORTER et al., 2012).

O padrão de acúmulo de biomassa em plantios florestais, quando não se considera condições ambientais distintas, é explicado, principalmente pelas estratégias de partição de biomassa das árvores durante os diferentes estágios de desenvolvimento. Na fase inicial do estabelecimento em campo, em geral, a maior parte da biomassa é constituída pelo sistema radicular com a finalidade de garantir a máxima capacidade de absorção de água e nutrientes do solo. Após esta fase, quando as plantas estão teoricamente com o suprimento de água e nutrientes assegurados elas passam alocar preferencialmente fotoassimilados para o crescimento da parte aérea, em especial para a formação de tecidos foliares com o objetivo de aumentar as taxas fotossintéticas. A partir de então, quando o plantio se encontra na fase adulta as árvores passam estocar maiores quantidades de biomassa nos fustes (PEICHL; ARAIN, 2007).

Concentração e estoque de nutrientes

As concentrações de macro e micronutrientes foram diferentes entre os compartimentos ($p < 0,05$). De maneira geral, as maiores concentrações foram obtidas nas folhas e as menores nos fustes (Tabela 3). Quanto à predominância da concentração de macronutrientes nos diferentes

compartimentos arbóreos de *B. excelsa*, não se observou padrão significativo, com inversões de posição principalmente entre N, K e Ca. À exceção do fuste, para os micronutrientes a ordem predominante foi Mn > Fe > Zn > Cu (Tabela 3).

A ordem predominante da concentração de macronutrientes em espécies arbóreas independente do compartimento tem sido N > Ca > K > Mg > P (MOURA et al., 2006; VIERA et al., 2011; MENDES et al., 2012; SCHUMACHER et al., 2013). Entretanto, são comuns variações de predominância entre K e Ca (SCHUMACHER; CALDEIRA, 2001; SHARMA; SHARMA, 2013). Quanto aos micronutrientes, tem-se observado para diferentes espécies a ordem Fe > Mn > Zn > B > Cu (CALDEIRA et al., 2003; SHARMA; SHARMA, 2013; FERNANDEZ-MOYA et al., 2013). Entretanto, inversões entre Fe e Mn também são comuns (LONDERO et al., 2011; VIERA et al., 2011; SCHUMACHER et al., 2013). No presente estudo, a inversão entre Fe e Mn pode ser atribuída às características do sítio, particularmente, à fertilidade do solo. Em solos predominantemente ácidos, redução das concentrações de Fe na planta pode ocorrer induzida pelo excesso de Mn presente no meio, que inibe competitivamente a absorção do primeiro (MARSCHNER, 2012).

As diferenças de magnitude na concentração de nutrientes nos compartimentos arbóreos podem ocorrer, dentre outros fatores, em função da espécie e da qualidade do sítio. No que diz respeito à espécie, os níveis de exigência nutricional, a eficiência no uso de nutrientes e a idade são alguns dos fatores que mais influenciam o padrão de alocação de nutrientes (TÉO et al., 2010; SILVA et al., 2012; FERNANDEZ-MOYA et al., 2013). Em relação à qualidade do sítio,

Tabela 3. Concentrações de nutrientes nos diferentes compartimentos das árvores removidas no primeiro desbaste de um plantio de *Bertholletia excelsa*.

Table 3. Nutrient concentrations in the different compartments of tree removed in the first thinning from a plantation of *Bertholletia excelsa*.

Nutrientes	Compartimentos		
	Folhas	Galhos Finos	Fuste
N	17,5 ± 0,3 a	3,3 ± 0,2 c	4,5 ± 0,2 b
P	0,7 ± 0,0 a	0,3 ± 0,0 b	0,2 ± 0,0 c
K	6,2 ± 0,3 a	4,1 ± 0,4 b	2,6 ± 0,3 c
Ca	4,3 ± 0,3 b	6,2 ± 0,5 a	3,1 ± 0,4 b
Mg	2,4 ± 0,1 a	1,4 ± 0,1 b	0,7 ± 0,3 c
Fe	57,5 ± 2,1 a	33,8 ± 3,5 b	26,9 ± 2,9 b
Cu	7,7 ± 0,3 a	7,3 ± 0,7 a	3,8 ± 0,3 b
Zn	25,7 ± 2,9 a	28,5 ± 1,6 a	8,5 ± 1,4 b
Mn	94,5 ± 7,7 b	165,2 ± 14,1 a	20,5 ± 3,2 c

Obs. O valores são as médias ± o erro padrão da média.

Médias seguidas das mesmas letras nas linhas não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$).

o fator que mais contribui é a disponibilidade de nutrientes no solo (TÉO et al., 2010; SILVA et al., 2012). Para o presente estudo, é difícil apontar com precisão qual desses fatores mais contribuiu para a distribuição de nutrientes em *B. excelsa*, haja visto que não se observou padrão claro de alocação entre os compartimentos e não há na literatura estudos que tenham contemplado até o momento ensaios com nutrição mineral para esta espécie.

Os maiores estoques de todos os nutrientes ocorreram nos fustes, enquanto os menores foram observados nas folhas. Desta forma, a ordem preferencial de acúmulo de nutrientes nos compartimentos de *B. excelsa* foi fuste > galhos finos > folhas (Tabela 4). Os estoques de nutrientes nos fustes foram duas vezes superiores aos compartimentos folhas e galhos finos (Tabela 4).

A ordem predominante do estoque de macronutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos de *B. excelsa* não seguiu padrão significativo, com inversões de posição principalmente entre N, K e Ca (Tabela 4; Figura 1), a semelhança do observado para as concentrações de nutrientes.

Para os micronutrientes, a ordem predominante foi Mn > Fe > Zn > Cu (Tabela 4; Figura 2).

Variações na ordem de predominância para o estoque de nutrientes, como reportado em *B. excelsa*, também foram observadas em outras espécies. Em *Mimosa scabrella* Bentham, por exemplo, os compartimentos galhos e madeira apresentaram maiores estoques de K, em relação ao N e Ca (TÉO et al., 2010). Por outro lado, em *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie maidenii os estoques de Ca e N foram superiores aos estoques de K (SCHUMACHER; CALDEIRA, 2001).

O total de nutrientes exportados no primeiro desbaste do plantio de *B. excelsa* pode ser considerado baixo quando comparado aos valores observados no primeiro desbaste de *Pinus taeda*, sendo a exportação de macro e micronutrientes 2 e 5 vezes menores, respectivamente, em *B. excelsa* (VIERA et al., 2011; LONDERO et al., 2011). O estoque de nutrientes nas árvores está intimamente associado à produção de biomassa (SANTANA et al., 2008). Assim, no presente estudo, a menor exportação de nutrientes no primeiro desbaste deve-se, principalmente, à baixa exportação de biomassa.

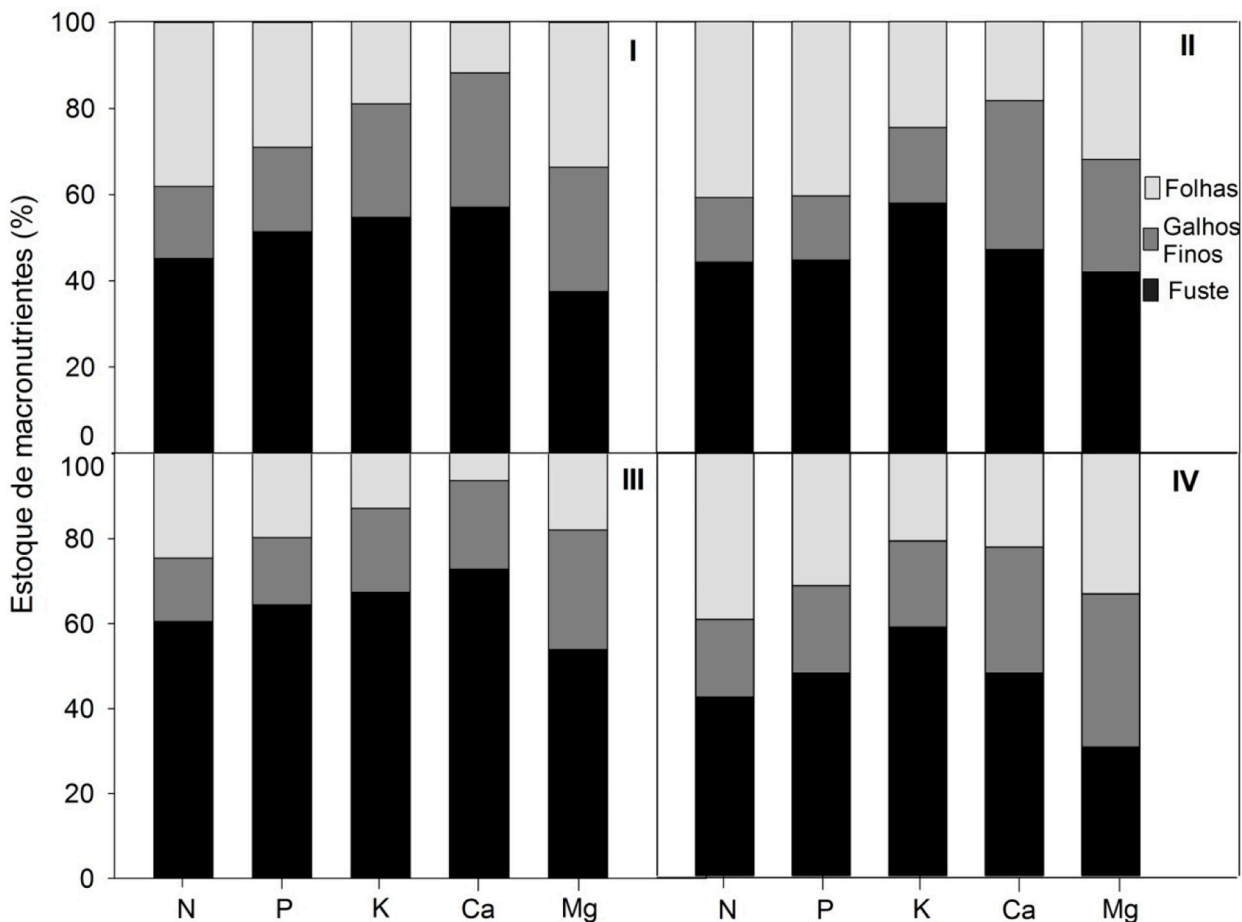


Figura 1. Distribuição relativa dos estoques de macronutrientes entre os diferentes compartimentos das árvores removidas no primeiro desbaste por classe diamétrica.

Figure 1. Relative distribution of macronutrients stocks in the different compartments of trees removed in the first thinning by diameter class.

Tabela 4. Estoque de nutrientes nos diferentes compartimentos das árvores removidas no primeiro desbaste de plantio de *Bertholletia excelsa*.

Table 4. Nutrient stock in the different compartments of trees removed in the first thinning of a plantation of *Bertholletia excelsa*.

Nutrientes	Compartimentos		
	Folhas	Galhos Finos	Fuste
N	7,0 ± 1,4 ab	3,0 ± 0,6 b	9,3 ± 1,5 a
P	0,3 ± 0,1 ab	0,2 ± 0,0 b	0,5 ± 0,1 a
K	2,3 ± 0,4 b	2,3 ± 0,3 b	6,9 ± 0,9 a
Ca	1,9 ± 0,5 b	4,2 ± 1,0 b	7,9 ± 1,3 a
Mg	1,0 ± 0,2 a	1,0 ± 0,2 a	1,5 ± 0,4 a
Fe	22,4 ± 4,1 b	23,7 ± 5,9 b	76,7 ± 13,4 a
Cu	3,2 ± 0,7 b	5,5 ± 1,5 b	10,4 ± 1,7 a
Zn	8,9 ± 1,6 b	19,6 ± 4,1 a	22,5 ± 4,3 a
Mn	40,8 ± 9,8 b	99,8 ± 19,8 a	48,5 ± 9,0 b

O valores são as médias ± o erro padrão da média. Médias seguidas das mesmas letras nas linhas não diferem estatisticamente (Tukey, $p > 0,05$).

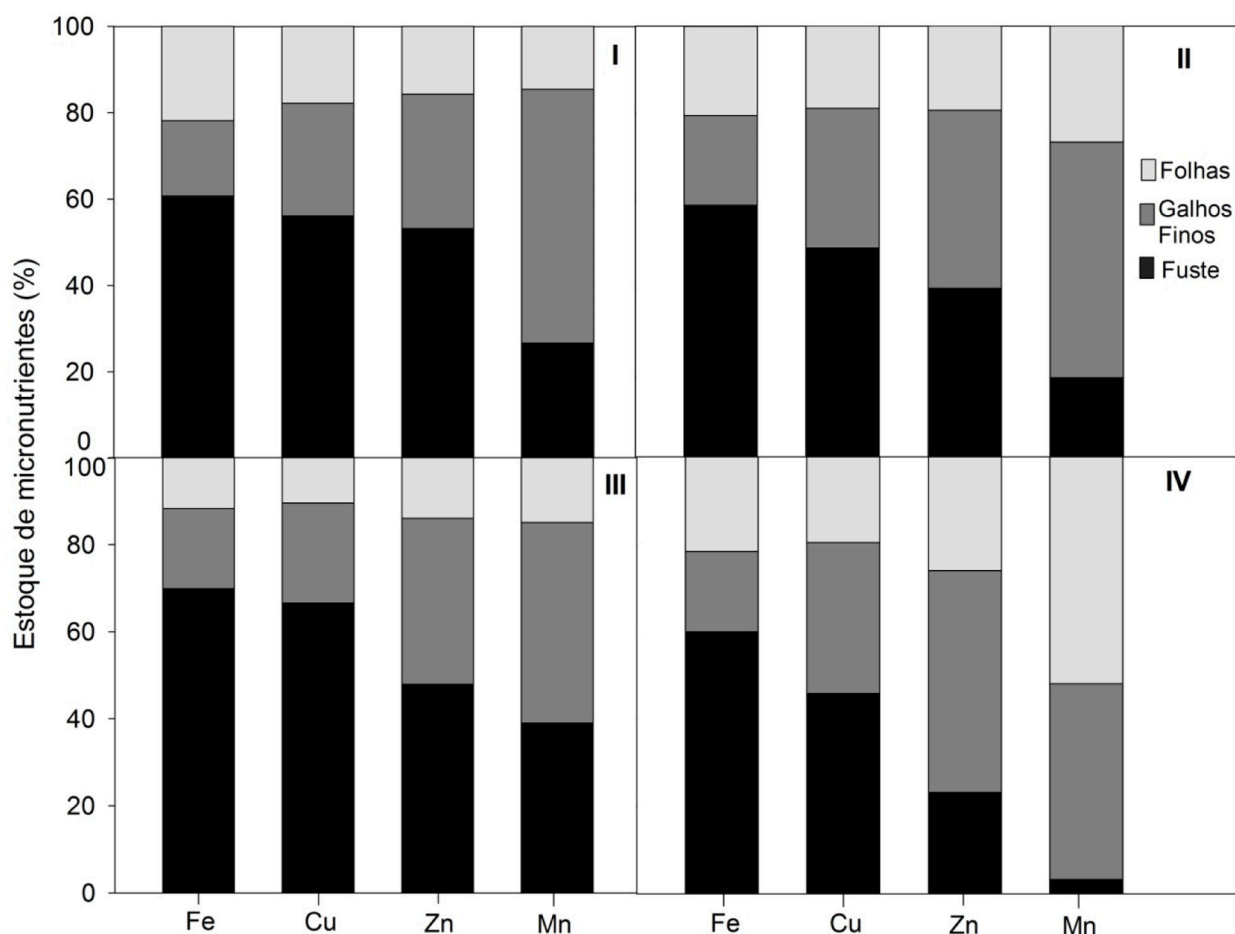


Figura 2. Distribuição relativa dos estoques de micronutrientes entre os diferentes compartimentos das árvores removidas no primeiro desbaste por classe diamétrica.

Figure 2. Relative distribution of micronutrients stocks in the different compartments of trees removed in the first thinning by diameter class.

Em *B. excelsa*, os estoques de cada nutriente na comparação entre fustes e copas (galhos + folhas) foram semelhantes, a exceção do Fe, com 62% de acúmulo nos fustes, e do Mn, em que 74% foi estocado apenas nas copas. Desta forma, a manutenção de folhas e galhos na área de plantio durante as operações de desbaste de *B. excelsa* representa importante estratégia de conservação de nutrientes no sítio, especialmente para solos naturalmente pobres em nutrientes como são a maioria dos solos amazônicos.

CONCLUSÕES

O primeiro desbaste em plantio adensado de *B. excelsa* resulta baixa exportação de biomassa e nutrientes. O fato dos galhos e folhas representarem aproximadamente 57% dos estoques totais de nutrientes sugere a manutenção desses compartimentos na área de plantio em operações de desbaste florestal desta espécie.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pelo suporte logístico e infra-estrutura para a realização desta pesquisa, ao CNPq e FAPEAM pelas concessões das bolsas (mestrado e iniciação científica) e à Empresa Agropecuária Aruanã S. A. pelo apoio à realização dos experimentos no campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico ABRAF 2013** - Ano Base 2012. Brasília, 2013, 148 p.

ARAGÃO, L. E. O.; MALHI, Y.; METCALFE, D. B.; SILVA-ESPEJO, J. E.; JIMÉNEZ, E.; NAVARRETE, D.; ALMEIDA, S.; COSTA, A. C. L.; SALINAS, N.; PHILLIPS, O. L.; ANDERSON, L. O.; ALVAREZ, E.; BAKER, T. R.; GONÇALVES, P. H.; HUAMÁN-OVALLE, J.; MAMANI-SOLÓRZANO, M.; MEIR, P.; QUESADA, C. A.; ROZAS-DÁVILA, A.; RUDAS, A.; SILVA JR., J. A.; VÁSQUEZ, R. Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils. **Biogeosciences**, Göttingen, v. 6, n. 12, p. 2759-2778, 2009.

BREMNER, J. M. Nitrogen-total. In: SPARKS, D. (Org.). **Methods of Soil Analysis, Part 3 - Chemical Methods**. Madison: American Society of Agronomy - Soil Science Society of America, 1996. p. 1085-1121.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Conteúdo e exportação de micronutrientes em acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) procedência Batemans Bay (Austrália). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 9-14, 2003.

CALDEIRA, M. V. W.; SAIDELLES, F. L. F.; SCHUMACHER, M. V.; GODINHO, T. O. Biomassa de povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild., Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 133-141, 2011.

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**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 843-850, 2009.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Potential forest species for plantations in Brazilian Amazonia**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/article/wfc/xii/0537-b1.htm>>. Acesso em: 05 Jun. 2014.

FEARNSIDE, P. M.; LEAL FILHO, N. L. Soil and development in Amazonia: Lessons from the biological dynamics of forest fragments project. In: BIERREGAARD, R. O.; GASCON, C.; LOVEJOY, T. E.; MESQUITA, R. (Org.). **Lessons from Amazonia: The ecology and conservation of a fragmented forest**. New Haven: Yale University Press, 2001. p. 291-312.

FERNANDEZ-MOYA, J.; MURILLO, R.; PORTUGUEZ, E.; FALLAS, J. L.; RIOS, V.; KOTTMAN, F.; VERJANS, J. M.; MATA, R.; ALVARADO A. Nutrient concentration age dynamics of teak (*Tectona grandis* L. f.) plantations in Central America. **Forest Systems**, Madri, v. 22, n. 1, p. 123-133, 2013.

FERREIRA, L. M. M.; TONINI, H. Comportamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e da cupiúba (*Goupia glabra*) em sistema agrossilvicultural na região de Confiança, Cantá - Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 835-842, 2009.

FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F.; FERRAZ, J. B. Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de castanheira-da-amazônia em área degradada e submetidas à adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 393-401, 2012.

FORRESTER, D. I. Growth responses to thinning, pruning and fertilizers application in *Eucalyptus* plantations: A review of their production ecology and interactions. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 310, p. 336-347, 2013a.

FORRESTER, D. I.; STEPHEN, R. E.; BAKER, T. G. Tree growth-competition relationships in thinned *Eucalyptus* plantations vary with stand structure and site quality. **European Journal Forest Research**, Berlin, v. 132, n. 2, p. 241-252, 2013b.

GAMA, M. M. B.; ROCHA, R. B.; SALMAN, A. K. D.; MENDES, A. M.; FIGUEIRÓ, M. R. Reforestation feasibility in area formerly used for cattle raising in the state of Rondônia, northwest Brazilian Amazon. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1001-1010, 2013.

- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, F. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 28, n. 2, p. 153-163, 1998.
- KATO, A. K. **Dinâmica da entrada de nutrientes via liteira em plantios de castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) em ecossistemas de pastagens degradadas e de floresta primária.** 1995. 180 p. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais, com opção em Silvicultura Tropical) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 1995.
- KEYSER, T. L.; BROWN, P. M. Long-term response of yellow-poplar to thinning in the southern Appalachian Mountains. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 312, p. 148-153, 2014.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: Um estúdio de los climas de la tierra.** México: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 478 p.
- LONDERO, E. K.; SCHUMACHER, M. V.; SZYMCAK, D. A.; VIERA, M. Exportação e reposição nutricional no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em área de segunda rotação. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 487-497, 2011.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria.** Curitiba: UFPR, 2003. 309 p.
- MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants.** 3.ed. New York: Elsevier, 2012. 643 p.
- MENDES, A. D. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; NASCIMENTO, M. N.; REIS, K. L.; BONOME, L. T. S. Concentração de nutrientes e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. *Acta Amazonica*, v. 42, n. 4, p. 525-532, 2012.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises Químicas de Tecido Vegetal. In: SILVA, F. C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, Embrapa Solos.** 2.ed. Brasília: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. p. 172-223.
- MOURA, O. N.; PASSOS, M. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; GONZAGA, S.; CUNHA, M. V. Conteúdo de nutrientes na parte aérea e eficiência nutricional em *Mimosa caesalpinifolia* Benth. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 1, n. 6, p. 23-29, 2006.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution reagent for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v. 27, p. 31-36, 1962.
- NEVES, E. J. M.; REISSMANN, C. B.; DÜNISCH, O. Biomassa e conteúdo de elementos minerais nos compartimentos arbóreos de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 42, p. 47-56, 2001.
- PEICHL, M.; ARAIN, A. Allometry and partitioning of above- and below ground tree biomass in an age-sequence of white pine forest. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 253, n. 1-3, p. 68-80, 2007.
- POORTER, H.; NIKLAS, K. J.; REICH, P. B.; OLEKSYN, J.; POOT, P.; MOMMER, L. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, Malden, v. 193, n. 1, p. 30-50, 2012.
- QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L. O.; FYLLAS, N. M.; SCHWARZ, M.; CZIMCZIK, C. I. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, Göttingen, v. 8, n. 6, p. 1415-1440, 2011.
- SALOMÃO, R. P.; SANTANA, A. C.; BRIENZA JR., S. Seleção de espécies da Floresta Ombrófila Densa e indicação da densidade de plantio na restauração florestal de áreas degradadas na Amazônia. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 139-151, 2013.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32 Especial, p. 2723-2733, 2008.
- SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie maidenii. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 45-53, 2001.
- SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N.; LOPES, V. G. Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de *Pinus taeda* L. de 27 anos de idade em Cambará do Sul - RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 321-332, 2013.

- SCOLES, R.; GRIBEL, R.; KLEIN, G. N. Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em diferentes condições ambientais na região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Belém, v. 6, n. 3, p. 73-293, 2011.
- SHARMA, B.; SHARMA, K. Nutrient accumulation in various plant parts of dominant tree species of three different localities. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 16, n. 18, p. 965-968, 2013.
- SILVA, J. V.; NOGUEIRA, G. S.; SANTANA, R. C.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA, M. L. R.; ALMADO, R. P. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamento de eucalipto em consequência da intensidade do desbaste e da fertilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 11, p. 1555-1562, 2012.
- 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**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.
- SOUZA, J. T.; FIORENTIN, L. D. Quantificação da biomassa e do carbono em povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em Santa Maria, RS. **Unoesc & Ciência - ACET**, Joaçaba, v. 4, n. 2, p. 253-262, 2013.
- TÉO, S. J.; MACHADO, S. A.; REISSMANN, C. B.; FIGUEIREDO FILHO, A. Concentração e conteúdo de macronutrientes da biomassa de *Mimosa scabrella* Benth, em diferentes classes de sítio, idade e diâmetro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 6, p. 459-467, 2010.
- TERRACCLASS. **Dados TERRACCLASS 2010**. Disponível em: . Acesso em: 29 jan. 2014.
- TURNER J.; LAMBERT, M. J. Analysis of nutrient depletion in radiate pine plantation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, n. 8, p. 1327-1336, 2011.
- VIERA, M.; SHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em Cambará do Sul, RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 371-379, 2011.
- VITOUSEK. P. M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Forest Ecology**, Durham, v. 65, n. 1, p. 285-298, 1984.
- WEST, P. W. **Growing plantation Forest**. 2.ed. New York: Springer, 2014. 332 p.
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 4.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663 p.

Recebido em 17/06/2014
Aceito para publicação em 03/03/2015