

CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE CASTANHEIRA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa* Bonpl. – LECYTHIDACEAE) EM SUBSTRATOS FERTILIZADOS COM MACRONUTRIENTES

Pedro Henrique Oliveira Simões¹, Lenilson Ferreira Palheta², Rodrigo Silva do Vale³,
Ruy Guilherme Correia⁴, Raphael Lobato Prado Neves²

- 1 Mestrando em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA, Brasil (simoes.florestal@gmail.com)
2 Mestrando em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia
3 Professor Doutor da Universidade Federal Rural da Amazônia
4 Doutorando em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia

Recebido em: 31/03/2015 – Aprovado em: 15/05/2015 – Publicado em: 01/06/2015

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o desenvolvimento de mudas de *Bertholletia excelsa* Bonpl. submetidas a dois tipos de substratos fertilizados com nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e NPK. Os substratos utilizados foram: SC - terra preta e casca de sementes de castanheira-do-brasil; e SA - terra preta e semente de açaí triturada. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições, representadas por 10 plantas cada. Os tratamentos foram: Controle (substrato ausente de fertilização); substrato SC mais 150 g m⁻³ de N utilizando a uréia; substrato SC mais 300 g m⁻³ de P₂O₅ utilizando o superfosfato triplo; substrato SC mais 100 g m⁻³ de K₂O utilizando o cloreto de potássio; substrato SC mais NPK (150, 300 e 100 g m⁻³ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente); substrato SA mais 150 g m⁻³ de N utilizando a uréia; substrato SA mais 300 g m⁻³ de P₂O₅ utilizando o superfosfato triplo; substrato SA mais 100 g m⁻³ de K₂O utilizando o cloreto de potássio; substrato SA mais NPK (150, 300 e 100 g m⁻³ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente). As avaliações foram realizadas aos 150 dias após a instalação do experimento e verificou-se maior altura das mudas que receberam o tratamento formado pelo substrato com semente de açaí triturada e NPK, além da maior média para o número de folhas. Ao analisar os nutrientes quando fornecidos isoladamente, o N foi o que apresentou resultados inferiores.

PALAVRAS-CHAVE: espécie florestal, nutrição de plantas, produção de mudas.

GROWTH AND SEEDLING QUALITY OF BRAZIL NUT (*Bertholletia excelsa* Bonpl. - LECYTHIDACEAE) IN SUBSTRATES FERTILIZED WITH MACRONUTRIENTS

ABSTRACT

The study objective was to evaluate the *Bertholletia excelsa* Bonpl. seedlings development subjected to two types of substrates fertilized with nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and NPK. The substrates used were: SC - black earth and shell seed Brazil nut; and SA - black earth and acai crushed seeds. The experimental design was completely randomized with nine treatments and four replications, represented by 10 plants each. The treatments were: control (substrate without fertilization); SC substrate plus 150 g m⁻³ of N using urea; SC substrate plus

300 g m⁻³ of P₂O₅ using triple superphosphate; SC substrate plus 100 g m⁻³ K₂O using potassium chloride; SC substrate plus NPK (150, 300 and 100 g m⁻³ of N, P₂O₅ and K₂O, respectively); SA substrate plus 150 g m⁻³ N of using urea; substrate SA plus 300 g m⁻³ of P₂O₅ using triple superphosphate; SA substrate plus 100 g m⁻³ K₂O using potassium chloride; SA substrate plus NPK (150, 300 and 100 g m⁻³ of N, P₂O₅ and K₂O, respectively). The evaluations were performed at 150 days after the experiment beginning and was verified a higher seedling height of those that received treatment formed by the substrate with acai crushed seed and NPK, besides the highest average for the number of sheets. Analyzing the nutrients that was provided alone, N showed the inferior results.

KEYWORDS: Nutrition of plants, forest species, seedling production.

INTRODUÇÃO

Castanheira-do-brasil ou Brazil nut tree, como é conhecida a *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Lecythidaceae) é uma árvore de grande porte que pode alcançar 50m de altura e, de acordo com estimativas realizadas utilizando datação com carbono, em mil anos de idade, chega a mais de 5m de diâmetro à altura do peito (DAP) e com 20 a 35m de diâmetro de copa (HAUGAASEN et al., 2010). É importante tanto em termos ecológicos, uma vez que é uma árvore dominante, que contribui para a dinâmica da floresta e de sucessões, e socialmente, uma vez que milhares de famílias no Brasil, Bolívia e Peru sobrevivem a partir da colheita do fruto da castanheira-do-Brasil (SUJII et al., 2013). O fruto é um pixídio lenhoso, globoso, extremamente duro, com tamanho e peso variável (0,5-2 kg) que recebe o nome de ouriço e possui sementes oleaginosas ricas em gorduras e proteínas de boa qualidade. A espécie tem uma ampla distribuição em terras baixas da Amazônia e no chamado Planalto das Guianas, onde ocorre naturalmente em floresta de terra firme (HAUGAASEN et al., 2012).

A castanheira do Brasil pode ser considerada como espécie fundamental para aliar a conservação ao desenvolvimento, por ser abundante na região Amazônica, explorada por diversas comunidades a baixo custo e por apresentar sólida demanda de mercado, além de sua coleta ser de baixo impacto ambiental (ZUIDEMA & BOOT, 2002). Os frutos são a base de uma importante indústria extrativa na região Amazônica (AZEVEDO, 2014). Praticamente toda a produção mundial de castanheira-do-brasil vem de pequenas comunidades extrativistas, o que o coloca a espécie em uma posição privilegiada em mercados que valorizam a questão social e ambiental (SUJII et al., 2013).

Embora a madeira desta árvore seja de excelente utilização, seu corte é proibido por lei (Instrução Normativa IBDF nº 001/80, segundo Código Florestal – Lei Federal nº 4771) e a espécie é classificada como vulnerável na *Red List of Threatened Species* (IUCN, 2010), com a principal ameaça sendo atribuída à perda de habitat por desflorestamento (SUJII et al., 2013). Deste modo, é necessário conhecer a silvicultura dessa espécie e de forma específica a produção de mudas, buscando sempre a otimização dos processos produtivos e, assim, conseguir reflorestar exemplares da espécie.

O estabelecimento de plantios florestais, seja para fins comerciais ou restauração, depende de uma série de fatores, sendo a qualidade das mudas fundamental para o sucesso inicial (GASPARIN et al., 2014). Isso pode ser alcançado controlando fatores externos e observando os parâmetros morfológicos, realizando análises de crescimento sob diferentes condições de fertilização,

luminosidade, irrigação e substratos variados.

Diversos materiais, que eram vistos apenas como resíduos e sem utilidade, têm sido utilizados como ingredientes para compor substratos para produção de mudas, como fibra de coco (NOGUEIRA et al., 2012), esterco bovino (HIGASHIKAWA et al., 2010), biossólido e casca de pinus (KRATZ et al., 2013), resíduo de açaí (MARANHO & PAIVA, 2012), casca de amendoim (LEÃO et al., 2013), bagaço de cana (DUTRA et al., 2012), dentre outros. Estudos com a finalidade de viabilizar a utilização destes resíduos representam uma demanda atual, pois os sistemas de produção são favorecidos pelo uso de insumos regionais e de baixo custo, além dos benefícios ambientais (GUERRINI & TRIGUEIRO, 2004).

Já existem substratos produzidos em escala industrial a partir desses resíduos, como o Plantmax florestal, tradicionalmente utilizado em viveiros para a produção de mudas de *pinus* e *Eucalyptus*, que utiliza na sua formulação a casca de *pinus*, combinada com vermiculita, turfa, calcário e adubo químico (MARTINS et al., 2012). Uma alternativa comumente utilizada por viveiristas na produção de mudas de espécies nativas é a aquisição de um substrato comercial, ao qual é acrescido certo volume de material disponível, como componente secundário (GASPARIN et al., 2014).

Associado ao substrato, a aplicação de nutrientes, principalmente, nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento das mudas têm despertado o interesse de vários pesquisadores florestais, sendo que vários trabalhos vêm sendo conduzidos no sentido de se conhecer a melhor forma de fertilização em espécies florestais (CAIONE et al., 2012).

O nitrogênio é importante no metabolismo das plantas, principalmente como elemento integrante das proteínas vegetais, em suas importantes funções como enzima, reserva ou constituinte da matéria viva (MALAVOLTA et al., 1997), participando em processos fisiológicos, tais como, fotossíntese, respiração, diferenciação celular e genética (MENGEL & KIRKBY, 1987). O fósforo é necessário para a síntese do trifosfato de adenosina (ATP) e de numerosos outros compostos fosforilados; é elemento-chave para qualquer célula armazenar energia e utilizá-la em toda reação endergônica, refletindo em divisão e alongamento celular (EPSTEIN, 1975). O potássio é o segundo nutriente mais exigido pelas culturas e é absorvido na forma do cátion K^+ , entretanto, o nutriente não faz parte de nenhum composto orgânico e não desempenha nenhuma função estrutural na planta, sendo que suas principais funções são de ativação enzimática, fotossíntese, transporte de carboidratos e osmorregulação (MALAVOLTA et al., 1997), possibilitando a planta de utilizar a água de forma mais eficiente.

Logo, devido às potencialidades de *Bertholletia excelsa* Bonpl., reconhecida como uma das espécies de maior valor econômico da Amazônia Ocidental, provedora de múltiplos benefícios (SANTOS et al., 2010), além de adaptar-se bem à condições de campos agrícolas (PAIVA et al., 2010), característico de áreas alteradas, tornam-se importantes estudos relacionados à sua fertilização e desenvolvimento em substratos alternativos, visando obter maiores informações sobre os principais benefícios da combinação desses elementos fundamentais ao desenvolvimento de mudas de qualidade. Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar o desenvolvimento de mudas de castanheira-do-brasil submetidas a diferentes substratos fertilizados com nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e NPK.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro florestal (1°27'17"S; 48°26'18"W) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), município de Belém-PA, no período de Julho de 2012 a Junho de 2013. O clima é quente e úmido com precipitação média anual alcançando os 2.834 mm. A temperatura média é de 25°C em fevereiro e 26°C em novembro e está na zona climática Afi (classificação de Köppen), que coincide com o clima de floresta tropical, permanentemente úmido, com ausência de estação fria (SEPOF, 2014).

As mudas de castanheira-do-brasil foram produzidas a partir de sementes obtidas de matrizes localizadas na região do Baixo Tocantins, no Estado do Pará. As sementes foram escolhidas pelo seu tamanho médio, pois apresentam melhor trabalhabilidade. Inicialmente, foram imersas em água por 24 horas, sendo feita a troca da água a cada 12 horas. Após isso, foram descascadas e colocadas à sombra para secar, sendo semeadas em bandejas contendo areia lavada. O tempo médio para transplântio ocorreu aos 6 meses após a semeadura. Foram transplantadas em sacos de polietileno contendo aproximadamente 1.270 cm³ de substrato.

Para a composição dos substratos, foram selecionados resíduos agroflorestais de grande disponibilidade na região, sendo eles casca de sementes de castanheira-do-brasil e semente de açaí. Segundo estudo realizado por SOARES et al. (2014), esses resíduos são considerados materiais com potencial para substrato, quando combinados com outros componentes. Ainda no mesmo estudo, conforme os autores, as concentrações de macro e micronutrientes encontradas para esses materiais foram acima do recomendado pela literatura para substratos no cultivo de plantas, com destaque para os teores encontrados de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Ferro (Fe) e Cobre (Cu), que foram maiores que as concentrações encontradas no substrato comercial Plantmax[®] HA (COSTA et al., 2013; SOUZA JÚNIOR et al., 2011).

Dessa forma, a composição dos substratos foi: mistura com casca de sementes de castanheira-do-brasil e terra preta (SC) e mistura com semente de açaí e terra preta (SA), ambos na proporção 1:1. Para o preparo dos substratos, seguiram-se as recomendações de MARTINS et al. (2012), em que os materiais vegetais foram triturados e posteriormente passados em peneira de 10 mm para garantir a uniformização dos grânulos, favorecer o acondicionamento do substrato e garantir a homogeneização do tratamento. A análise química dos componentes formadores dos substratos, terra preta (Tabela 1) e material vegetal (Tabela 2), foi realizada pelo Laboratório de Análises de Solo da UFRA, campus de Belém – PA.

TABELA 1. Resultados de análise química da terra preta.

PH		C.Org.	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
H ₂ O	KCl	g/kg	g/kg	mg dm ⁻³			Cmolc dm ⁻³		
5,31	4,63	12,99	22,39	1,84	0,03	0,25	0,08	0,69	7,2

TABELA 2. Resultados de análise química de material vegetal.

Amostra	K	Na	Ca	Mg	Cu	Zn
Identificação	Cmolc dm ⁻³	g/kg	Cmolc dm ⁻³	Cmolc dm ⁻³	mg/kg	
Semente de açaí	1,4	0,25	0,83	0,44	31	38
Casca de semente de castanheira-do-brasil	3,2	0,25	2,01	1,42	11	24

O experimento abrangeu nove tratamentos e quatro repetições de 10 plântulas cada, totalizando 360 indivíduos, em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Foram utilizados dois tipos de substratos, como descrito anteriormente, e quatro tipos de adubações com N, P, K e NPK, além de um tratamento controle apenas com terra preta e sem fertilização (quadro 1). Para a implantação do experimento e recomendação de adubação (fontes de adubos, doses, formas de aplicação e épocas de aplicação) seguiram-se indicações de SILVA & STEIN (2008), em que se optou pelas fontes de adubos sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, devido suas características físicas e químicas e, efetuou-se o parcelamento da adubação nitrogenada e potássica e uma única aplicação de adubo fosfatado.

QUADRO 1. Tratamentos aplicados no experimento com mudas de *Bertholletia excelsa*.

Tratamento	Combinação
T0	Controle (apenas terra preta/ausente de fertilização)
T1	Substrato SC + 150 g m ⁻³ de N
T2	Substrato SC + 300 g m ⁻³ de P ₂ O ₅
T3	Substrato SC + 100 g m ⁻³ de K ₂ O
T4	Substrato SC + NPK (150, 300 e 100 g m ⁻³ de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O, respectivamente)
T5	Substrato SA + 150 g m ⁻³ de N
T6	Substrato SA + 300 g m ⁻³ de P ₂ O ₅
T7	Substrato SA + 100 g m ⁻³ de K ₂ O
T8	Substrato SA + NPK(150, 300 e 100 g m ⁻³ de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O, respectivamente)

As mudas foram alocadas em casa de vegetação com intensidade luminosa fixada em 50% e irrigação diária, mantendo-se aproximadamente 60% da capacidade de campo. Após 15 dias da instalação do experimento, realizou-se a adubação em cobertura, seguindo-se as indicações de SILVA & STEIN (2008), em que os tratamentos com N e com K receberam aplicação adicional em cobertura, sendo aplicados, no tratamento com N, 10g L⁻¹ de sulfato de amônio diluído em água e, para o tratamento com K, 3g L⁻¹ de cloreto de potássio, também diluído em água. No tratamento completo foi aplicado o sulfato de amônio e o cloreto de potássio. Os intervalos de aplicação foram alternados, sendo que na primeira aplicação (15 dias após o transplante das mudas), foram aplicados o sulfato de amônio e o cloreto de potássio; sete dias depois, apenas o sulfato de amônio foi aplicado; na semana seguinte foram aplicados o sulfato de amônio e o cloreto de potássio e, assim, sucessivamente. Para o P não há recomendação na adubação em cobertura (SILVA & STEIN, 2008).

As avaliações foram realizadas aos 150 dias após a semeadura. A altura da parte aérea (AP) foi determinada pela medição do intervalo que vai do colo da muda até a ponta da última folha; o diâmetro a altura do colo (DC) foi medido com um paquímetro digital, ao nível do substrato; para o número de folhas (NF), foi feita a contagem de todas as folhas abertas e inteiras e; para determinar a massa seca da parte aérea (MSA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST), as plantas após serem coletadas, foram seccionadas em parte aérea e raízes e, em

seguida, embaladas em sacos de papel kraft e levadas a estufa de circulação de ar forçada a 70° C, até a obtenção do peso constante e mensuradas as respectivas massas em uma balança de precisão. Com base nos resultados foram realizados os cálculos e os parâmetros foram transformados em índices de qualidade de mudas: relação entre a altura da parte aérea/diâmetro do coleto (AP/DC), altura da parte aérea/massa seca da parte aérea (AP/MSA), massa seca da parte aérea/massa seca das raízes (MSA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), sendo este último obtido através da Equação 1 (DICKSON et al., 1960).

$$\text{IQD} = \text{MST}/(\text{AP}/\text{DC}) + \text{MSA}/\text{MSR} \quad (1)$$

Em que:

MST: Massa seca total

AP: Altura da parte aérea

DC: Diâmetro do coleto

MSA: Massa seca da parte aérea

MSR: Massa seca das raízes

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as causas de variação significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o *software* estatístico ASSISTAT® (SILVA & AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em conformidade com as variáveis biométricas, aos 150 dias após a instalação do experimento, observa-se que as adubações testadas promoveram efeitos significativos para todas as variáveis analisadas (Tabela 3).

TABELA 3. Altura da parte aérea (AP), diâmetro a altura do colo (DAC) e número de folhas (NF) de mudas de *Bertholletia excelsa* aos 150 dias de experimento, em resposta aos tratamentos.

Tratamentos	AP cm	DC mm	MSA g	MSR g	MST g	NF
T0	31,46 cd	4,87 a	5,23 ab	1,73 ab	6,97 ab	14,46 ab
T1	28,76 d	4,12 bcd	4,85 b	1,86 ab	6,72 ab	11,63 c
T2	28,23 d	3,94 d	5,18 ab	1,77 ab	6,95 ab	12,00 c
T3	31,39 cd	4,05 cd	5,14 ab	1,49 b	6,63 ab	12,12 c
T4	34,48 c	4,18 bcd	5,15 ab	1,55 b	6,70 ab	12,76 bc
T5	36,18 bc	4,13 bcd	5,12 ab	1,60 b	6,72 ab	13,41 bc
T6	41,90 a	4,55 ab	5,10 ab	2,23 a	7,37 a	13,61 abc
T7	39,96 ab	4,44 abc	5,12 ab	1,49 b	6,52 b	13,66 abc
T8	44,21 a	4,53 abc	5,65 a	1,48 b	7,13 ab	15,76 a
Teste F	**	**	**	**	*	**
CV (%)	22,35	16,41	8,40	27,74	9,26	22,93

** e * Significativo a 1% e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV = Coeficiente de variação.

Analisando a Tabela 3, verificou-se maior altura média das mudas que receberam os tratamentos formados pelo substrato SA, com médias superiores para as plantas que receberam adubação com P (T6) e NPK (T8). Para o substrato SC, o tratamento que apresentou melhor resultado para altura da parte aérea foi aquele

fertilizado com NPK. Em estudo realizado por SANTOS et al. (2008), avaliando mudas de Mogno (*Swietenia macrophylla* King), submetidas à adubação em doses crescentes de P, o máximo crescimento foi conseguido mediante à aplicação da dose máxima de 200 kg ha⁻¹, com resposta linear da espécie à aplicação do nutriente, indicando que, no intervalo considerado no experimento, a fração que permaneceu disponível para a absorção pelas plantas esteve aquém do suprimento ideal para a expressão do máximo potencial de crescimento da espécie.

Em outro estudo, NEVES et al. (2004), estabeleceram um intervalo de aplicação de doses de P maior para a espécie *Carapa guianensis* Aubl., chegando até a dose de 450 mg dm⁻³, encontraram resposta quadrática em relação à adubação fosfatada, ou seja, houve uma resposta positiva incrementando essas medidas à proporção que aumentaram as doses de P aplicadas ao solo, e, a partir de doses maiores, a resposta à adubação passou a decrescer, sendo que, quanto à altura das plantas, a dose que proporcionou a máxima eficiência física foi de 239 mg dm⁻³ de P. O fornecimento do P é de fundamental importância nas fases iniciais do desenvolvimento da planta, pois sua deficiência promove um crescimento atrofiado na fase juvenil (TAIZ & ZEIGER, 2010).

Segundo CAIONE et al. (2012), a altura da parte aérea fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo. Ainda, de acordo com CALDEIRA et al. (2008); GOMES et al. (2003), é um parâmetro de fácil determinação, além de ser um método não destrutivo. Entretanto, FONSECA et al. (2002), afirmam que os parâmetros morfológicos e as relações utilizadas não devem ser utilizados isoladamente para classificação do padrão da qualidade de mudas, a fim de que não corra o risco de selecionar mudas mais altas, porém fracas, descartando as menores, mas com maior vigor.

Ainda observando a Tabela 3, o diâmetro das mudas cultivadas em substratos com fertilização não apresentaram resultados superiores ao diâmetro das cultivadas sem fertilização (T0). As maiores médias de DC foram observadas no tratamento ausente de fertilização (4,87 mm) seguido pelo tratamento com P e substrato SA (4,55 cm). Resultado semelhante pôde ser verificado por CORRENTE (2003), estudando a interação de substratos e tipos de embalagens no crescimento de mudas de castanheira-do-brasil, onde os tratamentos não exerceram influência significativa para a variável em questão. Os valores médios de diâmetro do caule das mudas de castanheira-do-brasil próximo dos três meses variaram de 3,93 mm (T5) a 4,86 mm (T0), com médias próximas dos resultados encontrados por CAMARGO (1997), de 2,6 a 4,8 mm aos nove meses, quando este avaliou quatro tipos de substrato para a mesma espécie.

Segundo SILVA et al. (2012), estudando a aplicação de doses crescentes de N e P em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng. Taub., as maiores doses desses nutrientes proporcionaram maior acúmulo de macronutrientes tanto na parte aérea quanto na raiz, enquanto nos micronutrientes esse efeito foi ocasionado somente pelo P, o que refletiu no crescimento em diâmetro da espécie. Ainda no mesmo estudo, segundo o autor, a adubação aumentou a eficiência de uso de macronutrientes, que é um dos parâmetros utilizados para indicar o índice de eficiência nutricional em função da adubação, determinado a partir da razão entre massa seca total produzida elevada à segunda potência, pelo conteúdo total do nutriente na planta (SIDDIQI & GLASS, 1981). O P foi o nutriente mais eficientemente utilizado pelas mudas de *Peltophorum dubium* Spreng. Taub. (SILVA et al., 2012).

Em outro estudo, SANTOS et al. (2008), verificaram que o incremento em crescimento da parte aérea, bem como a produção de biomassa em mudas de Mogno sob adubação fosfatada, acompanhou o aumento na absorção de macronutrientes, sugerindo que as plantas de mogno possuem eficiência de utilização do P, corroborando em parte com o presente estudo, onde as mudas de *Bertholletia excelsa* tiveram as maiores médias de AP e NF nos tratamentos fertilizados com NPK e apenas com P. Dessa forma, esses resultados puderam indicar que a adubação fosfatada favorece a absorção de nutrientes considerados essenciais para as reações bioquímicas da planta e, conseqüentemente, reflete diretamente no crescimento dos seus órgãos.

A partir dos dados da Tabela 3, foi possível observar que o tratamento com adubação com NPK e substrato SA (T8) e, em seguida, o tratamento controle (T0), foram os que proporcionaram os melhores resultados para o acúmulo de massa seca da parte aérea. Resultados semelhantes foram encontrados por CAIONE et al. (2012), estudando a resposta de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke à adubação com N, P, K e NPK, onde o tratamento com NPK e os tratamentos apenas com P e sem adubação proporcionaram os melhores resultados para o acúmulo de massa seca da parte aérea. Quando comparados os tratamentos com adubação com NPK nos dois tipos de substrato, aquele composto de terra preta e semente de açaí apresentou as melhores médias para massa seca da parte aérea, indicando o maior aporte vegetativo das mudas de castanheira-do-brasil.

GOULART (2011), estudando a aplicação de diferentes fontes e doses de N em mudas de *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze, espécie pertencente à família Lecythidaceae, encontrou a dose crítica de N, onde atingiu a máxima produção de matéria seca da parte aérea, no valor de 139,44 mg/dm³ para as fontes nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio. Em contrapartida, os valores de MSA diferiram dentro das fontes utilizadas, sendo a menor média para a fonte nitrato de cálcio. No presente estudo, não se observou efeito positivo para o tratamento com aplicação apenas de N, demonstrando que, no caso da castanheira-do-brasil, os baixos valores médios para a MSA, podem estar relacionados tanto a fonte utilizada (Ureia), quanto à dosagem.

Para a massa seca das raízes (Tabela 3) os melhores resultados foram observados para o tratamento com adubação fosfatada e substrato SA (T6). As médias dos demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Segundo COSTA FILHO et al. (2013), estudando a espécie *Mimosa caesalpinifolia* Benth., as doses de P que proporcionaram as máximas respostas de biomassa da parte aérea e raízes, variaram de 81 a 120 mg kg⁻¹ de P. De acordo com GOMES & PAIVA (2011), a massa seca das raízes tem sido reconhecida como uma das melhores e mais importantes variáveis para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo, destacando que a sobrevivência é maior quanto mais abundante for o sistema radicular, havendo uma pequena correlação com a altura da parte aérea, sendo o P o nutriente que influencia mais diretamente no crescimento radicular das plantas.

Para o acúmulo de massa seca total (Tabela 3), observa-se que o tratamento que proporcionou a maior produção de biomassa foi aquela com adubação fosfatada e substrato SA, com média de 7,37 g, e o tratamento com a menor média foi aquele com adubação com K, no mesmo substrato, com média de 6,52 g. Os demais tratamentos apresentaram médias estatisticamente iguais. CAIONE et al. (2012), estudando a aplicação de macronutrientes primários em mudas de *Schizolobium*

amazonicum (Huber ex Ducke), observaram que o tratamento que proporcionou a maior produção de massa seca total foi o com NPK, entretanto, quando os macronutrientes foram aplicados isolados, o P é o que proporcionou os maiores benefícios. D'AVILA (2008) testou a adição de P a substratos, em quantidades de 0 a 1046 mg dm⁻³ e verificou que doses de 400 a 490 mg dm⁻³ proporcionaram os melhores resultados na produção de mudas de três clones de *Eucalyptus urograndis*.

Em relação ao número de folhas, o tratamento que recebeu adubação com NPK e substrato SA apresentou os melhores resultados, o que representa um maior aporte vegetativo para as mudas. VIANA & KIEHL (2010) observaram que o K nas plantas estimula o aproveitamento do N possibilitando que sua absorção, assimilação, nutrição e, conseqüentemente, que a sua produtividade sejam aumentadas. Embora a área foliar seja uma característica mais precisa para avaliar a qualidade das mudas do que o número de folhas, nas recomendações técnicas é frequente o uso de altura e número de folhas abertas para classificar as mudas aptas ao plantio (CORRENTE, 2003). O maior desenvolvimento das mudas, observado no tratamento com NPK, é explicado pelas funções exercidas na planta por cada nutriente (CAIONE et al., 2012), em que o N está intimamente ligado aos processos fisiológicos como a fotossíntese e a respiração (MENGEL & KIRKBY, 1987); o P é necessário para a síntese do ATP e de numerosos outros compostos fosforilados (EPSTEIN, 1975) e; o K para a ativação de várias enzimas e regulação do potencial osmótico das células (EVANS & SORGER, 1966).

Analisando os resultados referentes aos índices de qualidade das mudas na Tabela 4, verifica-se que os tratamentos influenciaram significativamente todas as relações entre altura da parte aérea com diâmetro do coleto (AP/DC), altura da parte aérea com massa seca da parte aérea (AP/MSA), massa seca da parte aérea com massa seca das raízes (MSA/MSR), massa seca das raízes com massa seca da parte aérea (MSR/MSA) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Bertholletia excelsa* aos 150 dias após a instalação do experimento, em resposta à adubação com N, P, K, NPK e dois tipos de substrato.

TABELA 4. Relação entre altura da parte aérea com diâmetro do coleto (AP/DC), altura da parte aérea com massa seca da parte aérea (AP/MSA), massa seca da parte aérea com massa seca das raízes (MSA/MSR), massa seca das raízes com massa seca da parte aérea (MSR/MSA) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Bertholletia excelsa* aos 150 dias, em resposta aos tratamentos.

Tratamentos	AP/DC	AP/MSA	MSA/MSR	IQD
T0	5,65 e	5,17 cd	3,11 abc	0,82 a
T1	6,50 cde	5,37 bcd	2,89 bc	0,73 abc
T2	6,16 de	4,33 d	3,13 abc	0,77 ab
T3	7,66 bcd	6,07 abcd	3,51 abc	0,61 bcde
T4	8,30 ab	7,21 ab	3,35 abc	0,58 cde
T5	8,00 bc	6,66 abc	3,29 abc	0,60 bcde
T6	8,73 ab	7,75 a	2,40 c	0,68 abcd
T7	8,12 bc	6,89 abc	4,34 ab	0,58 de
T8	9,94 a	7,22 ab	4,72 a	0,51 e
Teste F	**	**	**	**
CV (%)	24,21	24,37	40,78	21,28

** e * Significativo a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05). CV= Coeficiente de variação.

Analisando a Tabela 4 é possível observar que para a relação entre a altura da parte aérea com o diâmetro do coleto os menores valores foram encontrados nos tratamentos controle (5,65), fertilizado apenas com P (6,16) e fertilizado apenas com N (6,50), estes dois últimos no substrato SC. Para essa relação, os menores valores são considerados, pois quanto menor o valor desse parâmetro de qualidade de mudas, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem na área do plantio definitivo (CRUZ et al., 2006). SANTOS et al. (2013), avaliando o crescimento de castanheira-do-brasil, sob a técnica do nutriente faltante, observaram que as características biomassa seca do sistema radicular, relação raiz/parte aérea e relação altura/diâmetro não foram afetadas pelas ausências de nenhum nutriente, e apenas a omissão de boro e enxofre apresentou diferença dentre todas as médias dos demais tratamentos. A relação AP/DC exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas em viveiro (CARNEIRO, 1995). Os valores recomendados para a relação HT/DC são de 5,4 a 8,1 em *Pinus taeda* (CARNEIRO, 1995). Já CAIONE et al., (2012) encontraram os valores mínimo e máximo de 8,77 e 9,48, respectivamente, estudando o crescimento e qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) submetidas à adubação com N, P e K, sendo o menor valor para a adubação com P.

Verifica-se na Tabela 4 a influência dos tratamentos sobre a relação da altura da parte aérea com a massa seca da parte aérea. Este quociente não é comumente usado como índice para avaliar o padrão de qualidade de mudas, mas também pode prever o potencial de sobrevivência da muda no campo e, quanto menor for este índice mais lenhificada será a muda e maior será sua capacidade de sobrevivência no campo (GOMES & PAIVA, 2011). Dessa forma, nota-se que todos os tratamentos que utilizaram o substrato SC, independentemente do macronutriente utilizado, além do tratamento controle, apresentaram resultados que poderiam indicar maior percentual de sobrevivência das mudas no campo, pois proporcionaram os menores índices da relação AP/MSA. Com exceção do tratamento T3, as menores médias encontradas neste índice correlacionaram-se com as menores médias encontradas no índice observado na relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto, em que os substratos podem ter elevada relação com os índices que expressam a qualidade das mudas, proporcionando maior taxa de sobrevivência das mudas no campo.

A relação entre a massa seca da parte aérea com a massa seca das raízes apresentou a maior média para o tratamento com adubação completa e SA (4,72) e a menor média para o tratamento com P e SA (2,50). Para espécies do gênero *Eucalyptus*, GOMES & PAIVA (2011) relataram que a melhor relação entre massa seca da parte aérea com a massa seca das raízes de mudas deve ser de aproximadamente 2,0. Para mudas de *Schizolobium amazonicum*, CAIONE et al., (2012), encontraram valores que variaram de 3,18 a 3,67, em mudas submetidas à adubação com N, P e K. Entretanto, para *Bertholletia excelsa* não há um índice padrão que mostre ser o mais indicado.

O índice de qualidade de Dickson (IDQ) é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade (FONSECA et al., 2002). Quanto maior for o IQD, melhor será o padrão de qualidade da muda (VIDAL et al., 2006). Para as mudas de *Bertholletia excelsa*, o melhor resultado foi verificado no tratamento

controle (0,82), seguido do tratamento com P e SC (0,76), N e SC (0,73) e por fim, P e SA (0,70). Observa-se assim, pelos resultados apresentados na Tabela 4, que a espécie em questão apresentou grande variação no crescimento e incremento de massa seca nos órgãos seccionados para avaliação, de modo que tratamentos diferentes apresentaram as maiores médias para as variáveis DC, AP, NF, entre outras, refletindo diretamente na variação encontrada nos valores de IQD. Segundo SANTOS et al. (2013), essa variação pode ser explicada pela grande reserva de nutriente contida nas sementes de castanheira-do-brasil.

CONCLUSÕES

O tratamento formado pelo substrato com terra preta e semente de açaí e NPK apresentou a melhor média de crescimento em altura da parte aérea e número de folhas de mudas de *Bertholletia excelsa*.

Avaliando a aplicação isolada dos fertilizantes, os resultados inferiores no crescimento de mudas de *Bertholletia excelsa* foram obtidos com a aplicação de N na quantidade 150g N m⁻³ no substrato composto por terra preta e casca de castanheira-do-brasil, utilizando-se como fonte a uréia.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, G. F. da C. Photosynthetic parameters and growth in seedlings of *Bertholletia excelsa* and *Carapa guianensis* in response to pre-acclimation to full sunlight and mild water stress. **Acta Amazonica**, Manaus, v.44, n.1, p.67-78, jan./mar. 2014.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L.; Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.40, n.94, p.213-221, abr./jun. 2012.

CAMARGO, I. P. **Estudos sobre a propagação da castanheira-do-brasil**. 1997. 127 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/ FUPEF, Campos: UENF, 1995. 451p.

CORRENTE, O. **Composição de substratos e tipos de embalagens no crescimento de mudas de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.)**. 2003. 44 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2003.

COSTA, L. A. de M.; COSTA, M. S. S. de M.; PEREIRA, D. C.; BERNARDI, F. H.; MACCARI, S. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.5, p.675-682, set./out. 2013.

COSTA FILHO, R. T. da; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. da. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em latossolo vermelho-amarelo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.1, p.89-98, jan./mar. 2013.

CRONKLETON, P.; GUARIGUATA, M. R.; ALBORNOZ, M. A. Multiple use forestry planning: Timber and Brazil nut management in the community forests of Northern Bolivia. **Forest Ecology and Management**. v.268, p.49–56, mar. 2012.

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N.; GUERRERO, C.R.A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cacas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p.537-546, jul./ago. 2006.

D'AVILA, F. S. **Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de eucalipto**. 2008. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Quebec, v.36, n.1, p.10-13, jan./fev. 1960.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; OLIVEIRA, J. C. Emergência e crescimento inicial da canafístula em diferentes substratos e métodos de superação de dormência. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.2, p.65-71, abr./jun. 2012.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: USP, 1975. 344p.

EVANS, H.J.; SORGER, G.J. Role of mineral elements with emphasis on the univalent 318 cations. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.17, p.47-76, 1966.

FONSECA, É. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.515-523, jul./ago. 2002.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L. de; ARAUJO, M. M.; FILHO, A. C.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.3, p.553-563, jul./set. 2014.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.113-127, mar./abr. 2003.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros Florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2011. 116p.

GOULART, L. M. L. **Crescimento e qualidade de mudas de Ipê-Amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich.), Jequitibá-Rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e Jequitibá-Branco (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze), em**

resposta à adubação nitrogenada. 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.6, p.1069-1076, nov./dez. 2004.

HAUGAASEN, J. M. T.; HAUGAASEN, T.; PERES, C. A.; GRIBEL, R.; WEGGE, P. Fruit Removal and Natural Seed Dispersal of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa*) in Central Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v.44, n.2, p.205–210, mar. 2012.

HAUGAASEN, J. M.; HAUGAASEN, T.; PERES, C. A.; GRIBEL, R.; WEGGE, P. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.26, n.3, p.251–262. mai. 2010.

HIGASHIKAWA, F. S. et al. Chemical and physical properties of organic residues. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.5, p.1742-1752, set./out. 2010.

IUCN 2010. IUCN, **Red List of Threatened Species**. Version 2010.3. www.iucnredlist.org. Acesso em: 3 mar. 2015.

KRATZ, D. et al. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.4, p.607-621, out./dez. 2013.

LEÃO, J. R. A.; PAIVA, A. V. de; LIMA, J. P. da C. Resíduos agroflorestais utilizados na germinação e desenvolvimento de mudas de angelim-doce. **Biotemas**, Florianópolis, v.26, n.1, jan./mar. 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARANHO, A. S.; PAIVA, A. V. Emergência de plântulas de Supiarana (*Alchornea discolor* Poepp.) em substrato composto por diferentes porcentagens de resíduo orgânico de Açaí. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.6, n.1, p.85-98, jan./mar. 2011.

MARTINS, C. C.; SILVA, J. D. R. da; PEREIRA, M. R. R.; OLIVEIRA, S. S. C. de. Efeito do sombreamento e do substrato sobre a germinação e o crescimento de plântulas de *Acacia mangium* e *Acacia mearnsii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.22, n.2, p.283-293, abr./jun. 2012.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Oxford: International Potash Institute, 1987. 687p.

NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. da S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. de. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de

várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.3, p.343-349, mai./jun. 2004.

NOGUEIRA, N. W. et al. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em função de diferentes substratos. **Revista Agro@mbiente On-Line**, Boa Vista, v.6, n.1, p.17-24, jan./abr. 2012.

PAIVA, P.M.; CARNEIRO GUEDES, M.; FUNI, C. Brazil nut conservation through shifting cultivation. **Forest Ecology and Management**. v.261, p.508–514, nov. 2010.
SANTOS, O. V. et al. Processing of Brasil-nut flour: characterization, thermal and morphological analysis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, supl. 1, p.264-269, mai. 2010.

SANTOS, R. A.; TUCCI, C. A. F.; HARA, F. A. dos S.; SILVA, W. G. da. Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, Manaus, vol.38, n.3, p.453-458. jul./set. 2008.

SANTOS, S. C. dos; VENTURIN, N.; TEIXEIRA, G. C.; CARLOS, L.; MACEDO, R. L. G. Avaliação da qualidade de mudas de castanha-do-brasil submetidas à ausência de nutrientes. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p.439-450, 2013.

SEPOF – **Secretaria Executiva do Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. Estatística Municipal**: Belém. Governo do Estado do Pará. 2014. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/pdf/EstatisticaMunicipal/pdf/Belem.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

SIDDIQI, M.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.4, p.289-302, 1981.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009, Reno, Nevada. **Anais...** Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, P.H.M.; STEIN, L.M. **Produção de mudas e recomendações de adubação no viveiro para pequenos produtores**. 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/producaomudas.asp>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

SOARES, I. D.; PAIVA, A. V. de; MIRANDA, R. O. V. de; MARANHÃO, A. S. Propriedades físico-químicas de resíduos agroflorestais amazônicos para uso como substrato. **Nativa**, Sinop, v.2, n.3, p.155-161, jul./set. 2014.

SOUZA JÚNIOR, J. O. de; CARMELLO, Q. A. de C.; SODRÉ, G. A. Substrato e adubação fosfatada para a produção de mudas clonais de Cacau. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.1, p.151-159, jan./fev. 2011.

SOUZA, N. H. de; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. de O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. de P. Q.; SILVA, E. F. da. Estudo nutricional da canafístula

(II): eficiência nutricional em função da adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa vol.36, n.5, p.803-812. set./out. 2012.

SUJII, P.S.; BRAGA, E. T. M.; AZEVEDO, V. C. R.; CIAMPI, A. Y. ; MARTINS, K. ; WADT, L. H. O. . Morphological and molecular characteristics do not confirm popular classification of the Brazil nut tree in Acre, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v.12, p.4018-4027, set. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**, 5.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2010. 623p.

VIDAL, L. H. I.; SOUZA, J. R. P. de; FONSECA, E. de P.; BORDIN, I. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.26-30, jan./mar. 2006.

ZUIDEMA, P.A.; BOOT, R.G.A. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.1-31, jan. 2002.