

# Produção de mudas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville sobre fontes de fósforo

## *Production of Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville seedlings on phosphorus sources*

Kássia de Paula **BARBOSA**<sup>1,2</sup>, Patrícia Oliveira da **SILVA**<sup>1</sup>, Patrícia Vaz da Costa da **SILVA**<sup>1</sup>, Lucas Freitas do **NASCIMENTO JÚNIOR**<sup>1</sup> & Andréia Mendes da **COSTA**<sup>1</sup>

### RESUMO

Estudos experimentais de fertilização indicam que espécies lenhosas podem responder à adubação, principalmente a fosfatada. Todavia, são poucos os estudos referentes à melhor fonte de fósforo. Considerando-se a escassez de estudos agronômicos com *barbatimão*, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência das fontes de fósforo na produção de mudas da espécie. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (T1: sem adubação de fósforo, T2: superfosfato simples, T3: superfosfato triplo, T4: monoamônio fosfato, T5: fosfato reativo), quatro repetições e 10 réplicas. O tubete foi de 170 cm<sup>3</sup>, preenchido com substrato comercial. Foram realizadas avaliações biométricas aos 30, 60, 90 e 150 dias após a emergência (DAE), de biomassa fresca e seca, índice de qualidade de Dickson e teor de fósforo aos 150 DAE. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Aos 30 DAE, verificou-se que os maiores valores para as variáveis biométricas foram promovidos pelo tratamento T4. Aos 60 dias, os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram-se como melhores para as mudas. Já aos 90 e 150 DAE, constatou-se que os tratamentos T2 e T3 se caracterizaram como as melhores fontes de fósforo para as mudas de *barbatimão*.

**Palavras-chave:** *barbatimão*; exigências nutricionais; fase inicial; planta medicinal.

### ABSTRACT

Experimental fertilization studies indicate that woody species can respond to fertilization, especially to the phosphate one. However, there are few studies regarding the best source of phosphorus. Considering the scarcity of agronomic studies with *barbatimão*, the objective of the present essay was to evaluate the influence of phosphorus sources in the production of seedlings of the species. The experimental design was randomized blocks, with five treatments (T1: without phosphorus fertilization, T2: simple superphosphate, T3: triple superphosphate, T4: monoammonium phosphate, T5: reactive phosphate), four repetitions and 10 replicates. The tube was of 170 cm<sup>3</sup>, filled with commercial substrate. Biometric evaluations were performed at 30, 60, 90, and 150 days after emergence (DAE), of fresh and dry biomass, Dickson's quality index and phosphorus content at 150 DAE. The data were subjected to analysis of variance and the means compared by the Tukey test at 5% probability. At 30 DAE, it was found that the highest values for biometric variables were promoted by the treatment T4. At 60 days, treatments T2, T3 and T4 were the best for seedlings. At 90 and 150 DAE, it was found that treatments T2 and T3 were characterized as the best sources of phosphorus for *barbatimão* seedlings.

**Keywords:** *barbatimão*; nutritional requirements; initial phase; medicinal plant.

Recebido em: 24 abr. 2019

Aceito em: 14 out. 2020

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), Rodovia GO-154, km 3, s/n – CEP 76300-000, Ceres, GO, Brasil.

<sup>2</sup> Autora para correspondência: kassiadepaula@barbosa@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

Os solos do cerrado brasileiro apresentam baixa fertilidade natural, visto que a maioria, nesse domínio, são latossolos, os quais são bastante intemperizados e têm baixa disponibilidade de fósforo. Essa baixa disponibilidade dá-se em função das altas perdas por adsorção específica aos oxí-hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) que ocorrem na fração argila dos terrenos desse bioma e das perdas por precipitação com Fe e Al na solução do chão, sob condições de substratos ácidos (SOUSA *et al.*, 2016). Isso dificulta a manutenção de muitas espécies vegetais do cerrado. Além desses fatores, ainda há, sobre as espécies desse bioma, ameaças eminentes em função dos impactos tangíveis impostos pelas mudanças climáticas (VERDIGUIER *et al.*, 2018).

Diante da situação, as espécies vegetais do cerrado têm dificuldades para se estabelecerem, o que gera, em muitos casos, sua extinção (LIMA *et al.*, 2016). Entre as espécies do cerrado que merecem destaque, está o barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville), representante da família botânica Fabaceae. De acordo com o acompanhamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), desde o ano 2000 até 2010, a produção de casca de barbatimão está em decadência por causa do excesso de extrativismo (MEIRA *et al.*, 2016), já que a espécie possui vários compostos produzidos pelo seu metabolismo secundário, tais como alcaloides, terpenos, flavonoides, esteroides e taninos, sendo este último o seu constituinte predominante, que agrega valor terapêutico à espécie (LIMA *et al.*, 2016), além do uso da madeira (SCABORA *et al.*, 2011).

Com o intuito de minimizar os impactos causados à espécie em questão, há a necessidade de potencializar a produção de mudas, entretanto, para isso, é preciso entender as necessidades nutricionais. Estudos experimentais de fertilização indicam que espécies lenhosas podem responder à adubação do solo, principalmente tratando-se de nutrientes tais como o nitrogênio e o fósforo (SCHOLZ *et al.*, 2006). Esses são os nutrientes mais limitantes para o crescimento e o desenvolvimento das plantas (SOUZA *et al.*, 2014). Isso ocorre pelo fato de tais nutrientes atuarem em diversos processos importantes tanto para a sobrevivência quanto para o crescimento das plantas. O fósforo, por exemplo, atua na maioria dos processos metabólicos de enzimas e participa da divisão celular, da fotossíntese e da respiração (SHABNAM & IQBAL, 2016).

Mesmo não havendo recomendação de adubação mineral de substratos para a produção de mudas de barbatimão, sabe-se que a omissão do fósforo na produção de mudas dessa espécie limita o seu crescimento (CARLOS *et al.*, 2013). Carnevali *et al.* (2016) também constataram que a utilização de fósforo propiciou melhor eficiência nutricional para as mudas de barbatimão. Em termos de dosagem, Abad *et al.* (1992) sugerem que os níveis ótimos de fósforo para o cultivo das plantas estão entre 6 e 10 mgL<sup>-1</sup>. Todavia, ainda são poucos os estudos referentes à adubação mineral para espécies nativas, assim como à melhor fonte de fertilizante fosfatado.

Diante desse contexto, a escolha de uma fonte de fósforo adequada se faz importante para o estabelecimento de mudas com alto vigor e, também, para a produção de barbatimão no campo. Considerando-se a escassez de estudos agrônômicos com o barbatimão, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência das fontes de fósforo sobre a produção de mudas de barbatimão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Estadual de Goiás, Campus Santa Helena de Goiás, estado de Goiás. O clima da região é classificado como tropical úmido (Aw), com inverno seco e verão chuvoso (KÖPPEN, 1931). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos – T1: sem adubação de fósforo (P), T2: superfosfato simples (21% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), T3: superfosfato triplo (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), T4: monoamônio fosfato (52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), T5: fosfato reativo (30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – e quatro repetições, e a unidade experimental, formada por 10 mudas.

As sementes foram escarificadas com ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado por 60 minutos para a superação da dormência (MARTINS & NAKAGAWA, 2008), lavadas em água corrente e deixadas à sombra por 6 horas. Logo depois, foram tratadas com fungicida (MARTINS *et al.*, 2008). Posteriormente, semearam-se três sementes por tubete, sendo utilizado o tubete de 170  $cm^3$  preenchido com substrato comercial Bioplant®. Realizou-se adubação de base com 40% de nitrogênio (N) e potássio (K) (140 g de N por  $m^3$  de substrato, tendo como fonte a ureia, e 100 g de K por  $m^3$  de substrato, na forma de cloreto de potássio – KCl) e com 100% das fontes de P (400 g de  $P_2O_5$  por  $m^3$  de substrato).

Aos 30 e 60 dias após a semeadura, realizou-se a aplicação de cobertura, fornecendo 60% de dose de N e óxido de potássio ( $K_2O$ ) – 210 g de N na forma de ureia e 150 g de  $K_2O$  na forma de KCl por  $m^3$  de substrato. Para cada  $m^3$  de substrato, foram fornecidos 1 g de boro, 0,5 g de cobre, 1 g de manganês e 2 g de zinco (SOUSA & LOBATO, 2004). Após a emergência, efetuou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por tubete. A irrigação ocorreu diariamente, de forma manual, mantendo sempre a capacidade de campo do substrato para todos os tratamentos (ELOY *et al.*, 2013).

Foram realizadas avaliações biométricas da altura da planta, do número de folhas e do diâmetro do coleto aos 30, 60, 90 e 150 dias após a emergência (DAE). Fizeram-se as medições de altura com régua milimetrada, tomando-se como padrão a gema terminal (meristema apical) (DELARMELINA *et al.*, 2014). O diâmetro do coleto foi mensurado com paquímetro digital, e o número de folhas funcionais, obtido pela contagem de folhas completamente expandidas.

Aos 150 DAE, as mudas foram retiradas dos tubetes, e separou-se a parte aérea das raízes. Cada órgão foi lavado em água destilada, seco em papel toalha e acondicionado em sacos de papel previamente identificados. Imediatamente, foi quantificado o peso fresco da parte aérea e das raízes, mediante balança analítica. Em seguida, as amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até atingir massa constante (BARBOSA *et al.*, 2017). Depois da secagem, foram mensurados os seguintes parâmetros: peso seco da parte aérea, peso seco das raízes e peso seco total. Determinaram-se também a relação entre a altura final aos 150 DAE e o peso seco da parte aérea, a relação entre a altura final e o diâmetro do coleto aos 150 DAE e a relação entre o peso seco da parte aérea e o peso seco das raízes.

Com os dados de biomassa seca, calculou-se também o índice de qualidade de Dickson (DICKSON *et al.*, 1960).

Após a pesagem do material seco, este foi moído em moinho tipo Wiley (malha de 2 mm). Para determinar o teor de P no tecido vegetal, seguiu-se a metodologia proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009), e na sequência foi realizada leitura em espectrofotômetro.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de significância de 5% de probabilidade. Para tanto, utilizou-se o software Sisvar (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS

A tabela 1 apresenta o resumo da ANOVA para as variáveis avaliadas: altura de planta, número de folhas e diâmetro do coleto, para as épocas de avaliação aos 30, 60 e 90 DAE. Os resultados obtidos em função das fontes de P foram significativos ao teste F ( $p \leq 0,05$ ), diferindo-se, ao teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ), para todas as variáveis biométricas avaliadas.

**Tabela 1** – Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF) e diâmetro do coleto (D) para as épocas de avaliação aos 30, 60 e 90 dias após a emergência (DAE).

Fonte de variação	GL	30 DAE			60 DAE			90 DAE		
		AP (cm)	NF	D (mm)	AP (cm)	NF	D (mm)	AP (cm)	NF	D (mm)
Tratamento	4	128,7**	1,0E+009**	113,4**	29,5**	1,0E+009**	18,8**	265,6**	1,0E+009**	232,5**
Bloco	3	3,1 <sup>ns</sup>	1,0E+009**	3,7*	0,4 <sup>ns</sup>	1,0E+009**	0,8 <sup>ns</sup>	7,7**	1,0E+009**	9,2**
Resíduo	12									
CV (%)		1,62	0	4,98	3,41	0	6,21	1,43	0	1,94

CV: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; \*significativo a 5%, pelo teste de F; \*\*significativo a 1%, pelo teste de F; <sup>ns</sup>não significativo.

Na tabela 2, é possível observar o crescimento das mudas de barbatimão ao longo das épocas de avaliação. Aos 30 DAE, o tratamento que promoveu os maiores valores para as variáveis biométricas foi o monoamônio fosfato (T4). Já os valores mais baixos foram obtidos no tratamento T1 (sem adubação com P).

**Tabela 2** – Altura de planta (AP), número de folhas (NF) e diâmetro do coleto (D) para as épocas de avaliação aos 30, 60 e 90 dias após a emergência (DAE)\*.

Tratamentos	30 DAE			60 DAE			90 DAE		
	AP (cm)	NF	D (mm)	AP (cm)	NF	D (mm)	AP (cm)	NF	D (mm)
T1	3,07 d	1 b	1,13 cd	4,83 b	3 c	1,98 b	6,75 d	5 d	2,90 c
T2	3,45 bc	1 b	1,25 bc	5,93 a	5 a	2,45 a	8,93 a	8 a	3,95 a
T3	3,55 b	1 b	1,28 b	5,93 a	5 a	2,45 a	8,90 a	8 a	3,93 a
T4	3,95 a	2 a	1,95 a	5,80 a	5 a	2,75 a	7,85 b	7 b	3,43 b
T5	3,35 c	1 b	1,08 d	5,13 b	4 b	2,08 b	7,55 c	6 c	2,95 c

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); T1: sem adubação de fósforo; T2: superfosfato simples; T3: superfosfato triplo; T4: monoamônio fosfato; T5: fosfato reativo.

Aos 60 DAE, verificou-se que, tanto para a altura de planta, o número de folhas e o diâmetro do coleto, os tratamentos T2, T3 e T4 (superfosfato simples, superfosfato triplo e monoamônio fosfato, respectivamente) foram superiores aos demais (tabela 2). Já aos 90 DAE, os tratamentos que proporcionaram incrementos significativos às variáveis biométricas avaliadas foram o T2 e o T3, com altura média de planta de 8,9 cm, diâmetro médio do coleto de 9,3 mm e oito folhas por planta (tabela 2).

A tabela 3 apresenta o resumo da ANOVA para as variáveis: altura de planta, número de folhas, diâmetro do coleto, peso fresco da parte aérea, peso fresco das raízes, peso seco da parte aérea, peso seco das raízes, peso seco total, relação altura de planta e peso seco da parte aérea, relação altura de planta e diâmetro do coleto, relação peso seco da parte aérea e peso seco das raízes, índice de qualidade de Dickson e teor de P na planta aos 150 DAE. Os resultados obtidos em função das fontes de P foram significativos ao teste F ( $p \leq 0,05$ ), diferindo-se ao teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para todas as variáveis avaliadas, exceto para relação altura de planta e diâmetro do coleto e relação peso seco da parte aérea e peso seco das raízes.

Já a tabela 4 traz os dados referentes às variáveis altura de planta, número de folhas, diâmetro do coleto, peso fresco da parte aérea, peso fresco das raízes, peso seco da parte aérea, peso seco das raízes, peso seco total, relação altura de planta e peso seco da parte aérea, relação altura de planta e diâmetro do coleto, relação peso seco da parte aérea e peso seco das raízes, índice de qualidade de Dickson e teor de P aos 150 DAE. Todas foram significativas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), e o tratamento T3 foi o que promoveu os melhores resultados.

**Tabela 3** – Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do coleto (D), peso fresco da parte aérea (PFFA), peso fresco das raízes (PFR), peso seco da parte aérea (PSPA), peso seco das raízes (PSR), peso seco total (PST), relação altura de planta e peso seco da parte aérea (AP/PSPA), relação altura de planta e diâmetro do coleto (AP/D), relação peso seco da parte aérea e peso seco das raízes (PSPA/PSR), índice de qualidade de Dickson (IQD) e teor de fósforo na planta (P) aos 150 DAE.

Fonte de variação	GL	150 DAE												
		AP (cm)	NF	D (mm)	PFFA (g)	PFR (g)	PSPA (g)	PSR (g)	PST (g)	AP/PSPA	AP/D	PSPA/PSR	IQD	P (g kg <sup>-1</sup> )
Tratamento	4	416,9**	438**	96,8**	278,5**	16,5**	278,5**	16,5**	162,2**	66,5**	1,2 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	114,1**	117,6**
Bloco	3	5,7*	14,8**	1,9 <sup>ns</sup>	6**	4,2*	6**	4,2*	5,6*	2,8 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	3,8*	9,5**	0,3 <sup>ns</sup>
Resíduo	12													
CV (%)		1,54	2,98	3,48	3,61	11,14	3,83	13,19	4,89	3,84	4,15	10,56	5,77	3,42

CV: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade; \*significativo a 5%, pelo teste de F; \*\*significativo a 1%, pelo teste de F; nsnão significativo.

**Tabela 4** – Altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do coleto (D), peso fresco da parte aérea (PFFA), peso fresco das raízes (PFR), peso seco da parte aérea (PSPA), peso seco das raízes (PSR), peso seco total (PST), relação altura de planta e peso seco da parte aérea (AP/PSPA), relação altura de planta e diâmetro do coleto (AP/D), relação peso seco da parte aérea e peso seco das raízes (PSPA/PSR), índice de qualidade de Dickson (IQD) e teor de fósforo na planta (P) para os 150 dias após a emergência (DAE).

Tratamentos	150 DAE												
	AP (cm)	NF	D (mm)	PFFA (g)	PFR (g)	PSPA (g)	PSR (g)	PST (g)	AP/PSPA	AP/D	PSPA/PSR	IQD	P (g kg <sup>-1</sup> )
T1	9,9 d	7,8 b	3,9 c	2,4 d	0,5 c	2,2 d	0,4 c	2,6 d	4,5 b	24,9 a	6,4 a	0,08 c	2,03 c
T2	14,2 b	11,8 a	6,0 a	4,3 b	0,7 ab	4,3 b	0,6 ab	4,8 b	3,5 a	23,8 a	6,4 a	0,2 a	3,3 ab
T3	14,7 a	11,3 a	6,0 a	4,8 a	0,8 a	4,6 a	0,7 a	5,4 a	3,2 a	24,6 a	6,4 a	0,2 a	3,4 a
T4	11,9 c	6,8 c	4,9 b	2,9 c	0,6 bc	2,7 c	0,5 bc	3,2 c	4,4 b	24,6 a	5,6 a	0,11 b	3,1 b
T5	11,9 c	5,8 d	4,7 b	2,9 c	0,6 bc	2,7 c	0,5 bc	3,2 c	4,5 b	25,4 a	5,5 a	0,11 b	3,1 b

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); T1: sem adubação de fósforo; T2: superfosfato simples; T3: superfosfato triplo; T4: monoamônio fosfato; T5: fosfato reativo.

Para as variáveis relação altura de planta e diâmetro do coleto, relação peso seco da parte aérea e peso seco das raízes, não houve diferença pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Verificou-se que a relação altura de planta e peso seco da parte aérea foi inferior em T2 e T3, tratamentos que promoveram altura de planta, número de folhas e peso fresco da parte aérea superiores aos demais (tabela 4).

## DISCUSSÃO

A princípio, o tratamento T4, composto de monoamônio fosfato, mostrou-se o mais eficiente para as mudas de barbatimão, entretanto, com o passar do tempo, os tratamentos T2 e T3 (superfosfato simples e superfosfato triplo, respectivamente) proporcionaram valores superiores aos promovidos pelo T4. Esses resultados foram obtidos pelo fato de os fertilizantes fosfatados diferirem entre si, sobretudo na sua composição química, na sua solubilidade e em seu cátion acompanhante. Tais diferenças podem influenciar a taxa de solubilização dos fosfatos e as suas reações, especialmente de precipitação e adsorção química de fósforo nas regiões próximas aos grânulos ou às partículas de fosfato, cuja intensidade é alta. Isso se reflete na concentração de fósforo na solução do solo, nesse caso do substrato, e pode interferir na eficiência de utilização desse nutriente pelas plantas e, por conseguinte, no seu rendimento (ROTILI *et al.*, 2010). Considerando o fato de que o superfosfato simples e o superfosfato triplo apresentam solubilidade menor do que o monoamônio fosfato e maior

quando comparados ao fosfato reativo, a disponibilidade de fósforo promovida por tais fontes ocorre de forma mais lenta e gradativa e por um maior período de tempo para as mudas de barbatimão.

O monoamônio fosfato, por ser uma fonte de P mais solúvel que as demais fontes utilizadas no presente estudo, favoreceu maior absorção inicial pelas mudas, proporcionando crescimento e desenvolvimento superiores nas primeiras avaliações, entretanto as mudas não precisam de P apenas nos 30 primeiros dias. Para melhores resultados, é necessário manter esse fornecimento por determinado tempo. Braga (2006) já havia afirmado que fontes de P com menor solubilidade podem apresentar maior eficiência agrônômica relativa em solos de elevada capacidade de fixação de P e, como mostra o presente estudo, em substrato também. Com isso, os fosfatos solúveis, por disponibilizarem prontamente o P, têm exibido bons resultados independentemente da forma de aplicação (RESENDE *et al.*, 2006).

Entre as fontes de P empregadas para a produção de mudas de barbatimão, a menos eficiente foi o fosfato reativo. Tais resultados podem estar relacionados com o fato de que o fosfato reativo é a fonte menos solúvel entre todas as testadas pelo presente estudo. As fontes de baixa solubilidade não conseguem manter níveis adequados de P para as plantas, em virtude de sua baixa velocidade inicial de dissolução (MARINHO & ALBUQUERQUE, 1980), entretanto fontes de P de menor solubilidade apresentam maior efeito residual no solo, sendo importantes sobretudo para a manutenção da fertilidade em longo prazo, porém possuem menor eficiência que os fosfatos solúveis em curto prazo (GUEDES *et al.*, 2009).

O teor de P na planta também é uma variável significativa a ser analisada, sendo uma estimativa da quantidade de P presente e da consequente absorção pela planta. Entre todas as fontes de P testadas, o tratamento T3 (superfosfato triplo) foi o que promoveu o maior teor de P no tecido vegetal das mudas de barbatimão. Carnevali *et al.* (2016), ao avaliarem o efeito de doses de P sobre o teor de nutrientes em mudas de barbatimão, verificaram que o P foi o principal nutriente a promover o acúmulo de biomassa. Andrade *et al.* (2018), avaliando a adubação fosfatada na produção de mudas de *Cassia ferruginea* e *Cassia grandis*, também obtiveram bons resultados com a adição de P. Considerando que a grande maioria das espécies vegetais, quando em sua fase inicial de desenvolvimento, necessita de maior suprimento de P pelo reduzido desenvolvimento do sistema radicular (MEIRA & CABACINHA, 2016), as leguminosas, assim como a espécie estudada no presente trabalho, precisam de altas quantidades de P no solo para suprir a necessidade dos nódulos (BONFIM-SILVA *et al.*, 2011).

As mudas de barbatimão apresentaram os melhores resultados quando submetidas às fontes que promoveram a melhor disponibilidade de P ao longo do estudo. Mesmo que não tenham sido avaliados no presente trabalho, os ganhos em crescimento e em biomassa das mudas estão relacionados ao efeito que a quantidade de P oferecida pelos tratamentos T2 e T3 (superfosfato simples e superfosfato triplo, respectivamente) promoveu no comportamento fisiológico das plantas.

De acordo com Domingues *et al.* (2010) e Warren (2011), plantas com adequado suprimento de P foliar exibem incremento na assimilação de CO<sub>2</sub>, na eficiência de carboxilação e no processo fotoquímico, o que influencia o crescimento e o ganho de biomassa pelos vegetais. Além disso, o P é um importante macronutriente, componente estrutural de macromoléculas, tais como ácidos nucleicos e fosfolipídios, e também da adenosina trifosfato (OURIVES *et al.*, 2010).

O índice de qualidade de Dickson para as mudas de barbatimão determinou como melhores tratamentos o T2 e o T3 (superfosfato simples e superfosfato triplo, respectivamente). Esse índice é mencionado como uma promissora medida morfológica integrada e apontado como bom indicador da qualidade de mudas, por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo ponderados vários parâmetros importantes (ELOY *et al.*, 2013). Dessa forma, quanto maior o valor do índice de qualidade de Dickson, maior é o padrão de qualidade das mudas (GOMES & PAIVA, 2012; LISBOA *et al.*, 2018), confirmando assim que os tratamentos T2 e T3 são de fato os mais recomendados para a produção de mudas de barbatimão nas condições do presente estudo.

## CONCLUSÃO

Nas condições do presente estudo, os tratamentos constituídos de superfosfato simples (T2) e superfosfato triplo (T3) se caracterizaram como as melhores fontes de P para as mudas de barbatimão. Sendo assim, são as fontes mais indicadas para a produção de mudas da espécie.

## REFERÊNCIAS

- Abad, M. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo: Jornadas de Sustratos. Actas de Horticultura. 1992; 1: 141-154.
- Andrade, R. H. M., Freitas, E. C. S., Paiva, H. N. & Medeiros, R. A. Adubação fosfatada na produção de mudas de *Cassia ferruginea* e *Cassia grandis*. Nucleus. 2018; 15(1): 41-50.
- Barbosa, R. M., Brito, P. O. B., Silva, G. D., Braga, B. B. & Gondim, F. A. Resíduo orgânico de *Eichhornia crassipes* como fonte de nutrientes no crescimento inicial de plantas de girassol. Revista Brasileira de Agroecologia. 2017; 12(4): 242-247.
- Bonfim-Silva, E. M., Silva, T. J. A., Cabral, C. E. A., Gonçalves, J. M. & Pereira, M. T. J. Produção e morfologia da leguminosa java submetida à adubação fosfatada. Enciclopédia Biosfera/Centro Científico Conhecer. 2011; 7(12): 1-10.
- Braga, G. Eficiência de fosfatos com solubilidade variável em água em solos com capacidade de fixação de fósforo induzida [Dissertação de Mestrado]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2006.
- Carlos, L., Venturin, N., Macedo, R. L. G. & Higashikawa, E. M. Crescimento e nutrição mineral de mudas de barbatimão sob efeito da omissão de nutrientes. Floresta. 2013; 43(4): 559-568.  
doi: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v43i4.29443>
- Carnevali, N. H. S., Marchetti, M. E., Vieira, M. C., Carnevali, T. O. & Ramos, D. D. Eficiência nutricional de mudas de *Stryphnodendron polyphyllum* em função de nitrogênio e fósforo. Ciência Florestal. 2016; 26(2): 449-461.  
doi: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509822746>
- Delarmelina, W. M., Caldeira, M. V. W., Faria, J. C. T., Gonçalves, E. O. & Rocha, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. Floresta e Ambiente. 2014; 21(2): 224-233.  
doi: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.027>
- Dickson, A., Leaf, A. L. & Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. Forest Chronicle. 1960; 36(1): 10-13.  
doi: <http://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- Domingues, T. F., Meir, P., Feldpausch, T. R., Saiz, G., Veenendaal, E. M., Schrodte, F., Beid, M., Djagbletey, G., Hien, F., Campaore, H., Diallo, A., Grace, J. & Lloyd, J. Co-limitation of photosynthetic capacity by nitrogen and phosphorus in West Africa Woodlands. Plant, Cell and Environment. 2010; 33(6): 959-980.  
doi: <http://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02119.x>
- Eloy, E., Caron, B. O., Schmidt, D., Behling, A., Schwerts, L. & Elli, E. P. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. Floresta. 2013; 43(3): 373-384.  
doi: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v43i3.26809>
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2009. 627 p.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia. 2011; 35(6): 1039-1042.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

- Gomes, J. M. & Paiva, H. N. Viveiros florestais: propagação sexuada. Viçosa: Editora UFV; 2012. 116 p.
- Guedes, E. M. S., Fernandes, A. R., Lima, E. V., Gama, M. A. P & Silva, A. L. P Fosfato natural de Arad e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizanta* em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. Revista de Ciências Agrárias. 2009; 52: 117-129.
- Köppen, W. Grundriss der Klimakunde: outline of climate science. Berlim: Walter de Gruyter; 1931. 388 p.
- Lima, T. C. D., Cardoso, M. V., Modesto, T., Oliveira, A. L. B., Silva, M. N. & Monteiro, M. C. Breve revisão etnobotânica, fitoquímica e farmacologia de *Stryphnodendron adstringens* utilizada na Amazônia. Revista Fitos. 2016; 10(3): 220-372.  
doi: <http://dx.doi.org/10.5935/2446-4775.20160025>
- Lisboa, A. C., Melo Júnior, C. J. A. H., Tavares, F. P. A., Almeida, R. B., Melo, L. A. & Magistrali, I. C. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. Pesquisa Florestal Brasileira. 2018; 38: 1-6.  
doi: <http://dx.doi.org/10.4336/2018.pfb.e201701485>
- Marinho, M. L. & Albuquerque, G. A. C. Resposta da cana-de-açúcar a níveis de P e correlação com análise foliar. Anais. Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. Maceió: STAB; 1980. v. 2. p. 328-333.
- Martins, C. C., Câmara, A. T. R., Machado, C. G. & Nakagawa, J. Métodos de superação de dormência de sementes de Barbatimão. Acta Scientiarum Agronomic. 2008; 30(3): 381-385.  
doi: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i3.3548>
- Martins, C. C. & Nakagawa, J. Germinação de sementes de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville de diferentes origens submetidas a tratamentos para superação de dormência. Revista Árvore. 2008; 32(6): 1059-1067.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000600011>
- Meira, M. R. & Cabacinha, C. D. Manejo sustentável do barbatimão no norte de Minas Gerais. Floresta Ambiente. 2016; 23(1): 61-69.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.041213>
- Meira, M. R., Cabacinha, C. D., Gama, A. T., Martins, E. R. & Figueiredo, L. S. Caracterização estrutural do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) no cerrado do norte de Minas Gerais. Ciência Florestal. 2016; 26(2): 627-638.  
doi: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509822762>
- Ourives, O. E. A., Souza, G. M., Tiritan, C. S. & Santos, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* CV. Marandú. Pesquisa Agropecuária Tropical. 2010; 40(2): 126-132.  
doi: <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v40i2.5138>
- Resende, A. V., Furtini Neto, A. E., Alves, V. M. C., Muniz, J. A., Curi, N., Faquin, V., Kimpara, D. I., Santos, J. Z. L. & Carneiro, L. A. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2006, 30: 453-456.
- Rotili, E. A., Fidelis, R. R., Santos, M. M., Barros, H. B. & Pinto, L. C. Eficiência do uso e resposta à aplicação de fósforo de cultivares de arroz em solos de terras altas. Bragantia. 2010; 69(3): 705-710.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300023>
- Scabora, M. H., Maltoni, K. L. & Cassiolato, A. M. R. Associação micorrízica em espécies arbóreas, atividade microbiana e fertilidade do solo em áreas degradadas de Cerrado. Ciência Florestal. 2011; 21(2): 289-301. doi: <http://dx.doi.org/10.5902/198050983232>
- Scholz, F. G., Bucci, S. J., Golstein, G., Meinzer, F. C., Franco, A. C. & Miralles-Wilhelm, F. Removal of nutrient limitations by long-term fertilization decreases nocturnal water loss in savanna trees. Tree Physiology. 2006; 27(4): 551-559.



Shabnam, R. & Iqbal, M. T. Understanding phosphorus dynamics on wheat plant under split-root system in alkaline soil. *Brazilian Journal of Science and Technology*. 2016; 3(19): 1-16.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s40552-016-0031-6>

Sousa, D. M. G. & Lobato, E. Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados; 2004. 416 p.

Sousa, D. M. G., Nunes, R. S., Rein, T. A. & Santos Junior, J. D. G. Manejo do fósforo na região do cerrado. In: Flores, R. A. & Cunha, P. P. Práticas de manejo do solo para adequada nutrição de plantas no Cerrado. Goiânia: UFG; 2016. p. 291-357.

Souza, N. H., Marchetti, M. E., Carnevali, T. O., Ramos, D. D., Scalon, S. P. Q. & Oliveira, M. T. Crescimento inicial de *Stryphnodendron polyphyllum* (Mart.) em resposta à adubação com N e P. *Cerne*. 2014; 20(3): 441-447.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420031425>

Verdiguier, E. I., Milla, R. Z., Ault, T. R. & Schwartz, M. D. Development and analysis of spring plant phenology products: 36 years of 1-km grids over the conterminous US. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018; 262(15): 34-41.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.06.028>

Warren, C. R. How does P affect photosynthesis and metabolite profiles of *Eucalyptus globules*? *Tree Physiology*. 2011; 31(7): 727-739.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpr064>