

SATURAÇÃO POR BASES E DOSES DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Buchenavia tomentosa*¹

BASE SATURATION AND PHOSPHORUS DOSES IN THE INITIAL GROWTH OF *Buchenavia tomentosa* SEEDLINGS

Cristiane Ramos VIEIRA^{2,3}; Rosangela Araujo BOTELHO²; Patrícia Paz da COSTA²

RESUMO - A tarumarana (*Buchenavia tomentosa* Eichler) é uma espécie nativa do cerrado brasileiro reconhecida por seu potencial na recomposição da vegetação. No entanto, para esta recomposição existe a necessidade de produzir mudas de qualidade e um dos fatores que interfere nessa qualidade é a nutrição da planta. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da calagem para obter níveis de saturação por bases (V%), combinados ou não com diferentes doses de fósforo (P), no crescimento inicial das mudas de tarumarana. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com nove tratamentos e cinco repetições, sendo: T0 – 100% solo; T1 – V50%; T2 – V60%; T3 – V50% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (11 mg dm⁻³ de P); T4 – V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (22 mg dm⁻³ de P); T5 – V50% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (33 mg dm⁻³ de P); T6 – V60% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T7 – V60% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T8 – V60% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para caracterizar o crescimento das mudas de tarumarana foram avaliadas as características morfológicas e os teores de N ao final de 90 dias. A saturação por bases e a adubação fosfatada influenciaram no crescimento das mudas de tarumarana, recomendando-se 50% de saturação e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para a obtenção de mudas com maior qualidade.

Palavras-chave: Tarumarana; mirindiba; calagem; fosfatagem; nutrição de plantas.

ABSTRACT - Tarumarana (*Buchenavia tomentosa* Eichler) is a native species of the Brazilian Cerrado recognized for its potential in plant recomposition. However, for this recomposition, there is a need to produce quality seedlings and one of the characteristics that interfere in this quality is the nutrition of the plant. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of liming to obtain base saturation levels (V%), combined or not with different doses of phosphorus (P), on the initial growth of tarumarana seedlings. The experiment was carried out in a completely randomized design with nine treatments and five replications: T0 - 100% soil; T1 - V50%; T2 - V60%; T3 - V50% + 50 kg ha⁻¹ of P₂O₅ (11 mg dm⁻³ de P); T4 - V50% + 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅ (22 mg dm⁻³ de P); T5 - V50% + 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅ (33 mg dm⁻³ de P); T6 - V60% + 50 kg ha⁻¹ of P₂O₅; T7 - V60% + 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅; T8 - V60% + 150 kg ha⁻¹ P₂O₅. To characterize the growth of tarumarana seedlings, morphological characteristics and N contents were evaluated after 90 days. Base saturation and phosphate fertilization influenced the growth of tarumarana seedlings, with 50% saturation and 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅ being recommended to obtain higher quality seedlings.

Keywords: Tarumarana; mirindiba; liming; phosphating; plant nutrition.

1 INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros, especialmente solos do bioma Cerrado, são na sua maioria ácidos e de baixa fertilidade natural (Silva et al., 2011; Costa Filho et al., 2013), o que resulta em uma limitação no crescimento das plantas. Essa baixa fertilidade e acidez dificulta a utilização desse tipo de solo na produção de mudas em viveiros florestais, sem a devida correção e/ou adição de nutrientes via

adubos orgânicos ou fertilizantes minerais. No entanto, segundo o que foi relatado por Freitas et al. (2017a), entre os substratos utilizados para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas, ainda está a terra de subsolo, muito utilizada nos viveiros, em função de sua facilidade de obtenção em alguns locais.

Caso o solo ou subsolo seja utilizado na composição do substrato para a produção de mudas, será necessário complementar suas

¹ Recebido para análise em 06.06.2022. Aceito para publicação em 07.12.2022. Publicado em 03.04.2023.

² Universidade de Cuiabá, Av. Beira Rio, n.3100, 78065-443, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

³ Autor para correspondência: cris00986@hotmail.com.

características químicas, daí a importância da adubação durante a produção das mudas no viveiro. De acordo com Dutra et al. (2015) uma das formas de se produzir mudas de boa qualidade e que tenham maiores chances de sobrevivência após o transplante é através da nutrição equilibrada. Dessa forma, o sucesso na utilização de espécies florestais nativas, depende do conhecimento dos seus requerimentos nutricionais, visando aperfeiçoar o sistema de produção de mudas.

Dentre essas espécies nativas, que devem ser estudadas para garantir maior conhecimento sobre sua produção, estimular a sua produção e, dessa forma, aumentar a diversidade de espécies nativas que podem ser encontradas nos viveiros para possíveis projetos de recuperação de áreas degradadas, está a *Buchenavia tomentosa* Eichler, uma espécie conhecida como tarumarana ou mirindiba, típica de Cerrado e que pertence à família Combretaceae.

A tarumarana é de ocorrência natural nas fitofisionomias cerrado e mata latifoliada semidecídua. Apresenta potencial apícola e é recomendada para a restauração florestal em áreas degradadas, principalmente em função dos seus frutos servirem de alimento para a fauna regional (Azevedo et al., 2015). Portanto, há necessidade de estimular a produção de mudas dessa espécie e para isso, desenvolver estudos relacionados com seus requerimentos nutricionais para que se tenha indivíduos mais vigorosos e aptos para o plantio no campo.

Uma das intervenções que se pode fazer para melhorar as condições de crescimento das plantas, na sua fase inicial de desenvolvimento, é a correção da acidez do solo por meio da calagem e a adição de nutrientes a partir de fontes orgânicas ou minerais. A calagem objetiva aumentar o pH, corrigindo a acidez do solo e, consequentemente, aumentando a disponibilidade de alguns nutrientes, tais como o P e ainda, fornecer cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Silva et al., 2011; Silva et al., 2013). Enquanto que, a complementação do substrato com P se explica por conta da necessidade da planta em absorver este macronutriente. No metabolismo da planta, o P está relacionado a processos como a fotossíntese, a respiração, a divisão e o crescimento celular e a

transferência de energia como parte do trifosfato de adenosina (ATP) (Dechen e Nachtigall, 2007), além de promover o crescimento do sistema radicular (Gonçalves et al., 2000).

Alguns estudos têm demonstrado diferentes respostas quando se adiciona o calcário e/ou o adubo fosfatado ao solo, no crescimento de mudas de espécies florestais, sendo esta resposta relacionada com as características da espécie. Freitas et al. (2017a) verificaram que a dose de P mais adequada para a produção de mudas de *Cassia grandis*, na saturação de 25% foi de 600 mg dm⁻³. Para as mudas de *Dalbergia nigra*, Carlos et al. (2018) verificaram que a saturação por bases do substrato deve estar entre 48 e 55% e a dose de P deve ser de 500 mg dm⁻³. Para *Plathymenia foliolosa*, Freitas et al. (2017b) não verificaram influência da calagem, porém, a dose de P mais favorável foi de 300 mg dm⁻³. Ao passo que, Dutra et al. (2015) recomendaram 450 mg dm⁻³ de P para mudas de *Amburana cearenses*.

Diante disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito da calagem visando a obtenção de diferentes níveis de saturação por bases, combinados ou não com diferentes doses de P no crescimento de mudas de tarumarana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Faculdade de Agronomia da Universidade de Cuiabá, situada no *campus* Beira Rio I, em Cuiabá – MT, nas coordenadas 15° 37' 28" S e 56° 05' 11" O (Figura 1). O clima predominante da região é o tropical de savana (Aw), com estação seca no inverno e com pluviosidade no verão, segundo classificação de Köppen. A temperatura média é de 24,6 °C e a precipitação pluviométrica média anual de 1.838 mm (Alvares et al., 2013).

Os frutos de tarumarana foram coletados de árvores matrizes, escolhidas aleatoriamente, localizadas na Universidade Federal de Mato Grosso, *campus* Cuiabá, nas coordenadas 15° 36' 36" S e 56° 03' 57" O (Figura 1). Após coleta, os frutos foram deixados em água por 48 horas para amolecimento da parte carnosa e facilitar sua retirada, mantendo-se, dessa forma, os pirênios (tegumento e embrião).

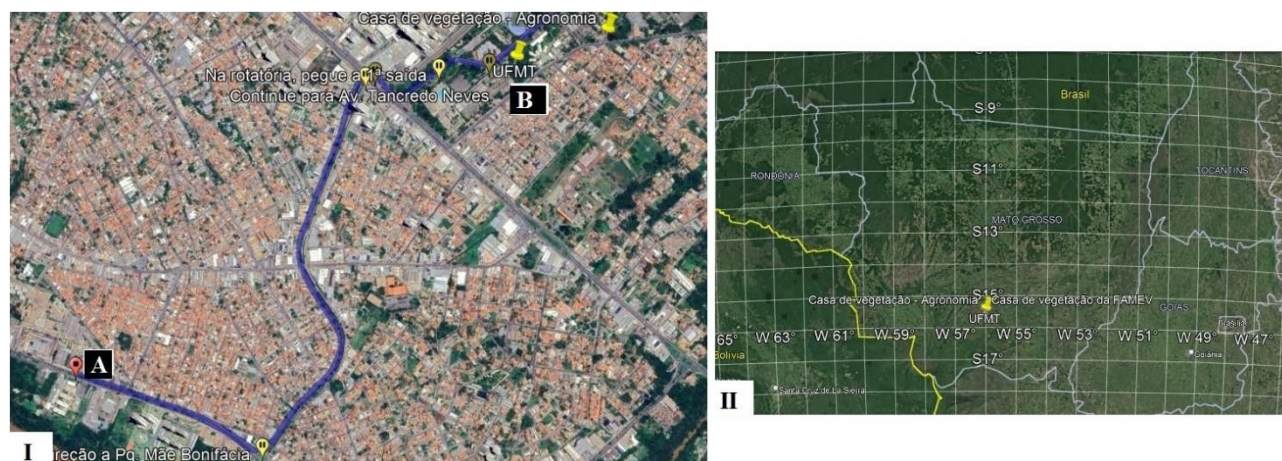


Figura 1. Localização da área de condução do experimento – casa de vegetação da UNIC (I – ponto A) e da área de coleta das sementes – campus da UFMT (I – ponto B); dentro do Estado de Mato Grosso (II).

Figure 1. Location of the places where the experiment was carried out – UNIC greenhouse (I – point A) and place of seed collection – UFMT campus (I – point B); within the State of Mato Grosso (II).

Os pirênios que ficaram sobrenadantes foram descartados, enquanto que os viáveis foram submetidos à superação da dormência com a utilização da escarificação com ácido sulfúrico. Para isso, os pirênios foram mantidos totalmente imersos por 30 minutos em solução 80% H_2SO_4 , em béquer de vidro. Após escarificação, foram colocados para germinar em tubetes com capacidade para 260 cm^3 . Transcorridos 25 dias da escarificação, começaram as emergências das plântulas e, após 30 dias, as mudas já estavam aptas ao transplante para a implantação do experimento.

O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho distrófico com textura franco arenosa, excluindo-se a parte de solo e material vegetal da camada mais superficial, coletado em área de Cerrado nativo do Instituto Federal de Mato Grosso, *campus* de São Vicente da Serra, a partir da profundidade de 10 cm. Após coleta, uma amostra foi retirada, seca ao ar, peneirada em malha de dois mm e submetida à caracterização química e granulométrica, seguindo métodos descritos por Claessen (1997) e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo.

Table 1. Soil chemical and granulometric analysis.

pH	K	P	H+Al	Al	Ca	Mg	SB
CaCl ₂	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³		
4,50	70,20	1,43	6,25	0,25	1,92	0,67	2,77
T	t	V	m	MO	Areia	Silte	Argila
cmol _c dm ⁻³		%			g kg ⁻¹		
9,02	3,02	30,71	8,28	34,61	538	54,30	407,70

pH em CaCl₂ – relação 1:2,5; H+Al – em acetato de cálcio; Al, Ca e Mg - em KCl 1 mol L⁻¹; P e K – em Mehlich-1; SB – soma de bases; T – capacidade de troca de cátions a pH 7,0; t – CTC efetiva; V% - saturação por bases, em %; m% - saturação por Al, em %; MO – matéria orgânica a partir da queima em mufla; Areia, silte e argila – método do densímetro.

pH in CaCl₂ – ratio 1:2.5; H+Al – in calcium acetate; Al, Ca and Mg - in KCl 1 mol L⁻¹; P and K – in Mehlich-1; SB – bases sum; T – cation exchange capacity at pH 7.0; t – effective CTC; V% - base saturation, in %; m% - Al saturation, in %; MO – organic matter from muffle burning; Sand, silt and clay – densimeter method.

O calcário foi adicionado ao solo e homogeneizado para, em seguida, ser utilizado para preencher as sacolas plásticas de 30x40 cm com capacidade para um quilo, sendo deixado para reagir por duas semanas. As características

do calcário estão apresentadas na Tabela 2. O cálculo da quantidade de calcário necessária para a elevação da saturação por bases foi realizado conforme resultados da análise de solo e o método da elevação da saturação por bases (Raij, 1991).

Tabela 2. Características químicas e físicas do calcário utilizado.

Table 2. Chemical and physical analysis of liming used.

CaO	MgO	PN	PRNT	Ação residual
		%		
24,0	17,1	84,4	79	15,0

Após o preenchimento das sacolas com solo corrigido, efetuou-se o transplante das mudas. Em seguida, houve as aplicações de P, em formato de meia lua, tendo como fonte o superfosfato simples, com 18% de P_2O_5 , 25% de CaO e 12% de S; com base nos diferentes níveis testados no experimento. Essas aplicações de P após o calcário foram realizadas para evitar possíveis reações entre calcário e adubo, principalmente nos primeiros dias de reações do calcário com o solo, bem como aumentar a eficiência do adubo com sua aplicação após a correção do solo.

As mudas permaneceram nessas condições por 10 dias, sendo mantidas sob irrigação diária e foram consideradas adaptadas às condições do substrato (corrigido e adubado), após este período. Em seguida, foram realizadas aplicações de soluções contendo a adubação básica, preparada em solução, conforme Passos (1994) com 100 mg dm^{-3} de NH_4NO_3 , 300 mg dm^{-3} de KH_2PO_4 , 140 mg dm^{-3} de KCl e 40 mg dm^{-3} de K_2SO_4 ; e a solução de micronutrientes que foi preparada conforme Alvarez (1974), com 0,81 mg dm^{-3} de H_3BO_3 , 3,66 mg dm^{-3} de $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, 4,0 mg dm^{-3} de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 1,33 mg dm^{-3} de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ e 0,15 mg dm^{-3} de $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove tratamentos e cinco repetições, sendo: T0 – 100% solo; T1 – V50%; T2 – V60%; T3 – V50% + 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 (equivalente a 11 mg dm^{-3} de P); T4 – V50% + 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 (equivalente a 22 mg dm^{-3} de P); T5 – V50% + 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 (equivalente a 33 mg dm^{-3} de P); T6 – V60% + 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 ; T7 – V60% + 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 ; T8 – V60% + 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Após o período de pegamento das mudas, iniciou-se a análise do crescimento da tarumarana.

Ao final de 90 dias, a contar do pegamento das mudas, constatado após a visualização de novas brotações, foram avaliadas as características morfológicas das plantas, que foram: altura da parte aérea (H), com régua graduada, medindo-se da base do solo até a última folha da planta; diâmetro de colo (DC), medido com paquímetro digital; e a massa seca. Para análise da massa

seca, as mudas foram seccionadas em parte aérea (MSPA) e parte radicular (MSPR), levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante e, pesadas em balança semi-analítica. Após essas análises foi possível calcular, a relação H/DC, a relação H/MSPA, a relação MSPA/MSPR e o índice de qualidade de Dickson - IQD (Dickson et al., 1960), conforme Equação 1:

$$IQD = \frac{PMST (g)}{\frac{H (cm)}{DC (mm)} + \frac{PMSPA (g)}{PMSPR (g)}} \quad (1)$$

em que, PMST = massa seca total; H = altura da parte aérea; DC = diâmetro de colo; PMSPA = massa seca parte aérea; MSPR = massa seca parte radicular.

Para as análises dos teores de N nas folhas das mudas, o material foi moído em moinho do tipo Willey e, em seguida, os teores foram obtidos mediante digestão sulfúrica e posterior destilação seguindo o método de Kjeldahl (Malavolta et al., 1997). Este elemento foi analisado em função de ser o mais absorvido e requerido pelas plantas e da correção do solo poder alterar a sua disponibilidade; assim como a adubação fosfatada, a depender da dose aplicada.

Os dados foram analisados por meio da análise de variância com Teste F ($p < 0,05$) e, quando constatadas diferenças significativas foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019), após constatação da normalidade (Shapiro-Wilk).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o crescimento em altura, diâmetro de colo, produção de massa seca na parte aérea e na parte radicular e o teor de N nas folhas das mudas de tarumarana, estão apresentados na Tabela 3. Quanto a essas características, verifica-se que a única para a qual não houve diferença significativa foi a produção de massa seca na parte aérea (MSPA).

Tabela 3. Análises estatísticas para altura (H), diâmetro de colo (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da parte radicular (MSPR) e teor de nitrogênio (N) de mudas de tarumarana após crescimento em diferentes composições de substratos.

Table 3. Statistical analysis for height (H), diameter (DC), shoot dry mass (MSPA), root dry mass (MSPR) and nitrogen content (N), of tarumarana seedlings after growth in different substrate compositions.

Tratamento	H (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MSPR (g)	N (g kg ⁻¹)
T0	33,0 ± 1,48 b	3,82 ± 0,61 a	2,26 ± 0,30 a	2,71 ± 0,50 bcd	5,38 ± 0,32 a
T1	36,6 ± 1,48 ab	3,85 ± 0,61 a	2,27 ± 0,30 a	2,13 ± 0,50 d	3,42 ± 0,32 bc
T2	38,6 ± 1,48 ab	1,47 ± 0,61 d	2,51 ± 0,30 a	2,82 ± 0,50 bc	3,70 ± 0,32 bc
T3	42,6 ± 1,48 a	2,63 ± 0,61 bc	2,41 ± 0,30 a	2,84 ± 0,50 bc	3,25 ± 0,32 bc
T4	41,8 ± 1,48 a	3,28 ± 0,61 ab	2,79 ± 0,30 a	3,69 ± 0,50 a	4,03 ± 0,32 abc
T5	38,2 ± 1,48 ab	1,65 ± 0,61 cd	2,44 ± 0,30 a	2,89 ± 0,50 bc	3,25 ± 0,32 bc
T6	38,6 ± 1,48 ab	3,31 ± 0,61 ab	2,50 ± 0,30 a	2,50 ± 0,50 cd	4,70 ± 0,32 ab
T7	42,8 ± 1,48 a	3,41 ± 0,61 ab	2,79 ± 0,30 a	2,53 ± 0,50 bcd	3,08 ± 0,32 c
T8	37,0 ± 1,48 ab	2,96 ± 0,61 ab	2,66 ± 0,30 a	3,18 ± 0,50 ab	4,65 ± 0,32 ab
CV (%)	8,56	18,60	11,50	11,60	18,12

T0 – 100% solo; T1 – V50%; T2 – V60%; T3 – V50% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T4 – V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T5 – V50% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T6 – V60% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T7 – V60% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T8 – V60% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

T0 – 100% soil; T1 – V50%; T2 – V60%; T3 – V50% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T4 – V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T5 – V50% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T6 – V60% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T7 – V60% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T8 – V60% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Means followed by the same letter, in the columns, do not differ according to Tukey's test at 5% probability.

As maiores médias para o crescimento em altura (H) foram observadas nos tratamentos em que se utilizou tanto o calcário para aumentar a saturação por bases quanto o adubo fosfatado, pois, somente no T0 se constatou diferença estatística entre as médias, sendo essa a menor dentre os tratamentos testados. Dentre as médias, pode-se destacar a obtida em T3 (V50% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅) de 42,60 cm; em T4 (V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) de 41,80 cm e; em T7 (V60% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) de 42,80 cm. Esses tratamentos foram 22,5%; 21% e; 22,9%, respectivamente, superiores ao tratamento testemunha (100% substrato solo).

Segundo Maeda e Bognola (2012) essa resposta das plantas pode se dar porque a calagem aumenta a eficiência de utilização do P, fornece Ca e Mg e pode melhorar as condições de disponibilidade dos demais nutrientes presentes no solo, para a produção de matéria seca da parte aérea, como observado pelos autores ao estudar o *Eucalyptus dunnii*. Isso ocorre porque, dificilmente um material puro conseguirá apresentar todas as características adequadas para compor um substrato (Gomes e Silva, 2004). Por isso, pode-se observar o menor crescimento em tratamentos em que se utilizam apenas o solo sem a adição de calcário e/ou de adubo.

Quanto ao crescimento em diâmetro, T2, T3 e T5 não se destacaram. Diferentemente do que se

observou para as condições oferecidas por T0 e T1 (com elevação da saturação por base para 50%), nos quais se obteve crescimento médio de 3,82 mm e 3,85 mm, respectivamente. Outros tratamentos cujas médias para o crescimento em diâmetro para as mudas de tarumarana se destacaram foram, T4 (V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) com 3,28 mm e T7 (V60% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) com 3,41 mm.

Todos os tratamentos apresentaram, ao final de 90 dias, médias para crescimento em altura, acima de 30 cm. Porém, os tratamentos 3, 4 e 7 proporcionaram mudas com crescimento superior a 40 cm, sendo provável que tenham atingido crescimento adequado e suficiente para o plantio campo antes dos demais tratamentos. Enquanto, para o diâmetro de colo, os tratamentos 4 e 7 proporcionaram crescimento superior a 3 mm após 90 dias. Xavier et al. (2009) recomendam altura de 20 a 40 cm e 2 mm de diâmetro de colo para que as mudas estejam aptas ao plantio no campo. Seguindo essa recomendação, somente os tratamentos 2 (V60%) e 5 (V50% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅) não teriam proporcionado, aos 90 dias, mudas aptas ao plantio no campo. No caso do T2, isso pode ter ocorrido em função da elevação para 60%, cujo aumento pode não ser interessante para essa espécie sem que ocorra a reposição do P. No entanto, a adição de P em doses de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ parece estar acima do exigido pela espécie.

As médias para a produção de massa seca da parte aérea não foram estatisticamente diferentes, o que pode demonstrar que a adição de calcário e/ou de adubo podem melhorar as condições químicas do solo e, conseqüentemente, alterar o crescimento em altura e em diâmetro, porém, não influenciar na produção de massa seca da parte aérea. No entanto, essa característica também pode ser utilizada para qualificar as mudas porque a produção de folhas é importante para o processo fotossintético, sendo que, a maior área foliar proporciona maior incidência de energia solar sobre as plantas (Vieira et al., 2015). Essa característica também indica a rusticidade de uma muda, sendo que os maiores valores representam mudas mais lignificadas e rústicas, com maior potencial de produção em ambientes com condições adversas (Gomes e Paiva, 2006). Porém, neste caso, as mudas parecem estar semelhantemente lignificadas.

Para a massa seca da parte radicular, as maiores produções foram observadas em mudas submetidas ao tratamento 4 (V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), que foi 26,5% superior à testemunha e em T8 (V60% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), que foi 14,8% superior. Esses resultados podem ter influenciado o crescimento em altura, já que o sistema radicular bem desenvolvido proporciona maior absorção de água e, conseqüentemente, de nutrientes. De acordo com Carneiro (1995), o maior crescimento da raiz é importante para dar suporte à massa verde produzida pelas plantas, sendo esse crescimento em consequência da qualidade dos substratos (propriedades químicas e físicas). Outra característica importante é a capacidade de absorção de água e de nutrientes das raízes, que influencia no crescimento da parte aérea. Nesse caso, tanto a sua geometria quanto a sua distribuição do sistema radicular será importante para esses processos (Stahl et al., 2013).

Silva et al. (2013) verificaram que, na fase inicial, o sistema radicular do cedro (*Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand.) foi favorecido pela calagem, o que se refletiu em uma maior sobrevivência em campo, pois, proporcionou mudas mais resistentes. O aumento na biomassa da raiz após calagem e/ou adubação fosfatada também foi observado por Prates et al. (2012), Costa Filho et al. (2013) e Freitas et al. (2013). De acordo com Gomes e Paiva (2006) o adequado

suprimento em P no início do crescimento da planta é importante para a formação dos primórdios vegetativos, uma vez que as raízes de plantas jovens absorvem fósforo mais rapidamente que raízes de plantas mais velhas.

A calagem também pode influenciar na absorção de N pelas plantas, uma vez que diminui os teores de agentes de acidez do solo, aumentando o pH e as condições de liberação de nutrientes a partir da matéria orgânica, dentre esses elementos pode estar o N. Por isso, os teores de N foram analisados, porém, T0 (100% solo) foi o que proporcionou os maiores teores, provavelmente, em função do que foi disponibilizado pelo solo a partir da mineralização da matéria orgânica. O que pode ter influenciado, principalmente, para a produção de massa seca da parte aérea. Outra questão que pode ser apontada é que esta análise foi realizada 90 dias após o crescimento das mudas, período no qual parte do N disponibilizado para as plantas já poderia ter sido absorvido. Diferentemente das condições em T0, onde a mineralização da matéria orgânica pode ter demorado mais para ocorrer. Por isso, nos tratamentos com calcário e/ou adubação com P, as médias foram inferiores. No entanto, não se observou sintomas de deficiências em N e esses teores não limitaram o crescimento das mudas de tarumarana.

Para as relações H/DC e H/MSPA, não se observou diferença entre os tratamentos testados. Diferentemente da relação MSPA/MSPR e do IQD, como observado na Tabela 4.

As menores médias para a relação MSPA/MSPR foram observadas em T4 (V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e T5 (V50% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Isso indica que existe um desenvolvimento proporcional entre a parte aérea e a parte radicular nesses tratamentos, já que neste caso, o que se pretende é obter os menores valores porque denotam menores diferenças entre as partes relacionadas, comprovando que mudas de tarumarana de maior qualidade são obtidas quando se promove a elevação da saturação por bases e a complementação do teor de P do solo utilizado como substrato. De acordo com Bernardino et al. (2005) isso se deve ao equilíbrio no crescimento em altura e em diâmetro, aspecto importante porque indica que não houve estiolamento das plantas provocado por condições desiguais de radiação solar sob as mudas.

Tabela 4. Relação altura/diâmetro de colo (H/DC), relação massa seca da parte aérea/massa seca da parte radicular (MSPA/MSPR), relação altura/massa seca da parte aérea (H/MSPA) e índice de qualidade de Dickson (IQD), de mudas de tarumarana após crescimento em diferentes composições de substratos.

Table 4. Height/diameter ratio (H/D), shoot dry mass/root dry mass ratio (MSPA/MSPR), shoot height/shoot dry mass ratio (H/MSPA) and Dickson's quality index (IQD) of tarumarana seedlings, after growth in different substrate compositions.

Tratamento	H/DC	MSPA/MSPR	H/MSPA	IQD
T0	13,1 ± 3,48 a	0,96 ± 0,19 ab	15,5 ± 2,19 a	0,52 ± 0,10 a
T1	11,1 ± 3,48 a	1,16 ± 0,19 ab	16,8 ± 2,19 a	0,46 ± 0,10 ab
T2	26,6 ± 3,48 a	1,06 ± 0,19 ab	15,6 ± 2,19 a	0,19 ± 0,10 d
T3	19,4 ± 3,48 a	0,98 ± 0,19 ab	17,9 ± 2,19 a	0,29 ± 0,10 bcd
T4	13,1 ± 3,48 a	0,81 ± 0,19 b	15,1 ± 2,19 a	0,47 ± 0,10 ab
T5	23,8 ± 3,48 a	0,86 ± 0,19 b	16,7 ± 2,19 a	0,23 ± 0,10 cd
T6	14,3 ± 3,48 a	1,12 ± 0,19 ab	16,4 ± 2,19 a	0,42 ± 0,10 abc
T7	13,8 ± 3,48 a	1,24 ± 0,19 a	18,7 ± 2,19 a	0,36 ± 0,10 abcd
T8	19,8 ± 3,48 a	0,91 ± 0,19 ab	14,28 ± 2,19 a	0,44 ± 0,10 ab
CV (%)	16,44	16,89	14,08	26,18

T0 – 100% solo; T1 – V50%; T2 – V60%; T3 – V50% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T4 – V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T5 – V50% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T6 – V60% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T7 – V60% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T8 – V60% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

T0 – 100% soil; T1 – V50%; T2 – V60%; T3 – V50% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T4 – V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T5 – V50% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T6 – V60% + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T7 – V60% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; T8 – V60% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Means followed by the same letter, in the columns, do not differ according to Tukey's test at 5% probability.

Quanto ao índice de qualidade de Dickson, a maior média foi observada em T0, sendo esta semelhante ao obtido para as mudas em T1, T4, T6, T7 e T8. Segundo Hunt (1990) o valor obtido para o IQD deve ser de, no mínimo, 0,20, o que somente não se observou no T2 (V60%). Esses resultados obtidos para o T0 foram influenciados pelas médias do crescimento em diâmetro e da massa seca da parte aérea das mudas nessas condições. Porém, para que ocorra, além de crescimento em diâmetro e da produção de massa seca da parte aérea, existe a necessidade da aplicação de calcário e de adubo fosfatado para a produção das mudas de tarumarana.

4 CONCLUSÕES

A saturação por bases e a adubação fosfatada melhoraram as condições do solo e possibilitaram a obtenção das maiores médias em altura e massa seca da parte radicular das mudas de tarumarana.

Os tratamentos 4 (V50% + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e 8 (V60% + 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅) proporcionaram, em geral, os maiores crescimentos em altura e em diâmetro e maiores produções de massa seca. No entanto, considerando as características econômicas da produção de mudas, as condições de T4 são as mais favoráveis.

Recomenda-se 50% de saturação e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, condições que proporcionaram o maior crescimento em altura e produção de massa seca da parte radicular e um dos maiores crescimentos em diâmetro e produção de massa seca da parte aérea, consequentemente, se destacando quanto aos indicadores de qualidade das mudas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVAREZ, V.H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofres em dois latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AZEVEDO, M.I.R.; PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. Efeitos de substratos, luz e temperatura na germinação de sementes de *Buchenavia tomentosa* Eichler (merindiba) em condições de laboratório. *Agri-environmental Sciences*, v. 1, n. 1, p. 11-22, 2015.

- BERNARDINO, D.C.S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 863-870, 2005.
- CARLOS, L. et al. Liming and Phosphating in *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2018.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: FUPEF, 1995. 451 p.
- CLAESSEN, M.E.C. et al. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.
- COSTA FILHO, R.T.; VALERI, S.V.; CRUZ, M.C.P. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em Latossolo vermelho-amarelo. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 89-98, 2013.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 91-132.
- DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.
- DUTRA, T.R. et al. Crescimento de mudas de umburana (*Amburana cearensis*) em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 4, p. 42-52, 2015.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- FREITAS, R.M.O. et al. Fertilizante fosfatado no desenvolvimento de mudas de pinheira. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 319-327. 2013.
- FREITAS, E.C.S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 509-519, 2017a.
- FREITAS, E.C.S. et al. Effect of phosphate fertilization and base saturation of substrate on the seedlings growth and quality of *Plathymenia foliolosa* Benth. **Revista Árvore**, v. 41, n. 1, p. 1-9, 2017b.
- GOMES, J.M.; SILVA, A.R. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: BARBOSA, J.G. et al. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos**. Viçosa: UFV, 2004. p. 190-225.
- _____.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2006. 116 p.
- GONÇALVES, J.L.M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.
- HUNT, G.A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLINGS SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Anais...** Roseburg, 1990, p. 218-222.
- MAEDA, S.; BOGNOLA, I.A. Influência de calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial de eucalipto e nos níveis críticos de P. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 401-407, 2012.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- PASSOS, M.A.A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 1994. 57 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PRATES, F.B.S. et al. Crescimento de mudas de pinhão-mansão em resposta a adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 207-213. 2012.
- RAIJ, B Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

SILVA, T.A.F. et al. Calagem e adubação fosfatada para a produção de mudas de *Swietenia macrophylla*. **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 459-470. 2011.

SILVA, P.M.C. et al. Efeito do potássio e do calcário na qualidade de mudas de cedro doce (*Bombacopsis quinata*). **Revista Agroambiente**, v. 7, n. 1, p. 63-69. 2013.

STAHL, J. et al. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 287-295, 2013.

VIEIRA, C.R.; WEBER, O.L.S. Avaliação de substratos na produção de mudas de jatobá. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 2, p. 145-158, 2015.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R.L. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. Viçosa: UFV, 2009. 272 p.