



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MUDAS DE CASTANHA DO BRASIL SUBMETIDAS À AUSÊNCIA DE NUTRIENTES

Samara Cristina dos Santos¹, Nelson Venturin², Giovana Carla Teixeira¹, Leandro Carlos³, Renato Luiz Grisi Macedo²

1. Graduanda em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras (ssantosengf@gmail.com)
2. Professor Doutor da Universidade Federal de Lavras
3. Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

RESUMO

A castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) é uma espécie amazônica valiosa. Contendo importância na geração de renda nas atividades de produção e comercialização dos frutos e sua exploração madeireira, possui ótima aceitação nacional e internacional. Valorizada economicamente, apresenta potencial de utilização em programas de reflorestamento. Contudo, existem poucas pesquisas sobre sua silvicultura e principalmente referente as exigências nutricionais. Objetivando avaliar os aspectos nutricionais e efeitos da omissão de nutrientes no desenvolvimento de mudas de castanheira, conduziu-se experimento em vasos, com Latossolo vermelho de baixa fertilidade em casa de vegetação, sob a técnica do nutriente faltante, em delineamento de blocos inteiramente casualizados, sendo 12 tratamentos: Completo 1 (C1-adubado com N, P, K, S, B, Cu, Fe, Zn e calagem), completo 2 (C2- adubado com N, P, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Zn, sem calagem), tratamentos completos omitindo-se um nutriente por vez (completo 1 -N, completo 1 -K, completo 1 -S, completo 1 -P, completo 1 - B, completo 1 -Zn, completo 1 – calagem, completo 2 -Ca, completo 2 -Mg) e testemunha, com sete repetições. Avaliaram-se: diâmetro do colo; altura; biomassa seca do caule, das folhas, da parte aérea, da raiz e biomassa total; relação raiz/parte aérea; relação altura/diâmetro do colo e índice de Dickson. A análise dos resultados permitiu concluir que os nutrientes mais limitantes ao crescimento de mudas de castanheira foram B e P e o menos limitante foi S. As características biomassa seca do sistema radicular, relação raiz/parte aérea e relação altura/diâmetro foram semelhantes ao tratamento completo.

PALAVRAS-CHAVE: Elemento faltante, *Bertholletia excelsa*, casa de vegetação.

QUALITY ASSESSMENT OF BRAZIL NUT SEEDLINGS SUBMITTED TO THE ABSENCE OF NUTRIENTS

ABSTRACT

Bertholletia excelsa is a species of Amazonian region. Its importance is related to the income generated by activities of production and marketing of chestnut fruits and the wood logging. The wood has optimal national and international acceptance and is possible to use in reforestation programs. However, there are few studies regarding the silviculture and mainly the nutritional requirements of the species. In order to assess nutritional aspects and the effect of lacking nutrients during the development of *Bertholletia excelsa* seedlings, an experiment was conducted on pots in a red latosol of low natural fertility in a greenhouse. Twelve treatments were applied with the technique of missing nutrient in completely randomized blocks with seven repetitions. The following treatments were adopted: complete 1 (C1 – fertilized with N, P, K, S, B, Cu, Fe, Zn and liming), complete 2 (C2 – fertilized with N, P, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Zn, without liming), complete treatments missing one nutrient (complete 1 -N, complete 1 -K, complete 1 -S, complete 1 -P, complete 1 - B, complete 1 -Zn, complete 1 – liming, complete 2 -Ca, complete 2 -Mg) and control. The studied characteristics were: stem diameter, plant height, dry biomass of the stem, dry biomass of leaves, dry biomass of the over ground parts, dry biomass of root, total biomass, relationship root/over ground, stem height/diameter and Dickson index. The analysis of results allowed us concluding that the most limiting nutrients for the growth of *Bertholletia* seedlings were boron and phosphorus and the less limiting was sulfur.

KEYWORDS: missing element, *Bertholletia excelsa*, greenhouse.

INTRODUÇÃO

A *Bertholletia excelsa*, conhecida popularmente como castanha, castanheira, castanha do Amazonas, castanha do Pará, castanha do Brasil é uma espécie arbórea da família Lecythidaceae. Possui altura de 30 – 50 m, com tronco retilíneo de 1,00 a 1,80 m de diâmetro. Suas folhas são simples, glabras de 25 a 35 cm de comprimento. Flores muito perfumadas, grandes e de coloração amarelada. Os frutos são cápsulas lenhosas, globosas e indeiscentes, cada uma pesando de 500 a 1500 gramas e contendo 15 a 24 sementes (castanhas). Ocorre em toda região amazônica, incluindo os estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Pará, Norte de Goiás e Mato Grosso (LORENZI, 2002).

É uma das espécies nativas mais valiosas da floresta amazônica de terra firme utilizada há várias gerações como fonte de alimentação e de renda. Apresenta rusticidade, crescimento relativamente rápido e características adequadas da madeira para serraria, sendo uma das mais importantes espécies para programas de reflorestamento na Amazônia (YARED, 1990), com rotações estimadas entre 30 e 40 anos e perspectivas de produção de madeira acima de 150 m³ ha⁻¹ (YARED et al., 1993).

Árvore é de porte elevado, copa grande e emergente; com desrama natural de galhos em plantios com espaçamento adequado, formando um eixo ortotrópico de excelente forma para a indústria. Geralmente as castanheiras são encontradas

em grupos, formando os conhecidos “castanhais” (FERNANDES e ALENCAR, 1993). A espécie apresenta potencial para recuperar áreas degradadas em sistemas agroflorestais ou em plantios homogêneos.

Como toda espécie florestal nativa do Brasil, pouco ou nada se sabe sobre seus aspectos silviculturais, principalmente sobre suas exigências nutricionais.

Uma maneira rápida e econômica de se realizar estes estudos é através da utilização da técnica do nutriente faltante que avalia qualitativamente um dado nutriente no solo e a necessidade da planta com relação ao nutriente omitido. Esta técnica é simples e segura para a identificação de deficiências nutricionais. Consiste em avaliar o desenvolvimento de uma espécie em casa de vegetação ou em campo, através de um tratamento completo (com todos os nutrientes necessários em doses adequadas) e uma série de tratamentos, nos quais é feita a omissão de um nutriente de cada vez (SANCHEZ e SALINAS, 1981). Para evitar que o resultado seja influenciado pela deficiência de outros nutrientes, adiciona-se fonte dos demais nutrientes em quantidades não limitantes e nem tóxicas (BRAGA et al., 1995).

De acordo com Chaminade (1972) a técnica do nutriente faltante indica quais são os nutrientes que se apresentam deficientes, a importância relativa dessa deficiência e a velocidade de redução da fertilidade do solo. Para Malavolta (1980) ela apresenta uma referência semiquantitativa da necessidade de adubação.

De acordo com Pritchett (1979) experimentos em vasos constituem-se num instrumento rápido e seguro em programas de fertilização e nutrição florestal. Mas, a extrapolação, para o campo de resultados obtidos sob condições de casa de vegetação deve ser feita com a devida cautela, visto que as condições ambientais poderão ser bastante divergentes, influenciando, decisivamente nos resultados (MCCLUNG et al., 1958).

A metodologia da técnica do nutriente faltante já foi utilizada por vários autores que estudaram diversas espécies florestais. Entre esses, Mcclung et al. (1958) avaliaram seis solos de cerrado de São Paulo e Goiás. Utilizando gramíneas e leguminosas, esses autores detectaram o fósforo P como o nutriente mais limitante.

Garlipp e Balloni (1980) e Gonçalves e Fazzio (1981) estudaram a técnica do nutriente faltante no campo com *Eucalyptus grandis*.

Estudos científicos sobre exigências nutricionais de Castanheira-do-Brasil são inexistentes. Contudo várias pesquisas têm sido realizadas em casa de vegetação determinando as exigências nutricionais de espécies nativas. Assim, Venturin et al., (2005) relataram que a ausência dos nutrientes P e N afetou drasticamente o crescimento das mudas de candeia (*Eremanthus erythopapus*) e que os teores de K, Ca, S, B e Zn na matéria seca da parte aérea foram reduzidos nas omissões destes nutrientes.

Silva et al., (2005) observaram que as omissões dos nutrientes N, P e Ca foram as que mais limitaram o crescimento em altura e diâmetro das mudas de umbu (*Spondias tuberosa*).e que as mudas sob omissão de N e P apresentaram menor produção de MSPA.

Estudos realizados com candiúva (*Trema micrantha*) demonstraram que o N foi o nutriente mais limitante para o crescimento em altura e o N, P e B para o diâmetro, sendo que o tratamento completo afetou o desenvolvimento da espécie devido à toxidez do nutriente zinco (VENTURIN et al. 2000).

Sorreano et al. (2008) observaram que a omissão dos micronutrientes para *Croton urucurana* resultou alterações morfológicas traduzidas em anormalidades visíveis, sendo que, Cu, Mn e Zn quando faltantes, causaram os primeiros sintomas,

seguido pelo B, Fe e Mo. A omissão de B, Mn e Zn provocou a maior redução no desenvolvimento em altura e diâmetro do colo.

Esse trabalho teve por objetivo avaliar os requerimentos nutricionais e os efeitos da omissão de nutrientes no desenvolvimento de mudas de *Bertholletia excelsa* em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento em Casa de Vegetação

Para atingir o objetivo proposto, conduziu-se um ensaio em casa de vegetação utilizando-se a técnica do nutriente faltante.

Fontes de sementes

As sementes foram adquiridas na região de ocorrência natural da espécie, preferencialmente no estado do Amazonas e semeadas logo após a coleta e o transporte para Lavras.

Localização do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no viveiro florestal do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Material de solo e vasos

Como substrato foi utilizado um Latossolo Vermelho Amarelo, de baixa fertilidade natural, coletado em área de cerrado no município de Itumirim, MG, a uma profundidade de 20 a 40 cm, evitando-se a camada fértil do solo que poderia mascarar o efeito dos fertilizantes.

Após a secagem ao ar, o solo foi peneirado e foi retirada uma amostra para sua análise física e química. A análise física envolve a determinação granulométrica de TFSA pelo método de pipeta, segundo EMBRAPA (1997), utilizando o NaOH 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico e agitação rápida.

O solo foi armazenado em sacos plásticos e adicionados os nutrientes utilizados na técnica do nutriente faltante. Realizou-se a incubação por um período de vinte dias. Ao final da incubação o solo foi depositado em vasos com capacidade de 3,8 kg. Os vasos constituíram as parcelas que ficaram localizadas sobre uma bancada na casa de vegetação do Departamento de Ciências Florestais da UFLA. Os vasos tiveram os fundos vedados para evitar perda de nutrientes.

Caracterização química e física do solo

As análises físicas do solo constaram de: determinação da textura (Método do Densímetro) e da densidade de partículas (Método do Balão Volumétrico) conforme EMBRAPA (1979) e foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Lavras. As análises químicas foram feitas através dos

seguintes métodos: pH (H₂O - Relação 1:2,5); matéria orgânica (Método de Walkley e Black); P e K (HCl 0,05 molc L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 molc L⁻¹), segundo Vettori (1969); Ca, Mg, Al e H + Al (extrator KCl 1 molc L⁻¹); Zn, Cu, Fe e Mn (HCl 0,05 molc L⁻¹ + H₂SO₄ 0,25 molc L⁻¹) segundo Viets Junior e Lindsay (1973); S (Ca (H₂PO₄) . H₂ + 500 ppm P), conforme Tedesco et al. (1985); B (água quente) segundo descrição de Jackson (1970) e areia, silte e argila (Método do Densímetro). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Lavras.

TABELA 1 Características químicas e físicas da amostra de solo utilizado para a produção de mudas de *Bertholletia excelsa* H.B.K.(Castanha do Brasil).

Parâmetros	Solo natural	Solo após adubação completa ¹
pH (H ₂ O)	4,8	5,7
P (Mg/dm ³)	1,71	70,06
K (Mg/dm ³)	28	126
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	2,4	2,6
Mg ²⁺ (Mg/dm ³)	0,3	0,7
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	0	0
H + Al (cmol _c /dm ³)	2,59	1,7
SB (cmol _c /dm ³)	2,77	2,47
(t) (cmol _c /dm ³)	2,77	2,57
(T) (cmol _c /dm ³)	5,36	6,99
V (%)	29,8	53,6
m (%)	0	0
MO (dag/kg)	0,5	0,4
P-rem (mg/L)	5,01	5,31
Zn (mg/dm ³)	0,3	3,1
Fe (mg/dm ³)	12,6	11,8
Mn (mg/dm ³)	1,8	1
Cu (mg/dm ³)	0,4	2,2
B (mg/dm ³)	0,3	0,3
S (mg/dm ³)	20,7	26,9
Areia (dag/kg)	16	16
Silte (dag/kg)	20	20
Argila (dag/kg)	64	64

Delineamento experimental e tratamentos.

Para o experimento com nutrientes faltantes o delineamento experimental usado foi o de blocos inteiramente casualizados, com 12 tratamentos, sete repetições, um vaso por repetição e uma planta por vaso.

Os tratamentos constaram da adubação com elemento faltante da seguinte forma: Completo 1 (adubado com N, P, K, S, Cu, B, Zn e calagem), completo 2 (adubado com N, P, K, S, Ca, Mg, Cu, B, Zn, sem calagem) e mais 9 tratamentos omitindo-se, quando pertinente, cada um dos nutrientes: (completo 1 -N, completo 1 -K, completo 1 -S, completo 1 -P, completo 1 - B, completo 1 -Zn, completo 1 – calagem, completo 2 -Ca, completo 2 -Mg), e uma testemunha (solo ao natural).

As doses das fontes para o tratamentos foram calculadas atendendo a adubação básica de cada tratamento, de acordo com Malavolta (1980) e Marques (2004): 180 mg de N, 300 mg de P, 150 mg de K, 150 mg de Ca, 50 mg de Mg, 40 mg de S, 1,33 mg de Cu, 0,81 mg de B, 4 mg de Zn e 0,15 mg de Mo.

As fontes de minerais utilizadas no experimento de exigências nutricionais de *Bertolletia excelsa*, são apresentadas a seguir:

- 1 – $\text{Ca}(\text{HPO}_4)2\text{H}_2\text{O}$ – Fosfato de Cálcio
- 2 - KH_2PO_4 - Fosfato de Potássio
- 3 – KNO_3 – Nitrato de Potássio
- 4– NH_4NO_3 – Sulfato de Magnésio
- 5 – $\text{MgSO}_4 7\text{H}_2\text{O}$ – Nitrato de Amônio
- 6 – K_2SO_4 – Sulfato de Potássio
- 7 - $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ – Fosfato de Amônio
- 8 – H_3PO_4 – Ácido Fosfórico
- 9 – $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 6\text{H}_2\text{O}$ – Nitrato de Magnésio
- 10 – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – Sulfato de Amônio
- 11 – $\text{CaSO}_4 2\text{H}_2\text{O}$ – Sulfato de Cálcio
- 12 – H_3BO_3 – Ácido Bórico
- 13– CuCl_2 – Cloreto de Cobre
- 14 - ZnCl_2 – Cloreto de Zinco

Condução do experimento

As sementes de *Bertholletia excelsa* foram pré-geminadas em temperatura de 30°C nos germinadores do laboratório de sementes florestais do DCF da Universidade Federal de Lavras. Após a protrusão da radícula as sementes foram levadas à casa de vegetação e colocadas nos vasos com os tratamentos. Foram semeadas três sementes por vaso. Após a emergência das plântulas foi feito o desbaste, deixando-se uma plântula por vaso.

A umidade do solo foi mantida em torno de 60% do volume total de poros (VTP), conforme proposto por Freire et. al. (1979) e aferida diariamente pela pesagem, completando-se o peso com água desmineralizada.

O ensaio teve duração de 12 meses. Ao término deste período os blocos foram desmontados e as raízes separadas do solo por lavagem em água corrente, obtendo-se as plântulas inteiras e individualizadas.

O material foi seco em estufa de circulação forçada a 70°C pesado em balança de precisão de três casas e posteriormente moído para ser levado para análise. Através do material seco da parte aérea foi determinada a concentração de macro e micronutrientes, segundo Sarruge e Haag (1974).

Características avaliadas

As características biométricas e suas relações consideradas para avaliação das mudas foram os dados de morfologia: As características estudadas foram: diâmetro do colo (DC), altura das plantas (H), biomassa seca do caule (BSC) biomassa seca das folhas (BSF) biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA), relação altura/diâmetro do colo (H/D) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et

al., 1960). O IQD foi calculado pela fórmula:

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{D}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSSR}\right)}$$

MST: Matéria seca total;

H: Altura da planta até a gema apical

D: Diâmetro do colo

MSPA: Matéria seca da parte aérea

MSSR: Matéria seca do sistema radicular

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 10% de probabilidade para comparar as médias entre os tratamentos, conforme Gomes (1985). Para tal foi utilizado o programa Sisvar 4.6®. Os gráficos e tabelas foram gerados em planilha eletrônica, pelo programa Microsoft EXCEL 2003®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das características morfológicas diâmetro do colo, altura das plantas, biomassa seca do caule, biomassa seca das folhas, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca da raiz, biomassa total, para a castanha-do-Brasil.

TABELA 2. Altura (H), diâmetro do colo (DC), biomassa seca do caule (BSC), biomassa seca da folha (BSF), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca de raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA), relação altura/diâmetro (H/D) e Índice de Qualidade de Dickson para mudas de castanha do Brasil nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	H(cm)	D(mm)	BSC(g)	BSF(g)	BSPA(g)	BSR(g)	BST(g)	R/PA	H/D	IQD
C1	24,7 ab	6,6 a	2,2 ab	5,3 ab	7,5 ab	6,3 a	13,9 ab	0,8 a	3,7 a	2,8 ab
C1-N	19,2 ab	5,3 ab	1,5 ab	3,6 ab	5,1 ab	5,4 a	10,6 ab	2,7 a	3,4 a	2,1 ab
C1-P	22,2 ab	5,4 ab	1,2 ab	3,5 ab	4,8 ab	4,5 a	9,3 ab	0,9 a	4,0 a	1,8 ab
C1-K	22,8 ab	5,7 ab	1,6 ab	4,2 ab	5,8 ab	5,3 a	11,1 ab	0,9 a	3,9 a	2,1 ab
C1-S	27,2 a	6,6 a	2,7 a	6,4 a	9,1 a	7,9 a	17,0 a	0,8 a	4,0 a	3,2 a
C1-B	15,1 b	3,8 b	0,8 b	2,5 b	3,3 b	4,3 a	7,7 b	2,6 a	3,7 a	1,6 b
C1-Zn	25,6 ab	6,0 a	2,2 ab	5,4 ab	7,6 ab	6,6 a	14,2 ab	0,9 a	4,2 a	2,6 ab
C1-Calagem	21,0 ab	5,3 ab	1,4 ab	4,4 ab	5,8 ab	5,3 a	11,1 ab	1,1 a	3,8 a	2,1 ab
C2	24,1 ab	6,5 a	1,9 ab	5,4 ab	7,3 ab	5,9 a	13,2 ab	1,1 a	3,6 a	2,6 ab
C2-Ca	23,4 ab	5,8 ab	1,6 ab	4,5 ab	6,2 ab	5,7 a	11,9 ab	1,0 a	3,9 a	2,3 ab
C2-Mg	22,5 ab	5,6 ab	1,8 ab	4,9 ab	6,8 ab	5,9 a	12,8 ab	0,9 a	4,0 a	2,4 ab
Testemunha	18,1 ab	4,9 ab	0,8 b	3,2 ab	4,1 ab	4,4 a	8,5 ab	1,0 a	3,6 a	1,8 ab

Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade. Completo 1 (C1-adubado com N, P, K, S, B, Cu, Zn e calagem), completo 2 (C2- adubado com N, P, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn, sem calagem).

Para o crescimento em altura a maioria dos tratamentos, mostraram resultados iguais ao completo 1. O melhor resultado foi o tratamento com omissão de S, indicando que este elemento não é limitante ao desenvolvimento em altura. O elemento que se mostrou mais limitante ao crescimento da espécie foi o B, seguido deste, o pior tratamento foi testemunha. De acordo com Alvarez et al. (1999) o teor de B no solo é considerado baixo para a fase de crescimento, isso sugere que a disponibilidade desse elemento é limitante ao crescimento inicial de mudas de castanha do Brasil.

Quanto ao crescimento em diâmetro para as mudas de castanha do Brasil nos diferentes tratamentos (Tabela 2), observou-se que os maiores valores obtidos foram os com omissão de S, completo 1 e completo 2. O pior tratamento foi o com omissão de B, sendo este elemento limitante ao crescimento em diâmetro da castanha-do-Brasil. Segundo Souza et al. (2006), o diâmetro do coleto é fundamental na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após plantio.

Quanto à biomassa seca do caule, o melhor tratamento foi o com omissão de S, já os piores foram a testemunha e os tratamentos com ausência de B e P. O fósforo na planta apresenta um papel importante na produção de energia para a planta, logo sua falta irá refletir num menor crescimento da mesma (TAIZ e ZAIGER, 2013).

Barroso et al. (2005) trabalhando com mudas de Teca (*Tectona grandis*), percebeu que na ausência de P ocorreu clorose leve com enrugamento (encarquilhamento) nas extremidades das folhas mais velhas.

Para a biomassa seca de folhas, o melhor tratamento foi o com omissão de S, entretanto o pior foi o com omissão de B, os demais tratamentos tiveram resultados semelhantes aos completos. Em relação à biomassa seca da parte aérea, a maioria dos tratamentos foi semelhante ao completo, exceto o tratamento com omissão de S, que obteve o melhor resultado e o tratamento com omissão de B, sendo o pior tratamento.

Epstein e Bloom (2005) descreveram que, quando ocorre deficiência de B, frequentemente as gemas são danificadas e podem morrer. As folhas podem tornar-se distorcidas e o caule, áspero e fendido, em geral com saliências e/ou manchas. O florescimento é severamente afetado. Se o fruto se forma, mostra sintomas similares àqueles encontrados nos caules. As raízes e as partes aéreas das plantas sofrem infecções por bactérias e fungos, uma consequência secundária da deficiência de B.

Para a biomassa seca do sistema radicular não houve diferença significativa nos resultados, sendo a sequência de elementos exigidos pela castanha do Brasil em ordem decrescente a seguinte: B > P > K > N > Ca > Mg > Zn > S.

A biomassa seca total não apresentou variação estatística entre a maior parte dos tratamentos, o melhor resultado foi o tratamento com omissão de S e o pior foi o com omissão de B.

Conforme Sorreano et al. (2012) a ausência do B afeta o metabolismo do ácido nucléico e de carboidratos. A presença do B é essencial para manter a integridade estrutural das membranas das plantas, e muitos dos sintomas da deficiência são efeitos secundários causados pelas mudanças na permeabilidade da membrana.

Para a relação raiz/parte aérea, todos os tratamentos foram semelhantes ao completo. A sequência de exigência nutricional apresentada pelas mudas de castanha do Brasil em relação ao tratamento completo, considerando a relação raiz/parte aérea, em ordem decrescente foi: S > Mg > Zn > K > P > Ca > B > N. A

relação R/PA é maior em ambiente de baixa fertilidade, podendo ser considerada uma estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes daquela condição (CLARSON citado por BRAGA et al., 1995). Não houve diferença devido ao fato de a espécie possuir uma semente grande rica em nutrientes. Ferreira et al. (2006) concluiu que a amêndoa representa 41% da semente, e que esta *in natura* constitui uma favorável fonte proteica (15,60%) e lipídica (61,00%).

Considerando à relação altura/diâmetro, também todos os tratamentos foram semelhantes ao completo. Neste caso, a sequência de exigência nutricional em relação ao tratamento completo, considerando a relação altura/diâmetro foi: N > B > Ca > K > Mg > S > P > Zn.

O maior valor para o índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) ocorreu no tratamento com omissão de enxofre seguido pelos tratamentos completo 1 e completo 2, e com ausência de zinco e magnésio. Esses tratamentos apresentaram valores maiores que os demais tratamentos, sendo o pior onde há ausência de B.

Posteriormente ao B, o tratamento com pior resultado foi o da testemunha, indicando a necessidade de se fazer adubação da castanha do Brasil, na fase de formação de mudas, em seguida o elemento mais limitante ao desenvolvimento de mudas foi o P. A reduzida disponibilidade de P no solo pode ser responsável pelo inadequado crescimento das plantas, sendo um importante fator nutricional que restringe o crescimento vegetal em solos tropicais (SKREBSKY et al., 2008). Braga et al. (1995) relatam que os nutrientes mais limitantes para *Acacia mangium* foram o P seguidos pelo N e pelo S.

A sequência de exigência nutricional apresentada pelas mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*), considerando a produção de matéria seca da parte aérea, em ordem decrescente, é: P > N > S > Ca > K > Mg > Cu (MORETTI et al., 2011).

CONCLUSÃO

Os nutrientes numericamente mais limitantes ao crescimento de mudas de *Bertholletia excelsa* foram boro e fósforo e o nutriente menos limitante foi o enxofre.

As características biomassa seca do sistema radicular, relação raiz/parte aérea e relação altura/diâmetro não foram afetadas pelas ausências de nenhum nutriente.

A ausência de resposta com base estatística no desenvolvimento das mudas de castanheira pode ser explicada pela grande reserva de nutriente contida nas sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 25-32.

BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. de A.; PEREIRA, R. de C.; MENDONÇA, A. V. R.; SILVA, L. C. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. Revista Árvore, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 671-679, 2005.

BRAGA, F.A.; Vale, F.R.; VENTURIN, N.; *et al.* 1995. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.

CHAMINADE, R. Recherches sur fertilité et la fertilisation des sols em régions tropicales. *L'Agronomie Tropicales*, Paris, v.27, n.9, p.891-904, sept. 1972.

DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997, 212p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. L. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.

FERNANDES, N. P. e ALENCAR, J. C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 4. Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), dez anos após o plantio. **Acta Amazonica**, 23 (2-3): 191-198, 1993.

FERREIRA, E.S. SILVEIRA, C.S. LUCIEN, V.G, AMARAL, A.S. 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**, Araraquara, v.17, n.2, p.203-208, abr./jun. 2006.

FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; MOVAIS, R.F. Métodos de aplicação de adubos na formação de mudas de *Eucalyptus grandis* F. Hill ex Maiden. **Silvicultura**, São Paulo, v.14, p.385-386, 1979.

GARLIPP, R.C.D.; BALLONI, E.A. Estudo sobre o efeito da omissão de nutrientes em plantios de *Eucalyptus grandis* (Rodésia). Boletim Informativo IPEF. Piracicaba, v.8, n.26, p.21-22, 1980.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1985. 466p.

GONÇALVES, J.C.; FAZZIO, E.C.M. Efeito da omissão de nutrientes minerais em plantios de *Eucalyptus grandis*. Boletim Informativo IPEF. Piracicaba, v.9, n.28, p.21-23, 1981.

JACKSON, M.L. **Análise química de suelos**. 2ed. Barcelona; Omega, 1970. 662p.

LORENZI, H., **Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 4 ed. Nova Odessa, SP. 384p Vol.1. 2002.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MARQUES, T.C.L.L.M. et al. Exigências nutricionais do paricá (*Schizolobium amazonicum*. Herb.) na fase de muda. **Revista Cerne**, Lavras, v.10, n.2, p.167-183, 2004.

MCCLUNG, A.C.; Freitas, L.M.M.; Galo, J.R. *et al.* 1958. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campos de São Paulo e Goiás. **Bragantia**, Campinas, v. 17, n.3, p. 29-44.

MORETTI, B. da S.; FURTINI NETO, A. E.; PINTO, S. I. do C.; FURTINI, I. V.; MAGALHÃES, C. A. de S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, out./dez. 2011.

PRITCHETT, W.L. **Propertiers and management of Forest soils**. New York: John Wiley. 1979. 500p.

SANCHEZ, P.A.; SALINAS, J.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, Madison, v.34, p.279-406, 1981.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.

SILVA E.B.; GONÇALVES, N.P.; PINHO, P.J. Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em latossolo vermelho distrófico no Norte de Minas. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.27, n.1, jan./marc. 2005. p.55-59.

SKREBSKY, E. C.; NICOLOSO, F. T.; MALDANER, J.; RAUBER, R.; CASTRO, G. Y.; JUCOSKI, G. O.; SANTOS, D. R. Caracterização das exigências nutricionais de mudas de *Pfaffia glomerata* em Argissolo Vermelho distrófico arênico pela técnica do nutriente faltante. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 989-996, 2008.

SORREANO, M.C.M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D.H.da.; CABRAL, C.P.; RODRIGUES, R.R. Deficiência de micronutrientes em mudas de sangra d água (*Croton urucurana*). **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 126-132, abr./jun. 2008.

SORREANO, M.C.M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de Nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SOUZA, P.A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R.L.G. Adubação mineral do ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.261-270, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. Análise do solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1985. (Boletim Técnico, 5).tropicales. L'Agronomie Tropicales, Paris, v.27, n.9, p.891-904.

VENTURIN, N.; SOUZA, P.A. de; VENTURIN, R.P. *et al.* Avaliação nutricional da candiúva (*Trema micrantha* L. Blumes) em casa de vegetação. **Floresta**, Rio de Janeiro, v.29 (1/2), p.15-26, Nov. 2000.

VENTURIN, N.; SOUZA, P.A.; MACEDO, R.L.G. de.; NOGUEIRA, F.D. Adubação

mineral da candeia (*Eremanthus erythropapus* (DC.) Mcleish). **Floresta**, Curitiba, PR, v.35, n.2, ma./ago. 2005. p.211-219.

VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1969. 34p. (Boletim Técnico 7).

VIETS JUNIOR, F.G. e; LINDSAY, W.L. Testing soils for zinc, Cooper, manganese and iron. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science society of America, 1973. p.329-488.

YARED, J.A.G.; KANASHIRO, M.; VIANA, L. M.; CASTRO, T.C.A . de; PANTOJA, J. R. de S. Comportamento silvicultural de castanheira (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) em diversos locais da Amazônia. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, 1993, Curitiba-Pr. **Anais...** Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993, V.2 p.416-419.

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