



Peer review sobre os estudos dos teores foliares de nutrientes em *Bertholletia excelsa* Bonp.¹

João Batista Dias Damaceno²; Ana Cecília Nina Lobato³; Danielle Monteiro de Oliveira⁴

Resumo: O adequado suprimento de nutrientes para a castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonp.) facilita seu manejo para fins econômicos ou ecológicos. Entretanto, a carência de faixas de suficiência para os teores foliares de macronutrientes primários e secundários dificultam a interpretação da exigência nutricional da cultura. Assim, o objetivo deste estudo é caracterizar os aspectos nutricionais de *Bertholletia excelsa*, com base na revisão sistemática da literatura acerca dos teores foliares de macro e micronutrientes em plantas cultivadas no Brasil. O estudo é baseado em oito publicações sobre *Bertholletia excelsa*, que foram analisados por meio de estatística descritiva. Faixas de macro e micronutrientes foram definidas conforme a média dos teores mínimos e máximos verificados nos estudos e, os valores foram estimados em: baixos normais e altos para cada nutriente. Houve grande variação entre os valores de macronutrientes, onde o nitrogênio é acumulado em maior quantidade nas folhas de *Bertholletia excelsa*, sendo que, o acúmulo foliar segue a ordem: N > K > Ca > Mg > S > P. Os teores foliares de nutrientes observados na literatura são condizentes com as faixas foliares propostas neste trabalho para plantas de castanheira-do-Brasil.

Palavras - chave: Nutrição florestal; Castanheira-do-Brasil; Revisão sistemática da literatura

Peer review on the studies of nutrient leaf concentration for *Bertholletia excelsa* Bonp.

Abstract: The adequate nutrients supply for Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonp.) facilitates its management for economic or ecological purposes. However, the lack of sufficiency ranges for foliar concentrations of primary and secondary macronutrients makes it difficult to interpret the nutritional requirement of the crop. Thus, the objective of this study is to characterize the nutritional aspects about *Bertholletia excelsa*, based on the peer review of the leaf and macro levels of micronutrients in plants grown in Brazil. The study is based on eight published of *Bertholletia excelsa*, which were analyzed using descriptive statistics. Macro and micronutrient ranges were defined according to the mean of the minimum and maximum levels verified between the studies and the values were estimated at low, normal and high for each nutrient. There was great variation between macronutrient values. Nitrogen is accumulated in a larger quantity in the leaves of *Bertholletia excelsa* and, where the leaf accumulation follows the order: N > K > Ca > Mg > S > P. The nutrient foliar concentrations observed in the literature are consistent with the foliar ranges proposed by this study for plants of Brazil nut.

Keywords: Forest nutrition; Brazil nut; Systematic quantitative literature review

¹ Recebido em 06.02.2019 e aceito para publicação como **artigo de revisão** em 21.03.2019.

² Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Doutorando em Agronomia Tropical, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM. E-mail: <joaodiasrm@gmail.com>

³ Engenheira Agrônoma, M.Sc. Doutoranda em Agronomia Tropical, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM. E-mail: <ninalobatoanacecilia@gmail.com>

⁴ Bióloga, Dra. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-AM. E-mail: <dmoliveira.am@gmail.com>

Introdução

A castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonp.) pertencente à família Lecythidaceae, é uma planta nativa da Amazônia e uma das espécies mais importantes de exploração extrativista (OLIVEIRA, 2017). Apresenta porte elevado, podendo atingir até 60 m de altura, caracterizada pela presença de folhas simples, glabras, com flores de coloração amarela e frutos de capsula lenhosa, globosa e indeiscente com peso médio de 500 g a 1,5 kg (SOUZA e MENEZES 2004; SANTOS et al., 2009; SANTOS et al., 2013).

A *Bertholletia excelsa* é uma espécie de múltiplo uso, cuja madeira pode ser utilizada na construção civil e naval, a casca na elaboração de estopa, o ouriço na produção de carvão e as sementes como alimento e na indústria de cosméticos (BAYAMA et al., 2014). Devido à rusticidade e adaptabilidade, a espécie tem sido amplamente utilizada em sistemas agroflorestais e em plantios homogêneos para reposição da cobertura vegetal (FERREIRA et al., 2012; FERREIRA et al., 2015; DAMACENO, 2017). Todavia, as principais dificuldades encontradas se referem à escassez de informações sobre as respostas quanto à disponibilidade de nutrientes do solo (SOUZA et al., 2010; CORRÊA 2013).

Há uma grande variedade de trabalhos que contemplam os teores de nutrientes em diversas espécies florestais tropicais, em diversas fases de crescimento (STAPE et al., 2006; BRAGA et al., 2015; CARVALHO, 2017). Todavia, há necessidade de maior enfoque voltado ao estabelecimento de faixas foliares de nutrientes, que sejam interpretativas do status nutricional e que possibilitem a otimização do manejo da fertilização. No entanto, conhecer o estoque de nutrientes na biomassa, que exerce papel importante na ciclagem vital do ecossistema, pode fornecer dados fundamentais sobre como os fatores de solo estão atuando na oferta de macro e micronutrientes às plantas (FREITAS et al., 2004).

Os nutrientes têm funções importantes no metabolismo de compostos orgânicos, como

por exemplo, aminoácidos, proteínas e vitaminas, bem como nas funções associadas ao crescimento (PASSOS, 2014). Em condições adequadas de suprimento de nutrientes, as plantas apresentam maior crescimento e acúmulo de biomassa, conseqüentemente maior é a produtividade (CORRÊA, 2013). Não obstante, a limitação da disponibilidade de um único elemento pode comprometer o crescimento e desenvolvimento das espécies, uma vez que estes desempenham funções primordiais na manutenção da vida, das condições hídricas e nutricionais, assimilação de carbono, entre outros (CALDEIRA et al., 2004; GRACIANO et al., 2006; GOMES, 2012).

Os estudos de Ferreira et al. (2015), Asanok et al. (2013) e Campoe et al. (2014) comprovam que o suprimento adequado de nutrientes promove melhor desempenho fisiológico das plantas, tanto na fase fotoquímica, com a participação direta de Ca, Mg, S, Fe, Cu, Cl, e Mn, quanto bioquímica com micronutrientes e N, P, S favorecendo o crescimento e produtividade das espécies florestais. Embora seja uma espécie adaptada aos solos distróficos da região Amazônica, *Bertholletia excelsa* responde positivamente à fertilização, pois há maior crescimento em plantas jovens que recebem adubação (FERREIRA et al., 2012; GOMES, 2012).

Apesar da importância econômica e ambiental da espécie, não existem valores de referências para exigências nutricionais de macronutrientes primários (N, P e K) e secundários (Ca, Mg e S) para plantas de castanheira-do-Brasil (FERREIRA et al., 2015; DAMACENO, 2017; OLIVEIRA, 2017). O objetivo deste estudo é caracterizar os aspectos nutricionais de *Bertholletia excelsa*, com base na revisão sistemática da literatura acerca dos teores foliares de macro e micronutrientes em plantas cultivadas no Brasil.

Desenvolvimento

Descrição dos procedimentos metodológicos



Este trabalho consiste em uma revisão sistemática de literatura, onde foram reunidos oito documentos, entre artigos, dissertações e teses que abordam a temática acerca do aspecto nutricional, de teores de macro e

micronutrientes foliares, em plantas de *Bertholletia excelsa*. Foram priorizadas informações sobre a idade das plantas, o foco do estudo, a condição de experimentação e o substrato (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição geral dos estudos sobre o aspecto nutricional de plantas de *Bertholletia excelsa*.
Table 1 – General description of the nutritional aspects studies of *Bertholletia excelsa*.

Referência	Idade das plantas	Foco do estudo	Condição de experimentação	Substrato	Local de estudo
Camargos (1999)	17 meses	Omissão de nutrientes	Casa de vegetação	Solução nutritiva	São Paulo- BR
Gomes (2012)	21 meses	Fertilização	Campo	Solo	Manaus – BR
Corrêa (2013)	30 meses	Fertilização	Casa de vegetação	Solo	Manaus – BR
Ferreira (2013)	30 anos	Condições de luminosidade	Campo	Solo	Manaus – BR
Passos (2014)	31 anos	Caracterização da produtividade	Campo	Solo	Manaus – BR
Ferreira et al. (2015)	55 meses	Fertilização	Campo	Solo	Manaus – BR
Oliveira (2017)	19 meses	Fertilização	Casa de vegetação	Solo + biocarvão	Manaus – BR
Damaceno (2017)	15 meses	Fertilização	Casa de vegetação	Solo + biocarvão	Manaus – BR

Os resultados dos estudos foram divididos em teores mínimos e máximos de macronutrientes primários (Nitrogênio - N, Fósforo - P e Potássio - K) e secundários (Cálcio - Ca, Magnésio - Mg e Enxofre - S). Em todos os estudos, houve o mesmo critério de amostragem foliar (folhas totalmente expandidas, folhas saudáveis e folhas do terço médias das plantas, não muito velhas ou muito jovens).

A análise estatística descritiva de média \pm desvio padrão foi realizada nos resultados dos teores foliares de macronutrientes e micronutrientes e, a partir das observações, propuseram-se três níveis de classificação:

I- Baixos: Teores que estão abaixo dos valores observados na literatura, calculados com base na média dos teores mínimos.

II- Normais: Teores intermediários entre a média do valor mínimo e máximo observados

nos estudos.

III- Altos: Teores que estão acima dos valores observados na literatura, calculado com base na média dos teores máximos.

Análise dos trabalhos e estimativas de faixas de teores foliares de nutrientes

Para o nitrogênio há variação de 367% entre os teores mínimos e máximos, com amplitude de $\pm 7,80 \text{ g kg}^{-1}$ de N (Tabela 2). Os altos teores de N e P são resultantes do uso de solução nutritiva no cultivo das plantas de *Bertholletia excelsa*, pois há uma facilidade de absorção de nutrientes nessas condições (CAMARGOS, 1999).

Mesmo nas espécies cultivadas com 30 anos ou mais, Ferreira (2013) e Passos (2014) verificaram valores máximos de N inferiores aos observados por Correa (2013) e Damaceno

(2017) em plantas jovens. Isso ocorre, possivelmente, devido à maior distribuição de nitrogênio entre as folhas, resultando em uma redução dos teores relativos (DAMACENO, 2017). Mesmo com teores foliares abaixo do mínimo para N e o P, não são observados sintomas de deficiência em plantas de

Bertholletia excelsa (OLIVEIRA, 2017), entretanto, Damaceno (2017) relata sintomas de deficiência de fósforo, tais como folhas esverdeadas, também descritos por Camargos et al. (2002), possivelmente devido às condições distróficas do solo e variabilidade do material genético.

Tabela 2 – Teores foliares mínimos e máximos de macronutrientes primários e secundários em *Bertholletia excelsa*.

Table 2 - Minimum and maximum leaf concentrations of primary and secondary macronutrients in *Bertholletia excelsa*.

Referência	Teores foliares de macronutrientes primários					
	Nitrogênio (N)		Fósforo (P)		Potássio (K)	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
	-----g kg ⁻¹ -----					
Camargos (1999)	11,96	34,96	0,77	10,07	5,17	20,41
Gomes (2012)	9,53	17,05	0,65	0,80	6,37	11,47
Corrêa (2013)	17,50	31,60	0,50	1,20	2,50	15,4
Ferreira (2013)	17,90	21,80	0,79	1,25	2,60	8,10
Passos (2014)	20,32	21,50	1,34	1,40	5,93	6,71
Ferreira et al. (2015)	10,70	15,10	1,20	2,40	3,00	5,10
Oliveira (2017)	16,20	19,90	0,62	0,80	13,25	22,25
Damaceno (2017)	20,80	25,40	0,60	0,89	11,96	14,76
Média	15,61	23,41	0,80	2,35	6,34	13,02
S	± 4,35	± 6,89	± 0,30	± 3,16	± 4,15	± 6,29
Referência	Teores foliares de macronutrientes secundários					
	Cálcio (Ca)		Magnésio (Mg)		Enxofre (S)	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
	-----g kg ⁻¹ -----					
Camargos (1999)	4,61	20,74	1,12	4,39	1,26	2,09
Gomes (2012)	3,19	16,21	0,79	2,85	NR	NR
Corrêa (2013)	3,90	11,30	1,50	4,80	NR	NR
Ferreira (2013)	4,30	12,20	1,70	3,20	NR	NR
Passos (2014)	6,48	7,55	2,13	2,57	1,58	1,64
Ferreira et al. (2015)	11,20	12,20	2,40	3,00	NR	NR
Oliveira (2017)	3,50	11,25	NR	NR	NR	NR
Damaceno (2017)	3,40	5,80	1,50	2,20	NR	NR
Média	5,07	12,15	1,59	3,28	1,42	1,86
S	± 2,68	± 4,67	± 0,55	± 0,95	± 0,22	± 0,31

S: Desvio Padrão; NR: Não relatado; Min.: Teores mínimos de macronutrientes; Max.: Teores máximos de macronutrientes.

Para os teores de K há variação de 890% entre os mínimos e máximos observados, com amplitude de $\pm 6,72$ g kg⁻¹. Embora haja grande variabilidade nos teores foliares de K nessa espécie, não há evidência de sintomas de deficiência nos trabalhos avaliados. Segundo

Furlani (2004), para espécies florestais, em geral, o teor foliar de K necessário para um crescimento adequado está em torno de 10,0 g kg⁻¹.

Para os teores de Ca há variação de 650,1% entre os teores mínimos e máximos, com



amplitude de $\pm 7,8 \text{ g kg}^{-1}$. Como verificado para o N e o P, os teores máximos de Ca são mais elevados em plantas com omissão de nutrientes (CAMARGOS, 1999). Embora nenhum dos estudos tenha revelado sintomas de deficiência de Ca, à exceção de Camargos (1999) que estudou efeitos da omissão, o teor foliar de K pode inibir as taxas de absorção tanto do Ca quanto do Mg (MARSCHNER, 2012).

Os teores foliares de Mg variam em 607,5% entre os valores mínimos e máximos, com amplitude de $\pm 1,69 \text{ g kg}^{-1}$. É interessante destacar que os teores foliares, tanto de Ca quanto de Mg, nos estudos de Ferreira (2013) e Passos (2014) com plantas de 30 anos não são necessariamente mais elevados do que os encontrados por outros autores em plantas mais

jovens. De acordo com Furlani (2004), por ser um íon de valência menor, o Mg pode ter sua absorção reduzida em comparação aos outros elementos, tais como N, Ca e K.

Os teores foliares de S apresentaram variação de 165,8% entre o mínimo e o máximo obtido no trabalho de Camargos (1999), com amplitude de $\pm 0,44 \text{ g kg}^{-1}$. Embora não seja um nutriente comumente avaliado, pode ser limitante para o crescimento e desenvolvimento, pois é uma espécie com amênia rica em nutrientes, como o selênio (FERREIRA et al., 2006).

Com relação aos valores estimados para o N, a faixa considerada normal varia entre 15,51 e 23,41 g kg^{-1} (Tabela 3).

Tabela 3 - Faixa estimada para os teores foliares de macronutrientes primários e secundários em *Bertholletia excelsa*.
Table 3 - Estimated range for primary and secondary macronutrient leaf concentrations in *Bertholletia excelsa*.

Nutrientes	Teores foliares de macronutrientes		
	Baixos	Normais	Altos
	-----g kg ⁻¹ -----		
N	< 15,61	15,51 - 23,41	> 23,41
P	< 0,80	0,80 - 3,28	> 3,28
K	< 6,34	6,34 - 13,02	> 13,02
Ca	< 5,07	5,07 - 12,15	> 12,15
Mg	< 1,59	1,59 - 3,28	> 3,28
S	< 1,42	1,42 - 1,86	> 1,86

De acordo com Vitousek e Sanford Jr (1986), os valores observados em todos os estudos estão adequados para espécies de florestas tropicais e, alguns autores consideram que a faixa nutricional de 12,0 a 50,0 g kg^{-1} de N é adequada para o desenvolvimento de espécies florestais (CANTARUTTI et al., 2007; PREZOTTI et al., 2007). No entanto, nas condições edáficas amazônicas, onde há intensa ciclagem de nutrientes e matéria orgânica empobrecida, teores foliares acima de 15,0 g kg^{-1} já são considerados adequados para espécies florestais, faixa esta observada na categoria de teores normais para castanheira-do-Brasil.

Para teores de P, observa-se que 0,80 g kg^{-1}

é baixo para castanheira-do-Brasil. Em espécies do Cerrado brasileiro, Boeger et al. (2005) observaram teores foliares de P variando de 0,15 a 0,32 g kg^{-1} , considerados baixos de acordo com Vitousek e Sanford Jr (1986). Valores acima de 2,0 g kg^{-1} são adequados de acordo com Malavolta (1980) e de 2,0 a 4,0 g kg^{-1} para Furlani (2004), entretanto considerando que a *Bertholletia excelsa* é uma espécie nativa, adaptada às áreas com solos pobres em nutrientes, principalmente em P, baixos teores de 0,8 a 1,0 g kg^{-1} podem ser considerados adequados (DAMACENO, 2017).

Em geral, os valores adequados de K para o bom desenvolvimento de espécies florestais estão por volta de 10,0 g kg^{-1} (FURLANI,

2004), entretanto valores mínimos de $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ são admitidos (LEAF, 1973). Teores normais, expressos na Tabela 3, indicam uma faixa adequada para plantas de castanheira-do-Brasil ($6,3$ a $13,0 \text{ g kg}^{-1}$). Por ocasião das condições climáticas da Amazônia, onde a precipitação ultrapassa 2000 mm anuais, o K tende a ser lixiviado com maior facilidade, e consequentemente, a absorção deste nutriente é reduzida (SOUZA et al., 2007).

O teor foliar mínimo de Ca indicado como adequado pra espécies florestais, segundo Epstein (1975) e Malavolta (2006), é de $5,0 \text{ g kg}^{-1}$, logo, justifica-se uma faixa considerada normal de $5,07$ a $12,15 \text{ g kg}^{-1}$ indicadas por este trabalho. O Ca está ligado a lignificação das paredes celulares e tende a se acumular em tecidos mais velhos. De acordo com Reich et al. (1995), quando mais velhas são as folhas, há uma tendência maior de acúmulo de Ca. Tal fato justifica o que foi observado nos trabalhos de Ferreira (2013) e Passos (2014), quando avaliaram plantas adultas de castanheira-do-Brasil (30 anos) e constataram que, os teores mínimos de Ca foram os maiores, $6,48$ e $11,20 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca, respectivamente.

Para os teores de Mg as diferenças entre os valores altos e baixos não são tão distantes. De acordo com Malavolta et al. (1997), para espécies florestais, indica-se uma faixa adequada de Mg entre $2,5$ a $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ e, os teores propostos por este trabalho estão entre $1,59$ e $3,28 \text{ g kg}^{-1}$. Assim como o K, o Mg é uma base e pode ser facilmente lixiviado, o que acaba reduzindo a disponibilidade de absorção desse elemento pela planta (SOUZA et al., 2007).

Os teores de nutrientes que são considerados adequados neste trabalho abrangem valores abaixo da faixa indicada, isto ocorre devido ao fato de a castanheira-do-Brasil ser uma espécie adaptada aos solos Amazônicos, que são de baixa fertilidade (DAMACENO, 2017). Ainda assim, a faixa definida no presente trabalho corrobora com o nível considerado adequado por Mills e Jones Júnior (1996), que é acima de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$.

Em relação aos teores de S, são poucos os

trabalhos que consideram nas análises sua discriminação. De acordo com Mills e Jones Júnior (1996), a faixa considerada adequada pra espécies florestais está em torno de $1,5$ a $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ de S. Para Gonçalves (1995), teores entre $1,5$ e $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ são considerados adequados e, para o presente trabalho, a faixa de $1,42$ a $1,86 \text{ g kg}^{-1}$ de S é adequada para plantas de castanheira-do-Brasil (Tabela 3).

De acordo com os estudos analisados neste trabalho, as plantas de *Bertholletia excelsa* acumulam macronutrientes na seguinte ordem: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$. De acordo com Santos-Filho et al. (2007), o N é o elemento mais utilizado e exportado pelas plantas devido a sua necessidade para síntese de clorofila, além de constituir vários compostos nas plantas. De acordo com Malavolta et al. (1997), a composição mineral dos nutrientes nos tecidos foliares pode variar de acordo com a espécie e a idade das plantas. Ainda segundo os autores supracitados, a sequência de absorção não obedece, necessariamente, a ordem estabelecida de macronutrientes primários (N, P, K) e secundários (Ca, Mg, S), como foi observado neste trabalho.

Considerações finais

Na literatura há grande variação entre os teores foliares de macronutrientes nos diferentes estudos sobre nutrição de plantas de *Bertholletia excelsa* cultivadas no Brasil. De modo geral, o acúmulo de macronutrientes primários e secundários nas folhas da espécie seguem a ordem: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$.

As faixas de nutrientes foliares indicadas neste estudo podem sofrer variação de acordo com as condições ambientais e idade das plantas. Os valores mínimos e máximos de macronutrientes primários e secundários podem sofrer a variação indicada pelo desvio padrão apresentado por este trabalho.

Agradecimento

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA



Referências

- ASANOK, L. et al. Relationships between functional traits and the ability of forest tree species to reestablish in secondary forest and enrichment plantations in the uplands of northern Thailand. *Forest Ecology and Management*, v.296, p. 9-23, 2013.
- BAYAMA, M.M.A. et al. Brazil nut productive chain aspects in the state of Acre, Brazil. *Ciências Naturais*, v.9, p.417-426, 2014.
- BOEGER, M.R.T.; WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C.B. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no Sul do Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, v.19, p.167-181, 2005.
- BRAGA, M. D. M.; FURTINI, A. E. N. O.; OLIVEIRA, A. H. Influência da saturação por bases na qualidade e crescimento de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*). *Ciência Florestal*, v. 25, p. 49-58, 2015.
- CALDEIRA, M.V.W.; RONDON NETO, R.M.; SCHUMACHER, M.V. 2004. Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista Árvore*, v.28, 39-47, 2004.
- CAMARGOS, S. L. Diagnose de deficiência, teor e acúmulo de nutrientes em castanheira-do-Brasil. Tese de Doutorado (Agronomia-Energia Nuclear na Agricultura). Programa de Pós-graduação em Energia Nuclear na Agricultura – USP, Piracicaba, 1999.
- CAMARGOS, S.L. et al. Diagnose nutricional em mudas de castanheira-do-brasil. *Revista Agricultura Tropical*, v.6, p.81-96, 2002.
- CAMPOE, O.C. et al. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: From leaf physiology to survival and initial growth. *Forest Ecology and Management*, v.313, p.233-242, 2014.
- CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilização do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F et al. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.
- CARVALHO, G. Produtividade, partição de biomassa e nutrientes em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. 2017. 186f. Dissertação de Mestrado (Agronomia). Programa de Pós-graduação em Agronomia - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2017.
- CORRÊA, V. M. Crescimento, aspectos nutricionais e fotossintéticos de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* H.B submetidas à diferentes tratamentos de fertilização. Dissertação de Mestrado (Ciências de Florestas Tropicais). Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais – INPA, Manaus, 2013.
- DAMACENO, J. B. D. Biocarvão e efeito residual da adubação fosfatada em mudas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em latossolo da Amazônia. Dissertação de Mestrado (Agronomia-Agricultura no Trópico Úmido). Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido – INPA, Manaus, 2017.
- EPSTEIN, E. *Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Aplicações*. São Paulo: EDUSP, 1975.
- FERREIRA, E. S. et al. Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K). *Alimentos e Nutrição*, v.17, p.203-208, 2006.
- FERREIRA, M.J.; GONÇALVES, J.F.C.; FERRAZ, J.B.S. Crescimento e eficiência no

uso de água de plantas jovens de castanheira-da-Amazônia em área degradada e submetidas a adubação. *Ciência Florestal*, v.22, p.393-401, 2012.

FERREIRA, M. J. Características ecofisiológicas de clones de *Bertholletia excelsa* H. & B. em plantios de produção da Amazônia Central. Tese de Doutorado (Ciências de Florestas Tropicais). Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais – INPA, Manaus, 2013.

FERREIRA, M.J. et al. Características nutricionais de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* Bonpl. sob tratamentos de fertilização em área degradada na Amazônia. *Scientia Florestalis*, v.43, p.863-872, 2015.

FREITAS, R. et al. Biomassa e conteúdo de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden plantado em solo sujeito à arenização, no município de Alegrete – RS. *Biomassa & Energia*, v. 1, p. 93-104, 2004.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. *Fisiologia de Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.

GOMES, I. B. Respostas ecofisiológicas de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* H. B. submetidas à fertilização em plantio homogêneo. Dissertação de Mestrado (Ciências de Florestas Tropicais). Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais – INPA, Manaus, 2012.

GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica. *Documentos Florestais*, v15, p. 1-23, 1995.

GRACIANO, C. et al. Fertilization with phosphorus increases soil nitrogen absorption in Young plants of *Eucalyptus grandis*. *Forest Ecology and Management*, v.236, p.202-210, 2006.

LEAF, A. L. Plant analysis as an aid in fertilizing forests. In: LEAF, A. L. – *Soil texture and plant analysis*. Madison, Soil science society of America., 1973. 491 p.

MALAVOLTA, E. *Elementos de Nutrição Mineral de Plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997.

MALAVOLTA, E. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 3.ed London: Elsevier, 2012.

MILLS, H. A.; JONES JÚNIOR, J. B. *Plant analysis handbook II*. 2. ed. Athens: Micro-Macro, 1996.

OLIVEIRA, D. M. Biocarvão e adubação fosfatada no crescimento de mudas de castanheira do Brasil em latossolo amarelo da Amazônia Central. Tese de Doutorado (Ciência Florestal). Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais – UNESP, Botucatu, 2017.

PASSOS, R.M.O. Características biométricas, edáficas, nutricionais e produção de frutos de castanha-da-Amazônia em plantios clonais da Amazônia Central. Dissertação de Mestrado (Ciências de Florestas Tropicais). Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas e Ambientais – UFAM, Manaus, 2014.

PREZOTTI, L. C. et al. *Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo*. Vitória: INCAPER, 2007.

REICH, P.B.; ELLSWORTH, D.S.; UHL, C. Leaf carbon and nutrient assimilation and



conservation in species of different successional status in an oligotrophic Amazonian forest. *Functional Ecology*, v.9, p.65-76, 1995.

Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v.17, p. 37-167, 1986.

SANTOS, J.U.M. et al. *Bertholletia excelsa* Humboldt & Bonpland (Lecythidaceae): aspectos morfológicos do fruto, da semente e da plântula. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, v.1, p.103-112, 2009.

SANTOS, S.C. et al. Avaliação da qualidade de mudas de castanha do Brasil submetidas a ausência de nutrientes. *Enciclopédia Biosfera*, v.9, p.439-450, 2013.

SANTOS-FILHO, B. G. et al. Comportamento Nutricional de Espécies Arbóreas Utilizadas no Reflorestamento de Áreas Degradadas Sob o Impacto da Exploração Petrolífera na Região de Urucu, Município de Coari, AM. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, p. 1134-1136, 2007.

SOUZA, C.A.S. et al. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia machophylla* King). *Acta Amazonica*, v.40, p. 515-522, 2010.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F. et al. eds. *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SOUZA, M.L.; MENEZES, H.C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.24, p.120-128, 2004.

STAPE, J. L. et al. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in eucalyptus plantations at landscape scales in Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 223, p. 358- 362, 2006

VITOUSEK, P.M.; SANFORD JR, R.L.