



DIANA SUZETE NUNES DA SILVA

**INTERAÇÃO NUTRICIONAL EM MUDAS DE
BARU E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS
SOB CALAGEM E DOSES DE P EM CAMPO**

LAVRAS-MG

2018

DIANA SUZETE NUNES DA SILVA

**INTERAÇÃO NUTRICIONAL EM MUDAS DE BARU E
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS SOB CALAGEM E DOSES DE P
EM CAMPO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Nelson Venturin

Orientador

Profa. Dra. Maria Ligia de Souza Silva

Coorientadora

LAVRAS - MG

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silva, Diana Suzete Nunes da.

Interação nutricional em mudas de baru e desenvolvimento de
plantas sob calagem e doses de P em campo / Diana Suzete Nunes da
Silva. - 2018.

123 p. : il.

Orientador: Nelson Venturin.

Coorientadora: Maria Ligia de Souza Silva.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Silvicultura. 2. Nutrição Florestal. 3. *Dipteryx alata*. I.
Venturin, Nelson. II. Silva, Maria Ligia de Souza. III. Título.

DIANA SUZETE NUNES DA SILVA

**INTERAÇÃO NUTRICIONAL EM MUDAS DE BARU E
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS SOB CALAGEM E DOSES DE P
EM CAMPO**

**NUTRITIONAL INTERACTION IN BARU SEEDLINGS AND
DEVELOPMENT UNDER LIMING AND DOSES OF P IN FIELD**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 02 de março de 2018.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo	UFLA
Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo	UFLA
Dr. Regis Pereira Venturin	EPAMIG
Prof. Dr. Rogério Alessandro Faria Machado	UFMT

Prof. Dr. Nelson Venturin
Orientador

Profa. Dra. Maria Ligia de Souza Silva
Coorientadora

LAVRAS - MG

2018

A Deus.

Aos meus pais, Maria Uzete e Francisco Junior, pelo exemplo de vida, amor, valores, motivação, apoio incondicional e que, com simplicidade e humildade, ensinaram-me que o estudo é o bem mais precioso que poderiam me deixar.

Aos meus irmãos, Geiziana e Emanuel Junior, pelo carinho, amizade e força.

Aos meus avós, minha motivação a estudar.

Dedico!!!

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é a realização de um grande sonho: cursar e concluir o doutorado! Não foi fácil chegar até aqui. O caminho literalmente foi longo, de Alta Floresta - Mato Grosso até aqui, e cada passagem foi um aprendizado. Foram vários desafios, por vezes, aparentemente intransponíveis, porém com a brilhante presença Divina e da família, aliados ao apoio de muitas pessoas, todos os obstáculos se tornaram incentivo a buscar sempre a superação. É neste contexto que tenho a satisfação de agradecer a pessoas marcantes nesta trajetória e que viabilizaram esta conquista.

Primeiramente a Deus, pela proteção e inspiração.

À minha família, por me permitir sonhar, acreditar em mim, por toda confiança, amor, carinho e apoio em todos os momentos, mesmo de longe fisicamente.

À minha mãe Maria Uzete, principalmente, a meu pai Francisco Junior e a meus irmãos Geiziana, que morou comigo nos primeiros anos do doutorado enquanto fazia seu mestrado e Emanuel Junior, pelas orações, força e por não me deixarem desistir desde o primeiro mês após chegar em Lavras - MG, quando iniciei o mestrado e fiquei sabendo do acidente de trabalho de pai. Graças a Deus já recuperado e com saúde. Esta conquista também é de vocês.

Ao Professor Dr. Nelson Venturin, meu orientador, agradecimento todo especial, por seu profissionalismo, pela amizade, ética, receptividade, boa vontade, disponibilidade, acolhimento, bom senso, paciência e, principalmente, pela oportunidade. Sua participação foi extremamente decisiva desde o mestrado, para a realização deste trabalho e a conclusão do doutorado.

À Professora Dra. Maria Ligia, minha coorientadora, agradecimento especial, também, por seu profissionalismo, boa vontade, ética, disponibilidade, receptividade, bom senso, paciência, amizade, sugestões, acolhimento e pela

oportunidade de realizar todas as análises no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF), ao Departamento de Ciência do Solo (DCS) e ao Departamento de Educação (DED), aos professores pelas disciplinas ofertadas, por todas as oportunidades concedidas para minha formação e realização do doutorado em um ambiente rico de aprendizagem e prazeroso à convivência diária.

Aos amigos funcionários e técnicos, de maneira especial, Rose, Chica, Juliano, Zé Pedro, Mateus, Flávia, Roberto e Jorge.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos membros da banca examinadora desta tese, Professor Dr. Grisi, Pesquisador Dr. Regis, Professor Dr. Rogério Machado, Professor Dr. Lucas Amaral e Professora Dra. Soraya, pela disponibilidade, pronto atendimento, sugestões e aprendizado proporcionados ao longo destes anos.

À nossa equipe de orientados do Professor Nelson Venturin, pela sempre alegre e produtiva companhia em campo e no laboratório, ótimas discussões, amizade, pela parceria, boa vontade e apoio na condução dos trabalhos: Paloma, João de Moçambique, Elias, Vanessa, Kmila, Leandro (Batata), Fabrizio, Fábio (Zebra), Aline, Fernanda, Samara, Bruna Sampaio, Bruna Crivilin, Ygoor, Giovana, Rafael, Geisi, Flora, Larissa e Aroldo.

Aos amigos do Laboratório de Silvicultura e do Viveiro Florestal, pela ajuda na execução dos experimentos, por todos os momentos de convívio desde o mestrado e pelas muitas risadas compartilhadas. Especialmente Erick, Enéas, Carlos Eduardo (Cadu do Goiás), Jeannot do Congo, Rodolfo, Maria, Regiane, Josina, José Alvim, Juliano (Ijaci), Carlos Eduardo (Cadu de Minas), Stella, Mirlaine, Vitor (Carioca), Fernando, Clarissa, Joelma, Luciana, Helane, Nicele,

Bárbara, Thamyron, Iberê, Júlio, Raul da Colômbia, Michele, Leydy do México e Oclízio.

Aos amigos da Pós-graduação, por estes anos de convívio que me proporcionaram grande aprendizado e possibilitaram cultivar novas amizades. Em especial, ao Cleber L. Rodas, Ivete e Inês de Moçambique, Érika Andressa, Isaac, Eduardo Cancellier, Rodrigo, Mirian de Sousa, Vinícius (Curuja), Juninho, Luiz Otávio, Railma, Rafaela Vidal, Gislean, Fabieli, Luana, Janice, Wilson, Ezequiel, Tatiane, Mariana e Ferreirinha.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Silvicultura (NES) pela maravilhosa oportunidade de aprender sempre, conviver nestes anos, pelo ambiente prazeroso e fértil de ideias, muito estudo, mas também de muita alegria e descontração.

Agradecimento especial, também, à Aline, Anderson e demais estudantes envolvidos nas atividades do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, pela ajuda nas análises químicas foliares nesta reta final. E ao pessoal do setor de transporte da UFLA pela ajuda no processo de beneficiamento das sementes.

Aos meus queridos amigos do Mato Grosso, Rosangela e Humberto, Marines e Prof. Rogério (o qual me incentivou a vir para a UFLA), Alan Batistão, Elis Marina, Wilton, Lucirene, Juliete, Priscila, Tatiane, Gracieli, Cleverson, Jaqueline, Johannes, Adalgiza e Rodrigo (do Rio Grande do Norte) pela amizade, incentivo e apoio sempre.

À Universidade do Estado do Mato Grosso - UNEMAT, pela formação em Engenharia Florestal, no campus de Alta Floresta e por me ensinarem que problemas e limitações existem a cada instante, porém cabe a nós transformá-los em incentivos. É uma honra fazer parte da história desta Instituição sendo integrante da segunda turma do curso, iniciada em 2002 e concluída em 2006. Agradecimento, em especial, aos amigos e professores Dr. Cassiano G. Roque,

Dra. Lúcia F. Braga e Dr. Rubens Rondon, que me conduziram para além das teorias.

A todos os professores com quem prazerosamente aprendi durante a vida.

Aos amigos, familiares e colegas de UFLA, de Lavras, de Alta Floresta, do Mato Grosso, de São Paulo e do Rio Grande do Norte, pelos momentos felizes que passamos juntos. Ao Movimento de Cursilhos de Cristandade do Brasil, da Igreja Católica Apostólica Romana, especialmente, o setor de Lavras - MG.

Às minhas amizades no apartamento em Lavras, nestes anos com Rosicler e, agora no último semestre, com Marielle e Rayane. E, no prédio, especialmente, à Dona Betinha (a alegria quando nos encontramos aos sábados pelas escadas).

Enfim, a todas e todos que de alguma forma contribuíram para minha formação profissional, pessoal, realização deste trabalho e desta fase de minha vida.

MUITO OBRIGADA!

“Tudo posso naquele que me fortalece”.

Filipenses 4, 13

“Se Deus está a nosso favor, quem estará contra nós?
[...] nada nos poderá separar do **amor de Deus**, manifestado em Jesus Cristo,
nosso Senhor”.

Romanos 8, 31; 39

“Minha alma proclama a grandeza do Senhor,
Meu espírito se alegra em Deus, meu salvador,
[...] porque o Todo-Poderoso **realizou grandes obras em meu favor**:
seu nome é santo,
e sua misericórdia chega aos que o temem, de geração em geração”.

Lucas 1, 46-47; 49-50

“A força mais potente do universo é a **FÉ**”. Madre Teresa

“Há uma força que ninguém tira de você: sua **FÉ**”. Padre Reginaldo Manzotti

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas...
Que já tem a forma do nosso corpo...
E esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares ...

É o tempo da travessia...
E, se não ousarmos fazê-la...
Teremos ficado... para sempre...
À margem de nós mesmos...”

Fernando Pessoa

“Somos insignificantes. Por mais que você programe sua vida, a qualquer momento tudo pode mudar”.

Ayrton Senna da Silva

RESUMO GERAL

O baru é uma das espécies nativas do Cerrado mais promissora na recuperação de áreas degradadas e aproveitamento dos frutos. Mas, a escassez de informações sobre suas exigências nutricionais pode comprometer sua implantação. Avaliou-se o crescimento e nutrição mineral do baru (*Dipteryx alata*) em ambiente controlado através da interação entre nutrientes e seu desenvolvimento em campo sob calagem e adubação. Conduziram-se três experimentos em vasos, no Viveiro Florestal do DCF da UFLA, em Lavras-MG, e outros dois à campo. Analisou-se crescimento e nutrição das mudas em função da adubação combinada de N e S. O substrato foi a camada subsuperficial de 20-40 cm de um Latossolo Amarelo distrófico, aplicando-se doses de S (0, 30 e 60 mg dm⁻³) e de N (0, 50, 100, 200 e 400 mg dm⁻³), sistema fatorial 3 x 5, utilizando-se as fontes sulfato de Mg e ureia, respectivamente. Experimento 2: aplicou-se doses de P (150 e 300 mg dm⁻³) e de B (0, 0,25, 0,50, 1 e 2 mg dm⁻³), sistema fatorial 2 x 5, como fontes superfosfato triplo e ácido bórico, respectivamente. Experimento 3: avaliou-se efeito de doses de S (0, 25, 50, 75, 150, 225 e 300 mg dm⁻³) na forma de sulfato de Mg. Avaliou-se aos 90 dias, e mensurou-se as características morfológicas de altura da parte aérea, diâmetro do coleto, os números de folhas e de folíolos. Analisou-se o teor de nutrientes no LNMP do DCS da UFLA. Na Fazenda Experimental da EPAMIG Sul de Minas (Unidade do Farias), mesmo município, testaram-se com delineamento em três blocos ao acaso, num Cambissolo Háplico Tb eutrófico, Experimento 4: utilizou-se quatro aplicações de calcário visando elevar a Saturação por bases (V%) natural do solo de 6,7 para 35, 55 e 75%. Experimento 5: cinco dosagens de P (0, 10, 20, 40 e 80 g cova⁻¹ de P₂O₅). Avaliou-se altura total das plantas e diâmetro do caule na altura do solo aos 48, 54, 60 e 70 meses após o plantio. Aos 70 meses, coletou-se folhas e analisou-se o teor de nutrientes no mesmo Laboratório. N e S apresentam sinergismo no crescimento e nutrição das mudas de *D. alata*, sendo 100 mg dm⁻³ de N e 30 mg dm⁻³ de S favorável ao maior desenvolvimento e qualidade das mudas. A interação de P e B influencia os teores e acúmulos desses nutrientes, indicando-se 300 mg dm⁻³ de P e 1 mg dm⁻³ de B. Adubação com S interfere na nutrição das mudas da espécie, seja no metabolismo do N, ou prejudicando a absorção e acúmulo dos macronutrientes P, K e Ca, e dos micronutrientes B, Cu, Fe e Mn. O desenvolvimento inicial do baru no campo, aos 70 meses, apresenta baixo requerimento de Ca e Mg após nova calagem, melhorando o desenvolvimento dessas plantas, mas não interferindo na sua nutrição. Até os 70 meses 40 g planta⁻¹ de P₂O₅ proporciona maior desenvolvimento ao baru, após reaplicação da adubação fosfatada, promovendo absorção de S.

Palavras-chave: Silvicultura. Nutrição Florestal. *Dipteryx alata*.

GENERAL ABSTRACT

Baru is one of the most promising Cerrado native species considering the recovery of degraded areas and use of fruits. However, the scarcity of information about its nutritional requirements can interfere on their implementation. The growth and mineral nutrition of baru (*Dipteryx alata*) were evaluated in a controlled environment by the interaction between nutrients and plant development in the field under liming and fertilization. Three experiments were conducted in pots, at the greenhouse of DCF of UFLA, in Lavras-MG, and two others in the field. Growth and nutrition of the seedlings were analyzed according to the combined fertilization of N and S. The substrate was the subsurface layer of 20-40 cm of a dystrophic Yellow Latosol, applying doses of S (0, 30 and 60 mg dm⁻³) and N (0, 50, 100, 200 and 400 mg dm⁻³) as magnesium sulfate and urea, respectively, using a 3 x 5 factorial system. In experiment 2, doses of P (150 and 300 mg dm⁻³) and B (0, 0.25, 0.50, 1 and 2 mg dm⁻³) as triple superphosphate and boric acid, respectively, in a 2 x 5 factorial system. In experiment 3, the effect of doses of S (0, 25, 50, 75, 150, 225 and 300 mg dm⁻³) applied as magnesium sulfate was evaluated. The morphological characteristics of shoot height, root collar diameter, leaf and leaf numbers were measured after 90 days. Subsequently, nutrient content was analyzed at the UFLA DCS PMNL. Experiments 4 and 5 were conducted at the Experimental Farm of the EPAMIG Sul de Minas (Farias Unit), in a Hap Cambish Haplotype Tb eutrophic. For experiment 4, it was used four limestone applications aiming at raising the natural base Saturation (V%) of the soil from 6.7 to 35, 55 and 75%. As for Experiment 5, five dosages of P (0, 10, 20, 40 and 80 g of P₂O₅) were applied. Plant height and stem diameter were evaluated at 48, 54, 60 and 70 months after planting. At 70 months, freshly mature leaves were collected and analyzed for nutrient content in the same laboratory. Nitrogen and sulfur present synergism in the growth and nutrition of the *D. alata* seedlings, with the doses of 100 mg dm⁻³ of N and 30 mg dm⁻³ of S being the most favorable to the higher development and quality of the seedlings. The interaction of P and B influences the contents and accumulation of these nutrients, indicating 300 mg dm⁻³ of P and 1 mg dm⁻³ of B. Fertilization with S interferes in the nutrition of the seedlings of the species for both the metabolism of N and impairing the absorption and accumulation of the macronutrients P, K and Ca and of the micronutrients B, Cu, Fe and Mn. The initial development of baru in the field, at 70 months, presents a low requirement of Ca and Mg after re-liming, improving the development of these plants, but not interfering with their nutrition. After 70 months, 40 g plant⁻¹ of P₂O₅ provides further development of baru after reapplication of phosphate fertilization, promoting absorption of S.

Keywords: Silviculture. Forestry Nutrition. *Dipteryx alata*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Crescimento de mudas de *D. alata* avaliado pela altura da parte aérea (A) e diâmetro do coleto (B) em função das doses de N e S aplicadas no solo.....48

CAPÍTULO 5

- Figura 1 - Saturação de bases e desenvolvimento em diâmetro (cm) (A) e altura (m) (B) das plantas de baru dos 48 aos 70 meses após plantio..... 110
- Figura 2 - Adubação fosfatada e desenvolvimento em diâmetro (mm) (A) e altura (m) (B) das plantas de baru dos 48 até 72 meses após plantio. 112

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 - Valores médios da relação altura/diâmetro (H/D), número de folíolos (NFo), índice de qualidade de Dickson (IQD), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) para mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de N e S aplicadas no solo.....50
- Tabela 2 - Valores médios de número de folhas (NF) em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de N aplicadas no solo.52
- Tabela 3 - Valores médios de teor e acúmulo de nutrientes em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de N e S aplicadas no solo.53

CAPÍTULO 3

- Tabela 1 - Valores médios de altura (H), diâmetro (D), massa seca da parte aérea (MSPA), índice de qualidade de Dickson (IQD), número de folhas (NF) e número de folíolos (NFo) para mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de B e P aplicadas no solo.71
- Tabela 2 - Valores médios de diâmetro (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) para mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de B e P aplicadas no solo.73
- Tabela 3 - Valores médios de massa seca total (MST), teor e acúmulo de nutrientes em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de B e P aplicadas no solo.74

CAPÍTULO 4

Tabela 1 - Valores médios de diâmetro (D), altura (H), relação altura/diâmetro (H/D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) para mudas de <i>Dipteryx alata</i> submetidas às doses de S aplicadas no solo.	89
Tabela 2 - Valores médios do teor de macronutrientes em mudas de <i>Dipteryx alata</i> submetidas às doses de S aplicadas no solo.	91
Tabela 3 - Valores médios do acúmulo de macronutrientes em mudas de <i>Dipteryx alata</i> submetidas às doses de S aplicadas no solo.	92
Tabela 4 - Valores médios do teor de micronutrientes em mudas de <i>Dipteryx alata</i> submetidas às doses de enxofre aplicadas no solo.	93
Tabela 5 - Valores médios do acúmulo de micronutrientes em mudas de <i>Dipteryx alata</i> submetidas às doses de enxofre aplicadas no solo.	93

CAPÍTULO 5

Tabela 1 - Características químicas e físicas das amostras de solo da área experimental antes do plantio de <i>Dipteryx alata</i> Vogel e após 47 meses da implantação, em Lavras, MG.	104
Tabela 2 - Teor de macronutrientes em plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob efeito de níveis de calagem em campo, aos 15 e aos 70 meses.	114
Tabela 3 - Teor de micronutrientes em plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob efeito de níveis de calagem em campo, aos 15 e aos 70 meses.	115
Tabela 4 - Teor de macronutrientes em plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob efeito aplicação de fósforo em campo, aos 15 e aos 70 meses.	116

Tabela 5 - Teor de micronutrientes em plantas de *Dipteryx alata* sob efeito aplicação de fósforo em campo, aos 15 e aos 70 meses..... 117

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1 Caracterização da espécie <i>Dipteryx alata</i> Vogel	23
2.2 Interação Nutricional.....	24
2.3 Correção e adubação do solo.....	27
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	33
REFERÊNCIAS.....	35
CAPÍTULO 2 INTERAÇÃO DE N E S NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE BARU (<i>Dipteryx alata</i>) EM CASA DE VEGETAÇÃO	39
1 INTRODUÇÃO.....	41
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1 Crescimento	47
3.2 Composição mineral: N e S	53
4 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	57
ANEXO A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA INTERAÇÃO N E S.....	61
CAPÍTULO 3 INTERAÇÃO DE P E B NO CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE BARU (<i>Dipteryx alata</i>) EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	63
1 INTRODUÇÃO.....	65
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	67
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
3.1 Crescimento	71
3.2 Composição mineral: P e B	73
4 CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS.....	77
ANEXO A - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA INTERAÇÃO B E P.....	79

<p>CAPÍTULO 4 S NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE BARU EM CASA DE VEGETAÇÃO.....</p>		81
1	INTRODUÇÃO.....	83
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	85
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
3.1	Crescimento	89
3.2	Nutrição das mudas de baru	90
4	CONCLUSÕES	95
	REFERÊNCIAS	97
<p>CAPÍTULO 5 CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO DESENVOLVIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO BARU (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) EM CAMPO.....</p>		99
1	INTRODUÇÃO.....	101
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	103
2.1	Localização, caracterização da área de estudo e plantio de <i>Dipteryx alata</i>	103
2.2	Instalação dos experimentos de Reaplicação	105
2.3	Reaplicação da calagem em <i>Dipteryx alata</i>	105
2.4	Reaplicação de doses de Fósforo em <i>Dipteryx alata</i>	106
2.5	Características avaliadas	107
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
3.1	Efeito da reaplicação de Calagem em <i>D. alata</i> no campo	109
3.2	Efeito da reaplicação da adubação fosfatada sobre o desenvolvimento de <i>Dipteryx. alata</i> no campo	111
3.3	Aspectos nutricionais das plantas de baru	113
4	CONCLUSÕES	119
	REFERÊNCIAS	121

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

Uma das espécies frutíferas nativas do Cerrado mais promissoras para cultivo, em razão do seu uso múltiplo, alta taxa de germinação de sementes e de fácil estabelecimento inicial, é o baru (*Dipteyx alata* Vog.). Em longo prazo, o uso do baru pode ser viável em áreas a serem recuperadas como reservas legais e de proteção ambiental. Essa espécie é considerada crucial no bioma Cerrado, porque seu fruto amadurece no período da seca e alimenta várias espécies de fauna e até mesmo o gado.

O Cerrado é o segundo bioma brasileiro que mais sofreu alterações com as ações humanas, quer seja pela supressão para a abertura de novas fronteiras agrícolas, quer seja para a retirada de seu material lenhoso para fins industriais.

Além dos aspectos ambientais, o Cerrado tem grande importância social. Muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, como diversos frutos e sementes que são regularmente consumidos pela população local e comercializados nos centros urbanos. Entre esses produtos comerciáveis estão as sementes de baru.

Os estudos para direcionar estratégias eficientes sobre o desenvolvimento dessa espécie vegetal são relevantes, porque ampliam o conhecimento das espécies desse bioma ajudando na sua conservação, tanto na disponibilização de alternativas de renda pela utilização dos recursos naturais disponíveis, quanto na demonstração de posteriores cultivos econômicos.

Um dos fatores limitantes relacionados à produção de mudas de espécies nativas é o desconhecimento dos seus requerimentos nutricionais, podendo comprometer o sucesso de projetos de reflorestamento para produção e recomposição das áreas de proteção (SORREANO; RODRIGUES;

BOARETTO, 2012). Além disso, o requerimento nutricional de cada espécie deve ser considerado buscando melhorar a precisão no manejo da adubação (AQUINO; SILVA; BERGER, 2013).

Para essa espécie, bem como para maioria das espécies nativas do Cerrado, pouco se conhece sobre suas exigências nutricionais. O conhecimento do comportamento nutricional peculiar a cada espécie gera maior produtividade e menores impactos econômicos e ao meio ambiente nos plantios florestais (CARLOS et al., 2014).

Silva et al. (2016), em trabalho com baru, observaram que o crescimento das mudas foi influenciado pela omissão de nutrientes e dentre os principais nutrientes limitantes, para mudas dessa espécie, estão N, P, Ca, K, Mg, Fe e Mn. Sousa (2016), também pesquisando essa espécie na fase de formação de mudas, concluiu que ela é pouco exigente em S e B, respondendo positivamente à adubação fosfatada e não respondendo à adubação nitrogenada e potássica, sendo necessários então mais estudos nessa linha de pesquisa.

Dentre os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas está a disponibilidade de nutrientes. A deficiência e/ou excesso de um elemento pode inibir a ação dos demais, causando redução na produção e qualidade das plantas.

Dessa forma, conduziu-se este trabalho com os objetivos:

- a) Objetivo geral: avaliar o crescimento de mudas de baru em casa de vegetação sob efeito da interação entre alguns nutrientes e seu crescimento no campo em função da calagem e adubação fosfatada.
- b) Objetivos específicos:
 - Avaliar o crescimento inicial de mudas de baru em casa de vegetação sob efeito da interação entre os nutrientes N x S;

- Verificar o crescimento inicial de mudas de baru em casa de vegetação sob efeito da interação entre B x P;
- Determinar os efeitos de diferentes concentrações de S no crescimento inicial de mudas em casa de vegetação;
- Analisar o desenvolvimento inicial do baru no campo com novas aplicações de calagem e adubação fosfatada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização da espécie *Dipteryx alata* Vogel

A espécie *Dipteryx alata* Vogel da família Fabaceae, popularmente conhecida como baru, é uma leguminosa arbórea que ocorre naturalmente nos biomas Cerrado e Pantanal, entre as coordenadas geográficas 5° 30' S, no Maranhão a 22° S em São Paulo, com variação altitudinal de 110 m, no Mato Grosso a 1200 m de altitude no Distrito Federal (CARVALHO, 2003).

Esse mesmo autor, também, apresenta que a espécie é conhecida como barujo, no Mato Grosso; bauí, em Goiás; coco-feijão e combaru em Goiás e Mato Grosso; baruzeiro, no Distrito Federal; bugreiro, chuva-de-ouro e guaiçara, no Estado de São Paulo; emburena-brava; fava-de-cumaru, na Bahia; cumaru, na Bahia e em São Paulo; cumarurana e cumbaru no Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo; feijão-coco, pau-cumaru e sucupira-branca no Piauí.

Além do Brasil, a espécie pode ser encontrada também em países vizinhos como na Bolívia, sendo conhecida como almendrillo e, na Colômbia, como congrio (CARVALHO, 2003; SOARES et al., 2015).

No estágio adulto, o baru possui altura de 15 - 25 m, com tronco de 40 - 70 cm de diâmetro, folhas compostas, alado-pecioladas, glabras, com 6 - 12 folíolos, de 8 - 12 cm de comprimento. O fruto é um legume lenhoso, de cor parda, contendo em seu interior uma única semente comestível. É uma planta perenifólia, heliófita, seletiva xerófila, característica de terrenos secos do Cerrado e da Floresta Latifoliada Semidecídua (LORENZI, 2008).

A madeira do baru é própria para a construção de estruturas externas, como estacas, postes, obras hidráulicas, moirões, cruzetas, dormentes, para a construção naval e civil como vigas, caibros, ripas, batentes de portas e janelas, tábuas e tacos para assoalhos, lambris, forros, carrocerias, dentre outras

aplicações. Sua madeira é dura, de boa durabilidade, de cerne marrom-amarelado e com densidade a 12% de umidade de 1.080 kg/m^3 e densidade verde de 1.280 kg/m^3 (LORENZI, 2008; MAGALHÃES, 2011).

A semente do baru tem ganhado mercado nacional e internacional, sendo uma das espécies do Cerrado com importância econômica (OLIVEIRA; SIGRIST, 2008). Aproveita-se a polpa do fruto, a qual se assemelha à farinha de biscoito doce e pode ser utilizada em bolos e biscoitos; sua castanha assemelha-se ao amendoim e, torrada, é usada em pães, bolos, farofas; e da parte lenhosa do fruto, faz-se carvão de alta qualidade. Na medicina popular, é utilizada para problemas na coluna e como afrodisíaco (CAMPOS FILHO, 2009).

A polpa dos frutos é aromática e pode ser consumida pelo gado e animais silvestres, além de proporcionar ótima sombra e abrigo aos animais (BUNGENSTAB, 2012). A árvore pode ser utilizada igualmente com sucesso no paisagismo em geral (LORENZI, 2008) e recuperação de áreas degradadas (BONI et al., 2016; MIZOBATA; CASSIOLATO; MALTONI, 2017).

Tal demanda por frutos, para o consumo humano, têm impulsionado o extrativismo, trazendo a necessidade de estudos que ampliem o conhecimento para implantação de áreas para potencializar a produção de frutos (VERA et al., 2009). Essas áreas podem ser estabelecidas em pastagens com sistemas silvipastoris ou na composição de sistemas de integração (cultivos consorciados ou agroflorestais) (VIEIRA et al., 2016). Dessa forma, ressalta-se o uso múltiplo da espécie.

2.2 Interação Nutricional

Os nutrientes desempenham funções específicas no metabolismo das plantas. Por causa dessas funções, os sintomas decorrentes da carência ou

excesso de um determinado nutriente se manifestam de forma semelhante independentemente da espécie (MALAVOLTA, 1980).

Durante a busca da produção máxima das culturas, é importante o teor adequado dos nutrientes isoladamente, entretanto o equilíbrio entre os nutrientes, no sistema solo-planta, também, passa a ser um fator limitante fundamental. As interações que se estabelecem entre os nutrientes são de natureza muito complexa e seus efeitos refletem na composição mineral das plantas (PRADO, 2008). Assim, conforme Malavolta e Moraes (2007), a interação é o efeito da adição de um elemento no teor de outro, que pode ser aumentado ou diminuído ou não ser modificado, com consequência no crescimento ou produção ou qualidade da planta.

Conforme Malavolta (2006), na adubação equilibrada ou num solo fértil, os nutrientes são fornecidos nas proporções mais favoráveis ao crescimento, produção e qualidade do produto e do ambiente, o que pode ser avaliado pela análise foliar.

As interações podem ser de dois tipos fundamentais: os efeitos interativos e os efeitos não interativos. Segundo Prado (2008), os efeitos não interativos podem, por razões diversas, dar origem à diluição ou à concentração de nutrientes, alterando a composição química das plantas.

Efeito diluição - ocorre tanto em plantas com deficiência moderada ou severa, em que a aplicação do nutriente incrementa a matéria seca e promove a diluição do nutriente.

Efeito concentração - é referido para situações ambientais extremas como frio ou déficit hídrico que retarda o crescimento, promovendo a concentração de certos nutrientes.

Os efeitos interativos são classificados em três tipos: antagonismo, inibição e sinergismo. Conforme Silva e Trevizam (2015):

Antagonismo - a presença de um íon diminui a absorção de outro, independentemente da concentração do íon na solução do solo. Essa interação pode evitar problemas de toxidez, como, por exemplo, o cálcio (Ca^{2+}) que impede a absorção exagerada do cobre (Cu^{2+}).

Inibição - a presença de um íon diminui a absorção de outro, podendo ser competitiva ou não.

Sinergismo - a presença de um íon aumenta a absorção de outro, proporcionando efeito benéfico no desenvolvimento da planta.

Malavolta (2006) destaca as principais interações entre os nutrientes, por exemplo, plantas deficientes em N apresentam teor maior de S. Geralmente a adição de S aumenta a concentração de N também. Entretanto a relação entre esses nutrientes varia com o estágio do crescimento e com a espécie.

De acordo com Malavolta e Moraes (2007), a interação N x S pode ser uma das ocorrências mais comuns de sinergismo e pode influenciar tanto a colheita quanto a qualidade do produto agrícola, tendo implicações ambientais e econômicas.

N e S são dois nutrientes básicos para a síntese de proteínas e o suprimento inadequado de um desses nutrientes acarreta em desequilíbrio, resultando em prejuízo da produção, podendo ocorrer, por exemplo, com doses elevadas de N, sem a aplicação de S (PRADO, 2008), diminuição na eficiência de utilização de N ou excesso de S que causa diminuição na colheita (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

Segundo Silva e Trevizam (2015), a interação N x S, no metabolismo das plantas, aparenta não se restringir apenas à síntese de proteínas. Apresentam diversos estudos com espécies vegetais em que foi constatada redução na atividade da enzima redutase do nitrato sob condições de limitação de S no substrato, culminando no acréscimo das concentrações de nitrato no tecido

vegetal. Assim, esses autores inferem que o metabolismo pode ser modificado de acordo com a forma de N combinada com o S na adubação.

Outra interação a ser estudada é P x B, pois, conforme Prado (2008), a interação entre esses nutrientes pode ocorrer, uma vez que nível baixo de P pode interferir no metabolismo do B, agravando os sintomas de deficiência ou de excesso de B. Além disso, altas doses de P proporcionam, como efeito, aumento na concentração de B, e plantas deficientes em P, também, têm maior concentração de B (MALAVOLTA, 2006).

Kaya et al. (2009) verificaram que as altas concentrações de B reduziram o peso seco, o rendimento de frutos e a concentração de P, em plantas de tomate, porém, ao aplicar complementarmente P, houve melhoria na produção de biomassa seca, na produção de frutos e no teor de P nas plantas.

Com isso, Silva e Trevizam (2015) inferem que doses superiores de P podem diminuir a toxidez de B nas plantas, porém deve-se ter atenção para não causar um desequilíbrio no metabolismo do B, se a dose de P for muito elevada.

Silva et al. (2016), em trabalho com baru, observaram que o crescimento das mudas foi influenciado pela omissão de nutrientes e, dentre os micronutrientes, apenas no tratamento com a omissão de B o teor desse nutriente foi inferior ao tratamento completo e aos demais tratamentos.

Existem outras interações entre nutrientes que podem ocorrer e necessitam ser mais estudadas, tanto em ambientes com condições controladas quanto nas condições de implantação e condução no campo.

2.3 Correção e adubação do solo

Conforme Raij (2011), a condição desfavorável de reação do solo mais comum nos solos brasileiros é a acidez excessiva. Assim, a correção da acidez

dos solos pela calagem é um dos melhores investimentos a serem feitos, em condições nas quais as culturas respondem a esta prática.

Segundo Sousa e Lobato (2004), na região do Cerrado, o problema da acidez (excesso de Al, baixos teores de Ca e Mn) não é só superficial (0 a 20 cm), podendo ocorrer também na subsuperfície (camadas mais profundas).

O Al pode inibir a absorção de Ca, principalmente, pelo bloqueio ou competição nos sítios de troca e de P pela formação de complexos que se precipitam como fosfato de alumínio, na superfície da raiz, encontrando-se, desta forma, indisponível para a planta (MARSCHNER, 2012).

Uma calagem realizada de maneira adequada irá neutralizar o alumínio do solo e fornecer Ca e Mg como nutrientes. Além disso, promove o aumento da disponibilidade do P e de outros nutrientes no solo, assim como da capacidade de troca de cátions efetiva e da atividade microbiana, entre outros benefícios. A calagem possibilita, então, maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, facilitando ainda mais a absorção e a utilização dos nutrientes e da água pelas culturas (SOUSA; LOBATO, 2004).

O Ca desempenha três tipos de funções na planta: estrutural, regulador enzimático e de mensageiro secundário. Este nutriente é essencial para manter a integridade estrutural e funcional das membranas e da parede celular, além de ser requerido para a alongação e divisão celular, refletindo no desenvolvimento e funcionamento das raízes, na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (MALAVOLTA, 2006).

Haridasan (2006) sugere que a maioria das espécies nativas do Cerrado é capaz de responder à calagem e adubação. Contudo há diferenças entre as espécies nas respostas aos nutrientes individuais.

Rocha et al. (2008) estudaram os efeitos de doses de calcário dolomítico incorporado ao solo da cova de plantio, nas propriedades do solo, no crescimento inicial e estado nutricional das plantas de um clone de *Eucalyptus*

grandis x *E. urophylla* em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico, textura argilosa, com acidez elevada e rico em matéria orgânica em profundidade. Concluíram que a calagem é recomendada para a cultura do eucalipto em Latossolo húmico, na concentração de 300 g cova⁻¹, que resulta no equivalente a 64% de saturação por bases no solo. Esses autores consideram ainda que valores superiores a esse causam redução no crescimento e desequilíbrio nutricional, diminuindo os teores de N e de Mn, aumentando a relação Ca/Mg nas folhas.

Venturin et al. (2000) estudaram o efeito da relação Ca:Mg do corretivo, no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) e observaram que os tratamentos influenciaram o crescimento e teores foliares de nutrientes das mudas. As melhores respostas obtidas em altura de plantas e diâmetro do caule foram dos tratamentos CaCO₃ + Mg solúvel, seguido das relações 2:1, 1:1 e 8:1, exceto este último para diâmetro do caule.

Bernardino et al. (2007), em trabalho realizado com o jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*), observaram resultados negativos de variáveis de crescimento em resposta à elevação da saturação por bases, pois, para a espécie, nenhuma característica avaliada (altura e diâmetro do colo) apresentou influência significativa.

Malavolta (2006) cita as funções do P como sendo um componente dos lipídeos do plasmalema e do tonoplasto, os quais são passagem obrigatória dos nutrientes no processo de absorção, tanto na raiz quanto na folha, armazenamento de energia na fotossíntese e respiração, utilização de energia para reações de síntese de proteínas, na fixação biológica do nitrogênio, transferência dos caracteres genotípicos da planta com suas manifestações externas que dependem do ambiente.

Destacando-se a importância do Ca e P, para o crescimento das plantas, o efeito do pH do solo, na solubilidade do P e a influência do Al, inibindo a absorção do Ca e P, podem ser fatores limitantes ao crescimento das plantas (ULHÔA, 1997).

Tucci et al. (2007) estudaram o efeito da calagem e da fertilização do solo para a produção de mudas de Mogno (*Swietenia macrophylla*). Os autores observaram que os maiores valores de altura, diâmetro e biomassa ocorreram com a fosfatagem corretiva e sua combinação com a calagem mais adubação com NPK.

Conforme Sousa e Lobato (2004), o P é um dos nutrientes que merecem atenção para a produção agrícola, nos solos da Região do Cerrado, em que a disponibilidade desse elemento, em condições naturais, é muito baixa. A adubação fosfatada, dessa forma, é prática imprescindível nas condições do Cerrado.

Martinotto et al. (2012) avaliaram a sobrevivência e o crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (angico-vermelho), *Anacardium occidentale* (caju), *Dipteryx alata* (baru), *Hymenaea stigonocarpa* (jatobá), *Hancornia speciosa* (mangaba) e *Sclerolobium paniculatum* var. *rubiginosum* (taxi-branco)) em consórcio com *Manihot esculenta* (mandioca), com ou sem adubação fosfatada. Esses autores concluíram que a taxa média de sobrevivência das espécies arbóreas foi crescente na seguinte ordem: baru (79%), taxi-branco (86%), jatobá (95%), mangaba (98%), angico (99%) e caju (100%). O taxi-branco apresentou maiores taxas de crescimento relativo em diâmetro e altura, enquanto jatobá e baru apresentaram os menores valores. A adubação fosfatada favoreceu apenas ao taxi-branco.

Souza et al. (2013) avaliaram os efeitos da adição de N e P sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*),

espécie florestal nativa do Cerrado, em Latossolo Vermelho distroférico. As maiores doses de N e P proporcionaram maior crescimento das mudas, no entanto, com relação à qualidade das mudas, a variável RAD (relação altura/diâmetro), RPAR (relação massa seca da parte aérea/massa seca raiz) e o índice de qualidade de Dickson indicaram ser o fósforo elemento relevante.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O baru surge no campo florestal brasileiro como uma opção de geração de renda em áreas degradadas ou oportunidade em áreas sem perspectiva de rendimento econômico. Trabalhos que pesquisem formas de melhorar a produção de mudas e o desenvolvimento da espécie são indispensáveis, porque resultarão em maior rendimento com a atividade florestal para os produtores rurais e aqueles que utilizam da espécie de maneira industrial, diminuindo, assim, a pressão sobre as áreas naturais.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, L. A.; SILVA, F. D. B.; BERGER, P. G. Agronomic characteristics and nutritional status of irrigated sunflower cultivars. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 551-557, 2013.
- BERNARDINO, D. C. S. et al. Influência da saturação por bases e da relação Ca:Mg do substrato sobre o crescimento inicial de jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*) Vell. FR. All. Ex Benth). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 567-573, 2007.
- BONI, T. S. et al. Avaliação comparativa do estado nutricional de mudas de baru (*Dipteryx alata*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 109-121, 2016.
- BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012.
- CAMPOS FILHO, E. M. (Org.). **Coleção plante as árvores do Xingu e Araguaia: guia de identificação**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009. v. 2.
- CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 13-21, 2014.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: EMBRAPA Informações Tecnológicas; Colombo: EMBRAPA Florestas, 2003. v. 1.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. In: PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. (Ed.). **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri: Manole, 2006. p. 397-413.
- KAYA, C. et al. Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 121, p. 284-288, 2009.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v. 1.

MAGALHÃES, R. M. **Obstáculos à exploração do baru (*Dipteryx alata* Vog.) no cerrado goiano: sustentabilidade comprometida?** 2011. 264 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável)-Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Org.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira.** Piracicaba: IPNI, 2007. p. 189-249.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 3rd ed. London: Academic, 2012. 889 p.

MARTINOTTO, F. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 1, p. 22-29, jan. 2012.

MIZOBATA, K. K. G. S.; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. L. Crescimento de mudas de baru e gonçalo-alves em solo degradado, suplementado com resíduo, em Ilha Solteira - SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 429-444, 2017.

OLIVEIRA, M. I. B.; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae-Papilionoidae) em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, p. 195-207, 2008.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas.** São Paulo: Ed. UNESP, 2008. 407 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

ROCHA, J. B. O. et al. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 255-263, dez. 2008.

- SILVA, D. S. N. et al. Growth and mineral nutrition of baru (*Dipteryx alata* Vogel) in nutrient solution. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1101-1106, 2016.
- SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 149, p. 10-16, mar. 2015.
- SOARES, T. N. et al. Patterns of genetic variability in central and peripheral populations of *Dipteryx alata* (Fabaceae) in the Brazilian Cerrado. **Plant Systematics and Evolution**, New York, v. 301, p. 1315-1324, 2015.
- SORREANO, M. C. M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 254 p.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004.
- SOUSA, F. F. **Aspectos nutricionais do baru (*Dipteryx alata* Vog.) em casa de vegetação e em campo**. 2016. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- SOUZA, N. H. et al. Estudo nutricional da canafístula: crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 4, p. 717-724, jul./ago. 2013.
- TUCCI, C. A. F. et al. Calagem e adubação para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 299-307, jul./set. 2007.
- ULHÔA, M. L. **Efeito da calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial e nutrição de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), fruta de lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil) e tingui (*Magonia pubescens* St. Hil)**. 1997. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- VENTURIN, R. P. et al. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 30-39, 2000.

VERA, R. et al. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no Cerrado do Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 112-118, 2009.

VIEIRA, R. F. et al. Espécies alimentícias nativas da região Centro-Oeste. In: VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro, região centro-oeste. Brasília, DF: MMA, 2016. p. 107-118.

CAPÍTULO 2 INTERAÇÃO DE N E S NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE BARU (*Dipteryx alata*) EM CASA DE VEGETAÇÃO

RESUMO

Objetivou-se avaliar o crescimento e a nutrição mineral de mudas de baru (*Dipteryx alata*) em função da adubação combinada entre N e S. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da UFLA, Lavras-MG. Como substrato, foi utilizado um Latossolo Amarelo distrófico, aplicando-se três doses de S (0, 30 e 60 mg dm⁻³) e cinco doses de N (0, 50, 100, 200 e 400 mg dm⁻³), num esquema fatorial 3 x 5, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, utilizando-se como fonte dos nutrientes o sulfato de magnésio e ureia, respectivamente. As avaliações ocorreram aos 90 dias. Foram mensuradas as características morfológicas de altura da parte aérea, diâmetro do coleto e contabilizados os números de folhas e de folíolos. As plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e raiz para a pesagem e avaliação da massa seca produzida em cada tratamento. Posteriormente, as folhas foram lavadas, secas em estufa de circulação forçada de ar e analisadas quanto ao teor de nutrientes. Calculou-se o índice de qualidade de mudas de Dickson, a relação altura/diâmetro e o acúmulo dos nutrientes avaliados. N e S apresentam sinergismo no crescimento e nutrição das mudas de *Dipteryx alata*. A adição de 100 mg dm⁻³ de N e 30 mg dm⁻³ de S proporciona o maior desenvolvimento e melhor qualidade às mudas de baru. A aplicação de N e S promove maior teor e acúmulo tanto de N quanto de S na parte aérea das mudas da espécie pesquisada.

Palavras-chave: Qualidade de mudas florestais. Adubação nitrogenada. Enxofre. Sinergismo nutricional.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth and mineral nutrition of baru seedlings as a function of the combined fertilization between N and S. The experiment was conducted in a greenhouse at the forest nursery of the Department of Forestry Sciences of UFLA, Lavras-MG. As substrate, a dystrophic Yellow Latosol was used, applying three doses of S (0, 30 and 60 mg dm⁻³) and five doses of N (0, 50, 100, 200 and 400 mg dm⁻³) in a system factorial 3 x 5, in a completely randomized design, using as source of nutrients magnesium sulfate and urea, respectively. The evaluations occurred at 90, the morphological characteristics of height and collection diameter were measured, and leaf and leaflet numbers were counted. The plants were harvested and separated in aerial and root part for the weighing and evaluation of the dry mass produced in each treatment. Afterwards, the leaves were washed, dried in a forced circulation oven and analyzed for nutrient content. The Dickson seedling quality index, the height/diameter ratio and the accumulation of the nutrients evaluated were calculated. N and S present synergism in the growth and nutrition of the *Dipteryx alata* seedlings. The addition of 100 mg dm⁻³ of N and 30 mg dm⁻³ of S provides the highest development and best quality of baru seedlings. The application of N and S promotes higher content and accumulation of both N and S in the aerial part of the seedlings of the species studied.

Key-words: Quality of forest seedlings. Nitrogen fertilization. Sulfur. Nutritional synergism.

1 INTRODUÇÃO

O baru (*Dipteryx alata* Vog.), espécie arbórea nativa no Cerrado, pertence a um grupo de cerca de 110 espécies nativas que apresentam potencial econômico e está entre as dez mais promissoras para cultivo (BONI et al., 2016). O incentivo ao plantio dessa espécie vem recebendo maior destaque pelo conhecimento das características benéficas das suas sementes à saúde humana e aos usos múltiplos da espécie (LEMOS et al., 2012; SIQUEIRA et al., 2012; SOUSA et al., 2011).

Diversos estudos com essências florestais têm demonstrado que a fertilização destas espécies melhora a produtividade, a qualidade e o estabelecimento dos plantios florestais (CAMPOS et al., 2014). Entretanto, pela grande diversidade existente no país, os estudos científicos sobre exigências nutricionais de espécies florestais nativas, especialmente em se tratando de espécies do Cerrado, ainda são insuficientes (CARLOS et al., 2014; CARVALHO, 2003; HARIDASAN, 2006).

Ao estudar interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas, Silva e Trevizam (2015) assinalam que é frequente a utilização de um único nutriente, escalonando a dosagem como forma de encontrar a dose que proporcione a maior produtividade. Porém um maior conhecimento das interações entre os elementos pode contribuir, para a compreensão da dinâmica no solo, na planta e, conseqüentemente, a um aumento na produtividade das plantas.

Desta forma, objetivou-se avaliar o crescimento inicial e a nutrição mineral de mudas de baru sob efeito da interação entre N e S em casa de vegetação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Como substrato, foi utilizado um Latossolo Amarelo distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013), coletado no município de Itumirim - MG, nas coordenadas geográficas (21° 17' 24,55" S 44° 50' 22,18" W) com elevação de 943 m, a uma profundidade de 0,20 a 0,40 m, evitando-se a camada fértil do solo que poderia mascarar o efeito dos fertilizantes.

Após a secagem ao ar, o solo foi peneirado e retirou-se uma amostra para análise física e química. O solo foi armazenado em sacos plásticos e depositado em vasos com capacidade de 6 dm³ de solo. Os vasos constituíram as parcelas, que ficaram localizados sobre uma bancada na casa de vegetação, com fundos vedados e com fitas adesivas para evitar perda de nutrientes.

As análises físicas e químicas do solo foram determinadas, conforme Donagema et al. (2011) e Silva (2009) e apresentaram: teor de areia, 640 g kg⁻¹; silte, 120 g kg⁻¹; argila, 240 g kg⁻¹; pH em água, 5,0; matéria orgânica, 0,4 g kg⁻¹; P (Mehlich-1), 0,6 mg dm⁻³; K, 24,6 mg dm⁻³; Ca, 0,2 cmol_c dm⁻³; Mg, 0,1 cmol_c dm⁻³; Al, 0,3 cmol_c dm⁻³; H + Al, 1,2 cmol_c dm⁻³; soma de bases, 0,4 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva, 0,7 cmol_c dm⁻³; CTC pH 7, 1,6 cmol_c dm⁻³; saturação por bases, 25%; saturação por Al, 43%; Zn, 0,9 mg dm⁻³; Fe, 12,2 mg dm⁻³; Mn, 0,7 mg dm⁻³; Cu, 3,7 mg dm⁻³; B, 0,01 mg dm⁻³; S, 1,4 mg dm⁻³ e P-rem, 25 mg L⁻¹. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 × 3, com cinco doses de N (0, 50, 100, 200 e 400 mg dm⁻³), aplicados

na forma de ureia ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) e três doses de S (0, 30 e 60 mg dm^{-3}), aplicados na forma de sulfato de magnésio (MgSO_4), com quatro repetições.

Com base na análise química do solo, foi realizada a calagem para elevar a saturação por bases a 60%, na proporção de 4:1, aplicando-se $0,26 \text{ g dm}^{-3}$ de carbonato de cálcio (CaCO_3) e $0,06 \text{ g dm}^{-3}$ de carbonato de magnésio (MgCO_3). Após aplicação, foi feita a incubação do solo por 30 dias, com umidade próxima a 60% do volume total de poros (VTP) (FREIRE et al., 1979), sendo a irrigação realizada pelo controle de água no solo, aferida diariamente por pesagem e completando-se o peso com água deionizada (CARLOS et al., 2014).

As doses de S foram aplicadas ao solo, mediante a incorporação superficial, em uma única aplicação na semeadura. Juntamente com a aplicação dos tratamentos com S, foi realizada a adubação básica, aplicando-se 300 mg dm^{-3} de P, fornecido na forma de superfosfato triplo (42% de P_2O_5). Em cada vaso foram colocadas para germinar três sementes de baru.

As sementes de baru foram coletadas de árvores matrizes presentes no campus da UFLA. Essas sementes são ortodoxas e a germinação ocorreu entre 7 a 14 dias (DAVIDE; SILVA, 2008).

As doses de N foram aplicadas em cobertura, parceladas em três aplicações, aos 20, 50 e 80 dias após a germinação. Concomitantemente às doses de N, foi aplicado K fornecido na forma de cloreto de potássio (KCl) (58% de K_2O), em solução, na dose de $0,56 \text{ g dm}^{-3}$ de K. Aos 60 dias após a germinação, foi realizada aplicação em solução dos micronutrientes B, Zn e Mn, fornecidos na forma de ácido bórico (H_3BO_3) (17% de B), na dose de $0,24 \text{ g dm}^{-3}$ de B; sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (20% de Zn), na dose de $0,22 \text{ g dm}^{-3}$ de Zn; e sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (26% Mn), na dose de $0,18 \text{ g dm}^{-3}$ de Mn.

Durante a condução do experimento, o controle fitossanitário foi realizado, por meio da pulverização de acaricidas e fungicidas, quando necessário, segundo as recomendações do manejo integrado de pragas e doenças.

Aos 90 dias após a instalação do experimento, foram realizadas as avaliações morfológicas: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), relação altura/diâmetro (H/D), número de folhas (NF) e número de folíolos (NFo).

Ao final do experimento, o material vegetal foi colhido, separada a parte aérea e o sistema radicular. Em seguida, foram lavados em água corrente e água deionizada, armazenados em embalagem de papel e, posteriormente seco em estufa de circulação forçada de ar, com a temperatura de 65 °C até atingir peso constante (aproximadamente, 72h).

Após secagem, o material foi pesado em balança de precisão (0,01 g), para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR) e massa seca total (MST). Juntamente com esses dados, calculou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960). O IQD foi obtido pela fórmula:
$$IQD = \frac{MST_{(g)}}{[(H_{(cm)}/D_{(mm)}) + (MSPA_{(g)}/MSR_{(g)})]}$$

Depois da pesagem, o material oriundo da parte aérea da planta foi moído em moinho tipo Wiley e foram realizadas análises químicas para determinação dos teores de N e S, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. A partir dos resultados obtidos dos teores de N e S, calculou-se o acúmulo na parte aérea.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias das variáveis H/D, MSPA, MSR, MST, IQD e NFo avaliadas pelo teste Scott-Knott a 5% de significância e, para as variáveis D e H, foi realizada a

análise de regressão. As análises foram realizadas por meio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento

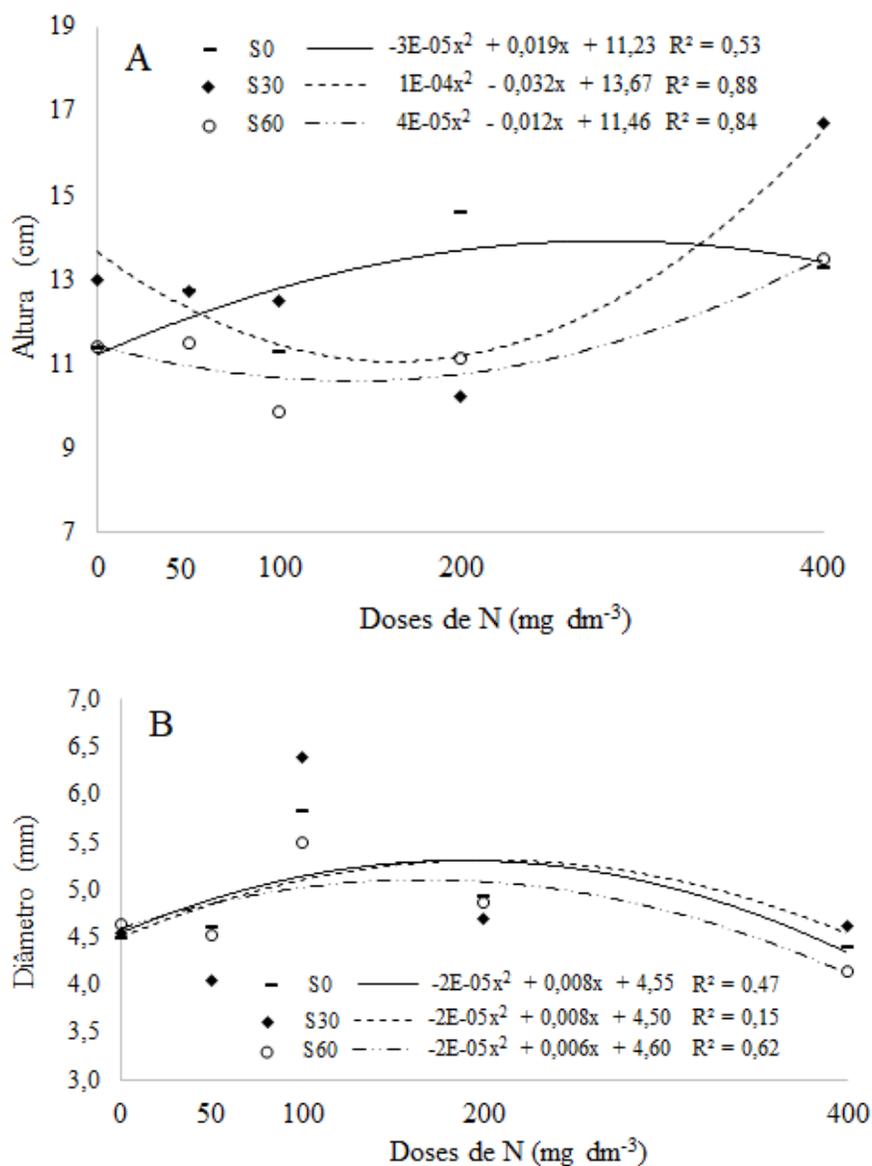
A interação dos nutrientes N e S possibilitou efeito benéfico no crescimento das plantas de baru. Foi realizada a análise de variância para todas as variáveis (ANEXO A). O desdobramento da interação entre os nutrientes para H e D encontra-se na Figura 1 e as características H/D, MSPA, MSR, MST, IQD e N_{Fo} encontram-se na Tabela 1.

Ao se analisar a altura da parte aérea das plantas (FIGURA 1A), constatou-se que a dose de 200 mg dm⁻³ de N promoveu aumento significativo ($p < 0,01$), no crescimento, quando comparada às demais doses. Verificou-se aumento expressivo da altura das plantas de baru com as doses de 400 mg dm⁻³ de N e 30 mg dm⁻³ de S, com mudas superiores a 15 cm. Este fato confirma o conceito de que o N é essencial, para o crescimento da espécie e que a planta de baru é exigente, respondendo às adubações e à interação desses nutrientes.

Um ponto importante pelo qual o N deve ter contribuído no crescimento em altura estaria relacionado à sua importância na nutrição do baru interagindo/combinando com o S para o seu ciclo vegetativo. Conforme Silva e Trevizam (2015), a absorção de N pode ser alterada pela presença de outros elementos, entre eles o S. A aplicação de N e de S pode promover efeito significativo no crescimento e qualidade das mudas desta espécie.

De acordo com os autores supracitados, o N e o S podem apresentar sinergismo, ou seja, quando um íon aumenta a absorção de outro íon ocorre um maior suprimento, proporcionando efeito benéfico no crescimento e desenvolvimento da planta.

Figura 1 - Crescimento de mudas de *D. alata* avaliado pela altura da parte aérea (A) e diâmetro do coleto (B) em função das doses de N e S aplicadas no solo.



Fonte: Da autora (2018).

Resultados diferentes dos observados neste estudo foram apresentados por Sousa (2016), constatando que o crescimento das mudas de *Dipteryx alata* não foi afetado pela aplicação de doses crescentes de N. Esse autor verificou que, para as sete características estudadas (altura, diâmetro do coleto, biomassa seca da parte aérea, da raiz e total, relação raiz/parte aérea e Índice de Qualidade de Dickson (IQD)), não houve diferença entre os tratamentos aos 12 meses de avaliação.

Silva et al. (2016), analisando o crescimento inicial do baru em solução nutritiva com omissão individualizada de nutrientes minerais em casa de vegetação, encontraram coerência entre os resultados dos estudos. Os autores observaram que o crescimento e a qualidade das mudas de baru foram influenciados pela omissão de nutrientes, na solução nutritiva, com exceção da variável altura.

Com relação ao diâmetro do coleto (FIGURA 1), verifica-se que até a dose de 200 mg dm⁻³ de N houve ganhos/incrementos no crescimento quando comparada às demais doses. A interação entre esta dose de N e a dose de 30 mg dm⁻³ de S promoveu aumento expressivo, no crescimento diamétrico das plantas, com valores superiores a 5 mm. Davide et al. (2015) sugerem que o valor de 3 mm de diâmetro poderia ser considerado como um padrão mínimo, para todas as espécies florestais nativas avaliadas, no fim do processo de produção. Assim, as mudas de baru já aos 90 dias apresentaram diâmetros superiores ao valor sugerido por esses autores.

Na relação altura e diâmetro das plantas (H/D) (TABELA 1) observa-se que a dose de 400 mg dm⁻³ de N difere (p<0,05) das demais doses testadas. Observou-se, também, redução dessa relação, quando se interagiu a dose de 100 mg dm⁻³ de N com a dose de 60 mg dm⁻³ de S, obtendo valor de 1,80. Davide et al. (2015) identificaram valores das relações de H/DC, para espécies nativas,

variando de 1,1 a 10, com 85% das espécies apresentando relações até 7,5 ao fim do processo de produção das mudas.

Tabela 1 - Valores médios da relação altura/diâmetro (H/D), número de folíolos (NFo), índice de qualidade de Dickson (IQD), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) para mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de N e S aplicadas no solo.

N (mg dm ⁻³)	S (mg dm ⁻³)																
	0						30						60				
	H/D						MSPA (g)										
0	2,55	Aa	2,85	Ab	2,45	Ab	1,54	Ab	1,66	Ab	1,54	Ab					
50	2,80	Ba	3,15	Ab	2,53	Bb	1,61	Ab	1,78	Ab	1,70	Ab					
100	1,93	Ab	1,95	Ac	1,80	Ac	2,55	Aa	2,87	Aa	1,40	Bb					
200	2,95	Aa	2,18	Bc	2,68	Ab	1,87	Ab	1,56	Ab	1,67	Ab					
400	3,08	Ba	3,65	Aa	3,28	Ba	1,49	Bb	1,56	Bb	2,20	Aa					
	NFo						MSR (g)										
0	36	Ba	43	Aa	32	Bb	1,76	Aa	1,69	Aa	1,29	Ba					
50	38	Ba	43	Aa	37	Ba	1,07	Aa	0,89	Bb	1,04	Ba					
100	40	Ba	47	Aa	38	Ba	0,74	Bc	1,57	Aa	0,82	Bb					
200	36	Ba	35	Bb	41	Aa	0,77	Ac	1,05	Ab	0,65	Ab					
400	35	Ba	44	Aa	37	Ba	1,11	Ab	0,60	Bc	0,80	Bb					
	IQD						MST (g)										
0	0,98	Aa	0,88	Ab	0,78	Aa	3,29	Aa	3,35	Ab	2,83	Aa					
50	0,90	Aa	0,50	Bd	0,68	Ba	3,32	Aa	2,67	Ac	2,74	Aa					
100	0,63	Bb	1,18	Aa	0,65	Ba	3,30	Ba	4,44	Aa	2,22	Ca					
200	0,48	Bb	0,73	Ac	0,43	Bb	2,63	Ab	2,61	Ac	2,31	Aa					
400	0,50	Ab	0,35	Ad	0,48	Ab	2,24	Bb	2,17	Bc	3,00	Aa					

Fonte: Da autora (2018).

*Letras minúsculas se referem à comparação entre as doses de nitrogênio, para cada dose de enxofre, em que as médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ** Letras maiúsculas se referem à comparação entre doses de enxofre para cada dose de nitrogênio, em que médias seguidas por pelo menos uma mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade de erro.

Para o número de folíolos (TABELA 1), a maior produção ocorreu no tratamento aplicando a dose de 100 mg dm^{-3} de N com a dose de 30 mg dm^{-3} de S, totalizando 47 folíolos formados. Observa-se, para essas mesmas doses, valores de diâmetro do coleto superiores, conforme apresentado anteriormente. Conforme Alvarez et al. (2007), doses relativamente baixas de S são suficientes para manter um bom equilíbrio nutricional com o N no crescimento das culturas. Porém ocorreu menor produção de folíolos ao aplicar somente a dose de 60 mg dm^{-3} de S.

A importância do equilíbrio entre as concentrações de N e S no solo e na planta reflete no crescimento e no estado nutricional do vegetal. A adição de doses mais elevadas de um desses elementos, nos sistemas de produção vegetal ou animal, pode levar à menor disponibilidade do outro elemento para as plantas (ALVAREZ et al., 2007).

Para a característica IQD (TABELA 1), o maior valor ocorreu na interação entre as doses de 100 mg dm^{-3} de N com a dose de 30 mg dm^{-3} de S, constatando-se o valor de 1,18. E ocorreu menor valor de IQD, ao aplicar a dose de 400 mg dm^{-3} de N com a dose de 30 mg dm^{-3} de Paiva Sobrinho et al. (2010) apresentaram valor dessa variável de 1,78, para essa mesma espécie nativa do Cerrado, aos 120 dias de produção das mudas em saco plástico.

A MSPA (TABELA 1) apresentou o melhor resultado com a combinação de 100 mg dm^{-3} de N e 30 mg dm^{-3} de S, produzindo mudas com 2,87 g. Entretanto ocorreu redução da produção da MSPA, ao aplicar a dose de 100 mg dm^{-3} de N combinada com 60 mg dm^{-3} de S. Tal fato evidencia a necessidade de um equilíbrio entre esses nutrientes.

Para a MSR, as maiores produções ocorreram nas menores doses aplicadas desses nutrientes. Conforme Prado (2008), as raízes novas apresentam alta capacidade de absorção do N, assim, maior sistema radicular para explorar mais solo em busca de nutrientes.

Verificou-se, também, que houve aumento da MST, quando se combinaram 100 mg dm^{-3} de N com 30 mg dm^{-3} de S, obtendo-se mudas com 4,44 g. Porém ocorreu redução da produção da MST ao aplicar a dose de 400 mg dm^{-3} de N com a dose de 30 mg dm^{-3} de S. Este fato confirma o conceito de equilíbrio na relação entre esses nutrientes. Assim, a adubação balanceada com N e S é imprescindível para a produção, qualidade e demais características das plantas (VITTI; HEIRINCHS, 2007).

Quanto ao número de folhas (NF), ocorreu aumento ao aplicar N, mas não se verificou variação na produção com as doses aplicadas (TABELA 2).

Tabela 2 - Valores médios de número de folhas (NF) em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de N aplicadas no solo.

N (mg dm^{-3})	NF
0	5 b
50	6 a
100	6 a
200	6 a
400	6 a

Fonte: Da autora (2018).

* médias seguidas por uma mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Conforme Souza e Fernandes (2006), o N é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento. Além disso, a concentração externa de íons é um dos fatores que afeta a absorção iônica radicular (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012) e, conforme Taiz e Zeiger (2013), o N é um constituinte de muitos componentes da célula vegetal. Logo, ao realizar a aplicação desse nutriente, independente da concentração aplicada, ocorreu o desenvolvimento das folhas.

3.2 Composição mineral: N e S

Observaram-se diferenças significativas entre os teores de N e S em razão das doses dos nutrientes (TABELA 3). Para o teor de N, aumentou a absorção, conforme aumentou a dose desse nutriente juntamente com a dose de S; as maiores absorções ocorreram nos tratamentos aplicando-se as maiores doses desses nutrientes (400 mg dm⁻³ de N, 30 e 60 mg dm⁻³ de S).

Igualmente para o teor de S, aumentou a absorção, conforme aumentou a dose de N juntamente com a dose de S; a maior absorção ocorreu no tratamento, aplicando-se a dose de 100 mg dm⁻³ de N com a dose de 60 mg dm⁻³ de S.

Tabela 3 - Valores médios de teor e acúmulo de nutrientes em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de N e S aplicadas no solo.

N (mg dm ⁻³)	S (mg dm ⁻³)											
	0		30		60		0		30		60	
	Teor de N (g kg ⁻¹)						Teor de S (g kg ⁻¹)					
0	15,8	Be	26,3	Ac	15,7	Bd	1,28	Ba	1,32	Bb	1,83	Ab
50	18,2	Ad	20	Ad	17,8	Ad	1,30	Ba	1,92	Aa	1,84	Ab
100	25,1	Ac	20,6	Bd	20,6	Bc	1,44	Ca	1,70	Ba	2,16	Aa
200	30,9	Ab	29,6	Ab	29,3	Ab	1,50	Ba	1,79	Aa	1,52	Bc
400	44,7	Aa	36,7	Ca	41,4	Ba	1,40	Ba	1,83	Aa	1,80	Ab
	Acúmulo de N (mg planta ⁻¹)						Acúmulo de S (mg planta ⁻¹)					
0	24,2	Bb	43,7	Ab	24,1	Bc	1,95	Ab	2,18	Ab	2,84	Ab
50	29,2	Ab	35,6	Ab	30,3	Ac	2,12	Bb	3,41	Ab	3,16	Ab
100	64,4	Aa	58,6	Aa	28,7	Bc	3,68	Ba	4,89	Aa	3,04	Bb
200	58,0	Aa	46,1	Ab	48,7	Ab	2,82	Aa	2,81	Ab	2,54	Ab
400	66,9	Ba	57,2	Ba	91,1	Aa	2,10	Bb	2,87	Bb	3,97	Aa

Fonte: Da autora (2018).

*Letras minúsculas se referem à comparação entre as doses de N para cada dose de S, em que as médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ** Letras maiúsculas se referem à comparação entre doses de S para cada dose de N, em que médias seguidas por pelo menos uma mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Os acúmulos de N (TABELA 3) aumentaram, conforme aumentaram as doses de N e S. O maior acúmulo ocorreu nos tratamentos com maior dose desses nutrientes (400 mg dm^{-3} de N, e 60 mg dm^{-3} de S). Igualmente para o S, o maior acúmulo ocorreu no tratamento com a dose de 100 mg dm^{-3} de N e 30 mg dm^{-3} de S.

Resultados diferentes dos observados neste estudo foram apresentados por Sousa (2016), que constataram que o crescimento das mudas de *Dipteryx alata* não foi afetado pela aplicação de doses crescentes de N e que essa espécie apresenta baixo requerimento de S.

4 CONCLUSÕES

N e S apresentam sinergismo no crescimento e nutrição das mudas de *Dipteryx alata*.

A adição de 100 mg dm^{-3} de N e 30 mg dm^{-3} de S proporciona o maior desenvolvimento e melhor qualidade das mudas de baru.

A aplicação de N e S promove maior teor e acúmulo tanto de N quanto de S na parte aérea das mudas da espécie pesquisada.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. H. et al. Enxofre. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 10, p. 595-644.

BONI, T. S. et al. Avaliação comparativa do estado nutricional de mudas de baru (*Dipteryx alata*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 109-121, 2016.

CAMPOS, C. N. S. et al. Introdução à nutrição e adubação de plantas. In: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. (Ed.). **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2014. p. 9-26.

CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 13-21, 2014.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: EMBRAPA Informações Tecnológicas; Colombo: EMBRAPA Florestas, 2003. v. 1.

DAVIDE, A. C. et al. Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. (Ed.). **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. Lavras: Ed. UFLA, 2015. p. 181-274.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 175 p.

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

DONAGEMMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos; EMBRAPA Produção de Informação, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FREIRE, J. C. et al. Métodos de aplicação de adubos na formação de mudas de *Eucalyptus grandis* F. Hill ex Maiden. **Silvicultura**, São Paulo, v. 14, p. 385-386, 1979.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. In: PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. (Ed.). **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri: Manole, 2006. p. 397-413.

LEMONS, M. R. B. et al. The effect of roasting on the phenolic compounds and antioxidant potential of baru nuts (*Dipteryx alata* Vog.). **Food Research International**, Ontario, v. 48, n. 2, p. 592-597, Oct. 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. London: Academic, 2012. 889 p.

PAIVA SOBRINHO, S. et al. Substratos na produção de mudas de três espécies arbóreas do cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 2, p. 238-243, 2010.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Ed. UNESP, 2008. 407 p.

SILVA, D. S. N. et al. Growth and mineral nutrition of baru (*Dipteryx alata* Vogel) in nutrient solution. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1101-1106, 2016.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 149, p. 10-16, mar. 2015.

SIQUEIRA, E. M. A. et al. Consumption of baru seeds (*Dipteryx alata* Vog.), a Brazilian savana nut, prevents iron-induced oxidative stress in rats. **Food Research International**, Barking, v. 45, n. 1, p. 427-433, Jan. 2012.

SOUSA, A. G. O. et al. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2311-2325, 2011.

SOUSA, F. F. **Aspectos nutricionais do baru (*Dipteryx alata* Vog.) em casa de vegetação e em campo**. 2016. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

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

VITTI, G. C.; HEIRINCHS, R. Formas tradicionais e alternativas de obtenção e utilização do nitrogênio e do enxofre: uma visão holística. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p. 109-160

ANEXO A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA INTERAÇÃO N E S

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para altura (H), diâmetro (D), relação altura/diâmetro (H/D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), número de folhas (NF), número de folíolos (NFo), teor e acúmulo de nutrientes para mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de nitrogênio (N) e enxofre (S) aplicadas no solo.

FV ¹	GL ²	Quadrado Médio												
		H	D	H/D	MSPA	MSR	MST	IQD	NF	NFo	Teor N	Teor S	Acúmulo N	Acúmulo S
Nitrogênio (N)	4	18,9262**	4,8935**	3,2286**	0,8927**	1,1695**	1,7025**	0,4089**	1,8083*	35,3083**	1059,6243**	0,1461**	3425,8650**	3,8875**
Enxofre (S)	2	13,2275**	0,3220ns	0,2212ns	0,1770ns	0,4927**	1,0090*	0,1002*	0,3500ns	207,2167**	22,5708**	1,0780**	96,2999ns	2,7811**
N*S	8	8,8167**	0,3513*	0,3322**	0,7468**	0,4429**	1,4318**	0,1589**	0,2458ns	45,3208**	57,1375**	0,1556**	826,1855**	1,7818**
Erro	45	0,5379	0,1375	0,0701	0,1068	0,0588	0,2152	0,0209	0,5222	9,4389	2,7619	0,0175	72,8413	0,4086
CV ³ %		5,92	7,75	9,98	18,16	22,1	16,15	21,23	12,93	7,94	6,35	8,06	18,12	21,62
Média ⁴		12,39	4,79	2,65	1,8	1,1	2,87	0,68	5,85	38,68	26,18	1,64	47,1	2,95

Fonte: Da autora (2018).

¹Fonte de variação; ²Grau de liberdade; ³Coefficiente de variação; ⁴Média geral; ^{ns}Não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; **Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, *Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. As unidades das médias são: altura (cm), diâmetro (mm), MSPA, MPR e MST (g), teor (g kg⁻¹) e acúmulo (mg planta⁻¹).

CAPÍTULO 3 INTERAÇÃO DE P E B NO CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE BARU (*Dipteryx alata*) EM CASA DE VEGETAÇÃO

RESUMO

Objetivou-se avaliar o crescimento e a nutrição mineral de mudas de baru (*Dipteryx alata*) em função da adubação combinada entre P e B. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da UFLA, Lavras-MG. Como substrato, foi utilizado um Latossolo Vermelho distrófico, aplicando-se duas doses de P (150 e 300 mg dm⁻³) e cinco doses de B (0, 0,25, 0,50, 1 e 2 mg dm⁻³), num esquema fatorial 2 x 5, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, utilizando, como fonte dos nutrientes, superfosfato triplo e ácido bórico, respectivamente. As avaliações ocorreram aos 90 dias. Foram mensuradas as características morfológicas de altura da parte aérea, diâmetro do coleto e contabilizados os números de folhas e de folíolos. As plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e raiz para a pesagem e avaliação da massa seca produzida em cada tratamento. Posteriormente, as folhas foram lavadas, secas em estufa de circulação forçada de ar e analisadas quanto ao teor de nutrientes. Calculou-se o índice de qualidade de mudas de Dickson, a relação altura/diâmetro e o acúmulo dos nutrientes avaliados. Altas doses de fertilizante fosfatado promovem maior crescimento das mudas de baru. A aplicação de B não interfere no desenvolvimento das mudas de baru. O P atua sinergisticamente com o B, melhorando sua absorção e acúmulo destes nutrientes. As doses de 300 mg dm⁻³ de P e de 1 mg dm⁻³ de B apresentaram-se como mais indicadas. A aplicação de 300 mg dm⁻³ de P combinada a 2 mg dm⁻³ de B promove maior acúmulo de B e P na parte aérea das mudas. A adubação fosfatada interfere no desenvolvimento e nutrição das mudas de baru. Os teores e acúmulos de P e B são influenciados pela interação entre estes nutrientes.

Palavras-chave: *Dipteryx alata*. Interação nutricional. Adubação fosfatada.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth and mineral nutrition of baru seedlings as a function of the combined fertilization between P and B. The experiment was conducted in a greenhouse at the forest nursery of the Department of Forestry Sciences of UFLA, Lavras-MG. As substrate, a dystrophic Red Latosol was used, applying two doses of P (150 and 300 mg dm⁻³) and five doses of B (0, 0.25, 0.50, 1 and 2 mg dm⁻³), in a 2 x 5 factorial system, in a completely randomized design, with four replications, using as a source of nutrients triple superphosphate and boric acid, respectively. The evaluations occurred at 90, the morphological characteristics of shoot height and collection diameter were measured, and leaf and leaflet numbers were counted. The plants were harvested and separated in aerial part and root for the weighing and evaluation of the dry mass produced in each treatment. Afterwards, the leaves were washed, dried in a forced circulation oven and analyzed for nutrient content. The Dickson seedling quality index, the height/diameter ratio and the accumulation of the nutrients evaluated were calculated. High doses of phosphate fertilizer promote greater growth of baru seedlings. The application of B does not interfere in the development of baru seedlings. P acts synergistically with B, improving its absorption and accumulation of these nutrients. The doses of 300 mg dm⁻³ of P and 1 mg dm⁻³ of B were as indicated. The application of 300 mg dm⁻³ of P combined to 2 mg dm⁻³ of B promotes greater accumulation of B and P in the aerial part of the seedlings. Phosphate fertilization interferes with the development and nutrition of baru seedlings. The contents and accumulations of P and B are influenced by the interaction between these nutrients.

Key-words: *Dipteryx alata*. Nutritional interaction. Phosphate fertilization.

1 INTRODUÇÃO

Os desequilíbrios nutricionais e suas consequências, observados tanto na produção de mudas quanto em áreas de reflorestamento, estão entre os principais desafios a serem superados pelo setor florestal.

A maioria dos estudos na área florestal concentra-se em um reduzido número de espécies. A produção das demais espécies, principalmente das nativas, voltadas geralmente para reflorestamento, segue o manejo nutricional utilizado nas espécies de maior valor comercial, embora este sistema não seja o mais adequado para as demais espécies (FURTINI NETO et al., 2014).

Em concentrações adequadas, o P participa de quase todo o metabolismo de energia nas plantas, desde as sequências de reações na fotossíntese até a respiração (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Além disso, o suprimento adequado de fósforo no solo estimula o crescimento radicular e, conseqüentemente, a maior absorção de água e nutrientes, contribuindo com o desenvolvimento da planta.

Por fazer parte do processo de divisão celular e da formação de parede das células (TAIZ; ZEIGER, 2013), a deficiência de boro provoca a morte da gema apical da raiz (FURTINI NETO et al., 2014). Logo a nutrição equilibrada está relacionada à qualidade do desenvolvimento das plantas.

Haridasan (2006) sugere que a maioria das espécies nativas do Cerrado é capaz de responder à calagem e à adubação. Entretanto há diferenças entre as espécies nas respostas aos nutrientes individuais.

Conforme Prado (2008), a interação entre P e B pode ocorrer, uma vez que o nível baixo de P pode interferir no metabolismo do B, agravando os sintomas de deficiência ou de excesso de B. Além disso, altas doses de P proporcionam aumento na concentração de B, e plantas deficientes em P também têm maior concentração de B (MALAVOLTA, 2006).

Silva e Trevizam (2015) inferem que doses elevadas de P podem diminuir a toxidez de B nas plantas, porém deve-se ter atenção para não causar um desequilíbrio no metabolismo do B, se a dose de P for muito elevada.

Silva et al. (2016), em trabalho com baru (*Dipteryx alata* Vog.), observaram que o crescimento das mudas foi influenciado pela omissão de nutrientes e, dentre os micronutrientes, apenas no tratamento com a omissão de B o teor desse nutriente foi inferior ao tratamento completo e aos demais tratamentos. Assim, as interações entre os nutrientes necessitam ser mais estudadas, tanto em ambientes com condições controladas quanto nas condições de campo.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento inicial e a nutrição de mudas de baru sob a influência de combinações de doses de B e de P em casa de vegetação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras-MG, Brasil (21° 14' S; 44° 00' W; 919 m). Como substrato, foi utilizado um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013), coletado no mesmo município, a uma profundidade de 0,20 a 0,40 m, evitando-se a camada mais fértil do solo.

Após a secagem ao ar, o solo foi peneirado e foi retirada uma amostra para análise física e química. O solo foi armazenado em sacos plásticos os quais, posteriormente, foram colocados em vasos plásticos com capacidade de 6 dm³ de solo. Os vasos constituíram as parcelas, que ficaram localizadas sobre uma bancada, na casa de vegetação, com os fundos vedados para evitar perda de nutrientes.

As análises físicas e químicas do solo foram determinadas, conforme Donagema et al. (2011) e Silva (2009) e apresentaram: teor de areia, 210 g kg⁻¹; silte, 120 g kg⁻¹; argila, 670 g kg⁻¹; pH em água, 5,4; matéria orgânica, 13,5 g kg⁻¹; P (Mehlich-1), 1,2 mg dm⁻³; K, 37 mg dm⁻³; Ca, 1,3 cmol_c dm⁻³; Mg, 0,3 cmol_c dm⁻³; Al, 0,1 cmol_c dm⁻³; H + Al, 2,2 cmol_c dm⁻³; soma de bases, 1,7 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva, 1,8 cmol_c dm⁻³; CTC pH 7, 4,0 cmol_c dm⁻³; saturação por bases, 44%; saturação por Al, 5%; Zn, 1,2 mg dm⁻³; Fe, 32,5 mg dm⁻³; Mn, 5,6 mg dm⁻³; Cu, 2,1 mg dm⁻³; B, 0,05 mg dm⁻³; S, 62,7 mg dm⁻³ e P-rem, 5,1 mg L⁻¹. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 × 2, com cinco doses de B (0, 0,25, 0,50, 1 e 2 mg dm⁻³), aplicados na forma de ácido bórico (H₃BO₃) e duas doses de P (150 e

300 mg dm⁻³) aplicados na forma de superfosfato triplo (42% de P₂O₅), com quatro repetições.

Com base na análise química do solo, foi realizada a calagem para elevar a saturação por bases a 60%, na proporção de 4:1, aplicando-se 0,26 g dm⁻³ de carbonato de cálcio (CaCO₃) e 0,06 g dm⁻³ de carbonato de magnésio (MgCO₃). Após incubação do solo por 30 dias, com umidade próxima a 60% do volume total de poros (VTP) (FREIRE et al., 1979), foi feita a irrigação pelo controle de água no solo, aferida diariamente por pesagem e completando-se o peso com água deionizada (CARLOS et al., 2014).

As doses de P foram aplicadas ao solo, mediante a incorporação superficial, em uma única aplicação na semeadura. Juntamente com a aplicação dos tratamentos com P, foi realizada a adubação básica, aplicando-se 60 mg dm⁻³ de S, fornecido na forma de sulfato de magnésio (MgSO₄). Em cada vaso foram colocadas para germinar três sementes de baru.

As sementes de baru foram coletadas de árvores matrizes presentes no campus da UFLA. Essas sementes são ortodoxas, e a germinação ocorre entre 7 a 14 dias (DAVIDE; SILVA, 2008).

As doses de N, fornecido na forma de ureia ((NH₂)₂CO), foram aplicadas em cobertura, parceladas em três aplicações, aos 20, 50 e 80 dias, após a germinação, na dose de 50 mg dm⁻³ de N. Simultaneamente às doses de N, foi aplicado K na forma de cloreto de potássio (KCl) (58% de K₂O), em solução, na dose de 0,56 g dm⁻³ de K.

Aos 45 dias após a germinação, foi realizada aplicação em solução das doses de B. Na sequência, após 60 dias da germinação, realizou-se aplicação de uma solução com Zn e Mn, fornecida na forma de sulfato de zinco (ZnSO₄.7H₂O) (20% de Zn), dose de 0,22 g dm⁻³ de Zn; e sulfato de manganês (MnSO₄.H₂O) (26% de Mn), na dose de 0,18 g dm⁻³ de Mn.

Durante a condução do experimento, o controle fitossanitário foi realizado, por meio da pulverização de acaricidas e fungicidas, quando necessário, segundo as recomendações do manejo integrado de pragas e doenças.

Aos 90 dias após a instalação do experimento, foram realizadas as avaliações biométricas: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), número de folhas (NF) e número de folíolos (NFo).

Ao final do experimento, o material vegetal foi colhido, separadas as partes aérea e radicular, lavadas em água corrente e água deionizada, armazenadas em sacos de papel os quais, posteriormente, secos em estufa de circulação forçada de ar, com a temperatura de 65 °C até atingir peso constante (aproximadamente, 72h).

Após secagem, o material foi pesado em balança de precisão (0,01 g), para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR) e massa seca total (MST). Juntamente com esses dados, calculou-se a relação massa seca de raiz/massa seca de parte aérea (R/PA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960). O IQD foi obtido pela fórmula:
$$IQD = MST_{(g)} / [(H_{(cm)} / D_{(mm)}) + (MSPA_{(g)} / MSR_{(g)})]$$

Após pesagem, o material oriundo da parte aérea da planta foi moído em moinho tipo Wiley e foram realizadas análises químicas, para determinação dos teores de B e P, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. A partir dos resultados obtidos, calcularam-se os teores e acúmulos de B e P na parte aérea.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias avaliadas pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. As análises foram realizadas por meio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento

As doses de B influenciaram no diâmetro, MSPA, MSR, MST, IQD e nos teores e acúmulos de B. As doses de P influenciaram em todas as características (variáveis), exceto na relação H/D e MSR. Houve efeito apenas da interação PxB na MST e nos teores e acúmulos de P e B.

A adição de 300 mg dm⁻³ de P resultou em maior crescimento das mudas de baru, o qual foi resultante de maiores valores de H, D, MSPA, IQD, NF e NFO (TABELA 1).

Ao se analisar a H, D, MSPA, IQD, NF e NFO das mudas, constatou-se que a dose de 300 mg dm⁻³ de P provocou aumentos ($p < 0,05$), no crescimento, quando comparada à outra dose testada para a espécie. Este fato confirma o conceito de que o P é limitante para o crescimento da espécie a qual responde positivamente à adubação fosfatada, importante para que quantidades adequadas desse nutriente sejam disponibilizadas à planta. Observação, também, apontada por Boni et al. (2016).

Tabela 1 - Valores médios de altura (H), diâmetro (D), massa seca da parte aérea (MSPA), índice de qualidade de Dickson (IQD), número de folhas (NF) e número de folíolos (NFO) para mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de B e P aplicadas no solo.

P (mg dm ⁻³)	H (cm)	D (mm)	MSPA (g)	IQD	NF	NFO
150	16,13 b	6,31 b	3,03 b	1,95 B	5 b	41 b
300	18,51 a	6,75 a	4,32 a	2,15 A	6 a	45 a

Fonte: Da autora (2018).

* médias seguidas por uma mesma letra, na vertical, pertencem a um mesmo grupo pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro.

Com relação ao diâmetro do coleto, Davide et al. (2015) sugerem que o valor de 3 mm de diâmetro poderia ser considerado como um padrão mínimo, para todas as espécies florestais nativas, ao final do processo de produção de mudas. Destaca-se que, no presente estudo, as mudas de baru ultrapassaram valor superior ao sugerido e responderam positivamente à adubação fosfatada.

Para o IQD, o maior valor ocorreu no tratamento com a dose de 300 mg dm^{-3} de P, obtendo-se o valor de 2,15. Paiva Sobrinho et al. (2010) apresentaram valor dessa variável de 1,78, para essa mesma espécie nativa do Cerrado, aos 120 dias de produção das mudas em saco plástico. Assim, no presente estudo (aos 90 dias), as mudas de baru, nas doses avaliadas de P, ultrapassaram esse valor do índice e responderam positivamente à adubação fosfatada.

Para o número de folhas e folíolos, houve pouca variação na produção, mas a maior produção ocorreu no tratamento com a dose de 300 mg dm^{-3} de P, constatando-se de 6 folhas e 45 folíolos. Conforme Prado (2008), as funções que o P desempenha estão ligadas ao aspecto estrutural e ao processo de transferência/armazenamento de energia. Além disso, o baixo suprimento de P diminui a área foliar, em consequência, principalmente, da redução no número de folhas e, secundariamente, da limitação à expansão da folha (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Na sequência, o desdobramento de B para D, MSPA, MSR e IQD (TABELA 2). Ao se analisar as doses de B, para as variáveis diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e IQD das mudas de baru, constatou-se que a dose de 1 mg dm^{-3} de B apresentou aumento, mas não foi significativo ($p < 0,05$) no crescimento, quando comparada ao tratamento sem a aplicação desse nutriente.

Tabela 2 - Valores médios de diâmetro (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) para mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de B e P aplicadas no solo.

B (mg dm ⁻³)	D (mm)		MSPA (g)		MSR (g)		IQD
0,00	6,75	a	4,09	a	3,77	a	2,15 a
0,25	6,19	b	3,64	a	3,33	b	1,74 b
0,50	6,03	b	3,07	b	3,91	a	1,95 b
1,00	6,86	a	3,70	a	4,14	a	2,29 a
2,00	6,84	a	3,89	a	3,67	a	2,11 a

Fonte: Da autora (2018).

* médias seguidas por uma mesma letra, na vertical, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Segundo Epstein e Bloom (2006), as principais funções do B estão relacionadas com a estrutura da parede celular e com substâncias pécticas associadas a elas, especialmente a lamela média. Assim, ressalta-se a importância desse nutriente, na deposição das substâncias cimentantes, nas células do câmbio, com efeito no diâmetro nas plantas. Ressalta-se, também, que concentrações de B protegem o crescimento radicular (PRADO, 2008).

3.2 Composição mineral: P e B

Observa-se que ocorreu a interação das doses de P e B em MST e nos teores e acúmulos destes nutrientes nas mudas de baru (TABELA 3). Para o teor de P, a absorção aumentou, conforme se acresceu a dose aplicada desse nutriente, sendo a maior absorção no tratamento em que se aplicou a dose de 300 mg dm⁻³ de P com a dose de 0,50 mg dm⁻³ de B. Quanto ao teor de B, aumentou a absorção, conforme se acresceu a dose desse nutriente juntamente com a dose de P, ocorrendo a maior absorção no tratamento aplicando-se as maiores doses desses nutrientes (300 mg dm⁻³ de P e 2 mg dm⁻³ de B).

Tabela 3 - Valores médios de massa seca total (MST), teor e acúmulo de nutrientes em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de B e P aplicadas no solo.

B (mg dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)					
	150		300		300	
	MST		Teor de B (mg kg ⁻¹)		Teor de P (g kg ⁻¹)	
0,00	6,97 Ba	8,76 Aa	12,00 Ad	11,75 Ad	0,79 Bb	1,09 Ac
0,25	5,60 Bb	8,35 Aa	13,70 Ac	12,48 Ad	1,12 Aa	0,95 Ac
0,50	6,43 Bb	7,55 Aa	11,08 Bd	18,20 Ac	0,34 Bd	1,60 Aa
1,00	7,64 Aa	8,05 Aa	23,78 Ab	21,65 Bb	0,89 Bb	1,25 Ab
2,00	6,63 Bb	8,52 Aa	26,28 Ba	40,68 Aa	0,69 Bc	1,25 Ab
	Acúmulo de B (µg planta ⁻¹)			Acúmulo de P (mg planta ⁻¹)		
0,00	40,16 Bb		56,21 Ac		2,64 Ba 5,23 Aa	
0,25	39,03 Bb		55,31 Ac		3,22 Ba 4,20 Ab	
0,50	28,14 Bb		65,78 Ac		0,84 Bb 5,82 Aa	
1,00	80,66 Aa		86,95 Ab		3,03 Ba 5,02 Aa	
2,00	79,14 Ba		193,2 Aa		1,75 Bb 5,88 Aa	

Fonte: Da autora (2018).

*Letras minúsculas se referem à comparação entre as doses de B para cada dose de P, em que as médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ** Letras maiúsculas se referem à comparação entre doses de P para cada dose de B, em que médias seguidas por pelo menos uma mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Para o acúmulo de P, a maior absorção ocorreu no tratamento com a dose de 300 mg dm⁻³ de P, combinada com 2 mg dm⁻³ de B, sendo estatisticamente igual à absorção, quando se aplicaram apenas 300 mg dm⁻³ de P. Diferentemente, para o acúmulo de B, aumentou a absorção, conforme aumentou a dose desse nutriente juntamente com a dose de P; o maior acúmulo ocorreu no tratamento, aplicando-se a maior dose desses elementos minerais (300 mg dm⁻³ de P e 2 mg dm⁻³ de B).

4 CONCLUSÕES

Altas doses de fertilizante fosfatado promovem maior crescimento das mudas de baru.

A aplicação de B não interfere no desenvolvimento das mudas de baru.

O P atua sinergisticamente com o B, melhorando sua absorção e acúmulo destes nutrientes.

As doses de 300 mg dm^{-3} de P e de 1 mg dm^{-3} de B apresentaram-se como mais indicadas.

A aplicação de 300 mg dm^{-3} de P combinada a 2 mg dm^{-3} de B promove maior acúmulo de B e P na parte aérea das mudas.

A adubação fosfatada interfere no desenvolvimento e nutrição das mudas de baru.

Os teores e acúmulos de P e B são influenciados pela interação entre estes nutrientes.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 253-280.

BONI, T. S. et al. Avaliação comparativa do estado nutricional de mudas de baru (*Dipteryx alata*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 109-121, 2016.

CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 13-21, 2014.

DAVIDE, A. C. et al. Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. (Ed.). **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. Lavras: Ed. UFLA, 2015. p. 181-274.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 175 p.

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

DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos; EMBRAPA Produção de Informação, 2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FREIRE, J. C. et al. Métodos de aplicação de adubos na formação de mudas de *Eucalyptus grandis* F. Hill ex Maiden. **Silvicultura**, São Paulo, v. 14, p. 385-386, 1979.

FURTINI NETO, A. E. et al. Relação entre nutrição e doenças em espécies florestais. In: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. (Ed.). **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2014. p. 193-220.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. In: PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. (Ed.). **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri: Manole, 2006. p. 397-413.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

PAIVA SOBRINHO, S. et al. Substratos na produção de mudas de três espécies arbóreas do cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 2, p. 238-243, 2010.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Ed. UNESP, 2008. 407 p.

SILVA, D. S. N. et al. Growth and mineral nutrition of baru (*Dipteryx alata* Vogel) in nutrient solution. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1101-1106, 2016.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 149, p. 10-16, mar. 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

ANEXO A - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA INTERAÇÃO B E P

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para altura (H), diâmetro (D), relação altura/diâmetro (H/D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), número de folhas (NF), número de folíolos (NFo), teor e acúmulo (Acm) de nutrientes para mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de boro (B) e fósforo (P) aplicadas no solo.

FV	GL	QM												
		H	D	H/D	MSPA	MSR	MST	IQD	NF	NFo	Teor B	Teor P	Acm B	Acm P
Boro (B)	4	1,5166ns	1,2516**	0,2384ns	1,1614**	0,7293*	1,5668*	0,3559**	0,3125ns	27,1500ns	655,8779**	0,0328ns	12136,7970**	0,5815ns
Fósforo (P)	1	56,4062**	1,8922**	0,3802ns	16,6797**	0,8851ns	25,2492**	0,3802*	4,2250**	193,6000*	128,5222**	2,3136**	14490,9649**	86,0836**
B*P	4	5,7031ns	0,4516ns	0,2684ns	0,4015ns	0,5438ns	1,5381*	0,2285ns	0,2875ns	23,2250ns	99,9716**	0,5586**	3874,4652**	5,2274**
Erro	30	6,4017	0,2394	0,1617	0,1665	0,2262	0,5389	0,0562	0,3250	29,5500	1,1212	0,0223	97,6821	0,4175
CV %		14,61	7,49	15,05	11,09	12,63	9,86	11,58	9,70	12,61	5,53	15,13	13,64	17,17
Média		17,31	6,53	2,67	3,68	3,77	7,45	2,05	5,87	43,1	19,16	0,98	72,45	3,7635

Fonte: Da autora (2018).

¹Fonte de variação; ²Grau de liberdade; ³Coeficiente de variação; ⁴Média geral; ^{ns}Não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ^{**}Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, ^{*}Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. As unidades das médias são: altura (cm), diâmetro (mm), MSPA, MPR e MST (g), teor de P (g kg⁻¹), teor de B (mg kg⁻¹), acúmulo de P (mg planta⁻¹) e acúmulo de B (µg planta⁻¹).

CAPÍTULO 4 S NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE BARU EM CASA DE VEGETAÇÃO

RESUMO

O enxofre está diretamente ligado ao metabolismo do N e à formação de proteínas, porém há poucos estudos sobre seus efeitos em mudas de espécies florestais nativas do Cerrado. O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de S sob o crescimento inicial e a nutrição de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), em casa de vegetação, utilizando como substrato Latossolo Vermelho distrófico (LVd). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos que constituíram as doses (0, 25, 50, 75, 150, 225 e 300 mg dm⁻³ de S), na forma de sulfato de magnésio (MgSO₄), com quatro repetições e cada parcela (unidade experimental) constituída por uma planta por vaso. Aos noventa dias após a instalação do experimento, mediram-se as características morfológicas de altura da parte aérea, diâmetro do coleto e foram contabilizados os números de folhas e de folíolos. As plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e raiz para a pesagem e avaliação da massa seca produzida em cada tratamento. Posteriormente, as folhas foram lavadas, secas em estufa de circulação forçada de ar e analisadas quanto ao teor de nutrientes. Calcularam-se o índice de qualidade de mudas de Dickson, a relação altura/diâmetro e o acúmulo dos nutrientes avaliados. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias. A espécie *Dipteryx alata* é pouco exigente em S, na fase inicial de crescimento, quando cultivada em casa de vegetação com Latossolo Vermelho distrófico. A adubação com S interfere negativamente na nutrição das mudas, prejudicando a absorção e acúmulo dos macronutrientes P, K e Ca e dos micronutrientes B, Cu, Fe e Mn. A adubação com S não interfere no desenvolvimento de mudas de baru no viveiro. A adubação com S influencia no metabolismo do N em mudas de baru.

Palavras-chave: *Dipteryx alata*. Adubação. Espécie florestal nativa. Nutrição florestal.

ABSTRACT

The present study was carried out to evaluate the effect of different doses of S under initial growth and nutrition of baru (*Dipteryx alata* Vog.) Seedlings in a greenhouse, using as substratum Dystrophic Red Latosol (LVd). The experimental design was completely randomized, with seven treatments constituting the doses (0, 25, 50, 75, 150, 225 and 300 mg dm⁻³ of S) as magnesium sulphate (MgSO₄), with four replications and plot (experimental unit) consisting of one plant per pot, totaling 28 plots. Ninety days after the experiment was installed, the morphological characteristics of shoot height and leaflet diameter were measured, and leaf and leaflet numbers were counted. The plants were harvested and separated in aerial part and root for the weighing and evaluation of the dry mass produced in each treatment. Afterwards, the leaves were washed, dried in a forced circulation oven and analyzed for nutrient content. The Dickson seedling quality index, the height/diameter ratio and the accumulation of the nutrients evaluated were calculated. The obtained data were submitted to analysis of variance and test of means. The species *Dipteryx alata* is not very demanding in S, in the initial stage of growth, when cultivated in a greenhouse with dystrophic Red Latosol. Fertilization with S interferes negatively in seedling nutrition, impairing the absorption and accumulation of the macronutrients P, K and Ca and of the micronutrients B, Cu, Fe and Mn. Fertilization with S does not interfere with the development of baru seedlings in the nursery. Fertilization with S influences N metabolism in baru seedlings.

Key-words: *Dipteryx alata*. Fertilization. Native forest species. Forest nutrition.

1 INTRODUÇÃO

Em muitas plantas, as quantidades extraídas de S superam às de P. O S está diretamente ligado ao metabolismo do N na formação de proteínas de qualidade e apresenta efeitos na coloração, aroma e sabor das culturas (VITTI; HEIRINCHS, 2007).

Na planta, o S é absorvido, principalmente, pelas raízes e encontra-se na sua maior parte nas proteínas; os seus teores nas plantas variam de 0,1 a 0,5% da matéria seca (MARSCHNER, 2012). De acordo com Epstein e Bloom (2006), os sintomas de deficiência do S assemelham-se aos do N, com clorose nas folhas mais novas, baixo crescimento e redução no crescimento das raízes.

Os trabalhos, envolvendo respostas das espécies florestais nativas ao fornecimento de nutrientes, são escassos, mas têm sido observadas respostas do baru à calagem e à adubação com NPK em solos com restrições desses nutrientes (BONI et al., 2016; MIZOBATA; CASSIOLATO; MALTONI, 2017; SILVA, 2014; SOUSA, 2016).

Sousa (2016), avaliando a resposta de *D. alata* à limitação de nutrientes e a diferentes níveis de fertilização com N, P e K, concluiu que, na fase de formação das mudas, a espécie é pouco exigente em S. Todavia estudos referentes à adubação com S, como forma de garantir o estabelecimento das mudas de baru, são recomendáveis.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de S sobre o crescimento e a nutrição de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) em casa de vegetação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras-MG, Brasil (21° 14' S; 44° 00' W; 919 m). Como substrato, foi utilizado um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013), coletado no mesmo município, a uma profundidade de 0,20 a 0,40 m, evitando-se a camada mais fértil do solo.

Após a secagem ao ar, o solo foi peneirado e foi retirada uma amostra para análise física e química. O solo foi armazenado em sacos plásticos e depositados em vasos plásticos com capacidade de 6 dm³. Os vasos constituíram as parcelas que ficaram localizados sobre uma bancada, na casa de vegetação. Os fundos dos vasos foram vedados para evitar perda de nutrientes.

As análises físicas e químicas do solo foram determinadas, conforme Donagema et al. (2011) e Silva (2009) e apresentaram: teor de areia, 210 g kg⁻¹; silte, 120 g kg⁻¹; argila, 670 g kg⁻¹; pH em água, 5,4; matéria orgânica, 13,5 g kg⁻¹; P (Mehlich-1), 1,2 mg dm⁻³; K, 37 mg dm⁻³; Ca, 1,3 cmol_c dm⁻³; Mg, 0,3 cmol_c dm⁻³; Al, 0,1 cmol_c dm⁻³; H + Al, 2,3 cmol_c dm⁻³; Soma de Bases, 1,7 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva, 1,8 cmol_c dm⁻³; CTC pH 7, 4,0 cmol_c dm⁻³; saturação por bases, 44%; saturação por Al, 5%; Zn, 1,1 mg dm⁻³; Fe, 32,5 mg dm⁻³; Mn, 5,6 mg dm⁻³; Cu, 2,1 mg dm⁻³; B, 0,05 mg dm⁻³; S, 62,7 mg dm⁻³ e P-rem, 5,1 mg L⁻¹. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos (0, 25, 50, 75, 150, 225 e 300 mg dm⁻³ de S), na forma de sulfato de

magnésio (MgSO_4), com quatro repetições e cada parcela (unidade experimental) constituída por uma planta por vaso.

Com base na análise química do solo, foi realizada a calagem para elevar a saturação por bases a 60%, na proporção de 4:1, aplicando-se $0,26 \text{ g dm}^{-3}$ de carbonato de cálcio (CaCO_3) e $0,06 \text{ g dm}^{-3}$ de carbonato de magnésio (MgCO_3). Após incubação do solo por 30 dias, com umidade próxima a 60% do volume total de poros (VTP) (FREIRE et al., 1979), a irrigação foi realizada pelo controle de água no solo, aferida diariamente por pesagem e completando-se o peso com água deionizada (CARLOS et al., 2014).

Juntamente com a aplicação dos tratamentos com S, foi realizada a adubação básica, aplicando-se 300 mg dm^{-3} de P, fornecido na forma de superfosfato triplo (42% de P_2O_5). Em cada vaso foram colocadas para germinar três sementes de baru.

As sementes de baru foram coletadas de árvores matrizes presentes no campus da UFLA. Essas sementes são ortodoxas, e a germinação ocorre entre 7 a 14 dias (DAVIDE; SILVA, 2008).

A aplicação de N, na forma de ureia ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$), em cobertura, foi parcelada em três aplicações, aos 20, 50 e 80 dias após a germinação (DAG), na dose de 50 mg dm^{-3} de N. Concomitantemente às doses de N, foi aplicado o K fornecido na forma de cloreto de potássio (KCl) (58% de K_2O), em solução, na dose de $0,56 \text{ g dm}^{-3}$ de K. Aos 60 dias após a germinação, foi realizada aplicação em solução dos micronutrientes B, Zn e Mn, fornecidos na forma de ácido bórico (H_3BO_3) (17% de B), na dose de $0,24 \text{ g dm}^{-3}$ de B; sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (20% de Zn), na dose de $0,22 \text{ g dm}^{-3}$ de Zn; e sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (26% Mn), na dose de $0,18 \text{ g dm}^{-3}$ de Mn.

Durante a condução do experimento, o controle fitossanitário foi realizado, por meio da pulverização de acaricidas e fungicidas, quando necessário, segundo as recomendações do manejo integrado de pragas e doenças.

Aos 90 dias após a instalação do experimento, foram realizadas as avaliações biométricas: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), número de folhas (NF) e número de folíolos (NFo).

Ao final do experimento, o material vegetal foi colhido, separadas as partes aérea e sistema radicular, lavadas em água corrente e água deionizada, armazenadas em embalagem de papel e, posteriormente, seco em estufa de circulação forçada de ar, com a temperatura de 65 °C até atingir peso constante (aproximadamente, 72h).

Após secagem, o material foi pesado em balança de precisão (0,01 g), para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR) e massa seca total (MST). Juntamente com esses dados, calculou-se a relação massa seca de raiz/massa seca de parte aérea (R/PA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960). O IQD foi obtido pela fórmula:
$$IQD = MST_{(g)} / [(H_{(cm)} / D_{(mm)}) + (MSPA_{(g)} / MSR_{(g)})].$$

Após pesagem, o material oriundo da parte aérea da planta foi moído em moinho tipo Wiley e foram realizadas análises químicas, para determinação dos teores dos nutrientes, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. A partir dos resultados obtidos, calculou-se o acúmulo dos nutrientes na parte aérea.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. As análises foram realizadas por meio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento

A adição de S, mesmo em pequenas quantidades (doses), prejudicou o desenvolvimento das mudas de baru (TABELA 1).

Tabela 1 - Valores médios de diâmetro (D), altura (H), relação altura/diâmetro (H/D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) para mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de S aplicadas no solo.

S (mg dm ⁻³)	D (mm)	H (cm)	H/D	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
0	6,90 a	16,18 a	2,35 b	2,85 a	3,26 a	6,10 a	1,90 a
25	6,90 a	14,18 b	2,05 c	2,87 a	2,47 b	5,35 a	1,65 b
50	5,85 c	14,33 b	2,48 b	2,69 a	2,27 b	4,96 b	1,35 c
75	5,23 d	13,15 b	2,53 b	2,23 b	2,47 b	4,70 b	1,38 c
150	5,63 c	13,55 b	2,38 b	2,08 b	2,17 b	4,25 b	1,28 c
225	4,65 d	13,83 b	3,00 a	1,96 b	2,26 b	4,23 b	1,10 c
300	6,13 b	12,50 b	2,05 c	2,04 b	2,20 b	4,24 b	1,45 c

Fonte: Da autora (2018).

* médias seguidas por uma mesma letra, na vertical, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Davide et al. (2015) sugerem que o valor de 3 mm de diâmetro poderia ser considerado como um padrão mínimo, para todas as espécies florestais nativas avaliadas, ao final do processo de produção de mudas. Logo, no período avaliado no presente estudo, ou seja, aos 90 dias, as mudas de baru ultrapassaram esse valor sugerido e responderam à adubação sulfatada.

Para as variáveis altura, massa seca da raiz e IQD, constatou-se que as doses de S promoveram redução no crescimento das mudas quando comparadas ao tratamento sem a aplicação desse nutriente.

Paiva Sobrinho et al. (2010) apresentaram valor de IQD de 1,78, para essa mesma espécie nativa do Cerrado, aos 120 dias de produção das mudas em saco plástico. Assim, no período avaliado no presente estudo (90 dias), as mudas de baru só ultrapassaram esse valor do índice quando não foi aplicada adubação.

Observa-se que, para a relação altura e diâmetro das mudas de baru, houve diferença entre os tratamentos para essa variável (TABELA 1), pois o maior valor encontrado foi na dose de 225 mg dm^{-3} de S.

3.2 Nutrição das mudas de baru

A adição de doses crescentes de S não influenciou nos teores de N na MSPA (TABELA 2). Os teores de P foram maiores na ausência do S, e os teores de K foram similares até a dose de 50 mg dm^{-3} de S. De modo similar ao P, os teores de Ca foram prejudicados pela adição do S.

Embora a adição de S tenha prejudicado N, P, K e Ca, destaca-se que foi benéfica ao Mg. Há de se destacar que apenas quando se aplicaram altas doses de S é que houve aumento nos teores de S. A concentração externa de íons é um dos fatores que afeta a absorção iônica radicular (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012).

Tabela 2 - Valores médios do teor de macronutrientes em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de S aplicadas no solo.

S (mg dm ⁻³)	Massa seca (g)	Teores (g kg ⁻¹)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	
0	2,85	23,70 a	0,99 a	1,26 a	10,29 a	1,98 d	1,34 d	
25	2,87	22,45 a	0,67 b	1,24 a	8,27 b	2,23 d	1,29 d	
50	2,69	20,32 a	0,77 a	1,20 a	7,70 c	3,45 c	1,27 d	
75	2,23	20,52 a	0,48 b	1,12 b	6,7 c	3,73 c	1,63 d	
150	2,08	23,27 a	0,50 b	1,09 b	6,42 c	5,84 b	2,29 c	
225	1,96	26,42 a	0,61 b	1,16 b	6,90 c	6,21 b	2,92 b	
300	2,04	25,72 a	0,62 b	1,10 b	5,42 d	7,53 a	3,74 a	
CV(%)		11,04	26,62	4,82	10,45	15,62	23,34	

Fonte: Da autora (2018).

* médias seguidas por uma mesma letra, na vertical, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Jones Júnior, Wolf e Mills (1991) salientam que, quando o S se torna limitante, o teor de N tende a aumentar. Porém os resultados demonstraram que, apesar de ter havido diminuição no teor de N na planta de baru, no tratamento sem aplicação de S, a quantidade absorvida foi a mesma. Isso ocorreu pelo fato de a matéria seca ter aumentado nesse tratamento, em relação aos tratamentos com aplicação de S, resultando no efeito de diluição do N (TABELA 3).

No teor e acúmulo de Mg, a absorção aumentou, conforme se acresceu a dose de S, sendo a maior absorção no tratamento em que se aplicou a maior dose (300 mg dm⁻³ de S) (TABELAS 2 e 3).

Tabela 3 - Valores médios do acúmulo de macronutrientes em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de S aplicadas no solo.

S (mg dm ⁻³)	Massa seca (g)	Acúmulos (mg planta ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
0	2,85	67,18 a	2,87 a	3,57 a	29,19 a	5,52 b	3,85 c
25	2,87	63,88 a	1,98 a	3,55 a	23,82 b	6,45 b	3,72 c
50	2,69	54,59 a	2,07 a	3,22 a	20,84 b	9,32 b	3,41 c
75	2,23	45,76 a	1,07 b	2,48 b	14,88 c	8,34 b	3,62 c
150	2,08	49,46 a	1,03 b	2,25 b	13,39 c	12,13 a	4,71 c
225	1,96	52,11 a	1,2 b	2,28 b	13,32 c	12,14 a	5,73 b
300	2,04	52,57 a	1,26 b	2,24 b	11,09 c	15,43 a	7,67 a
CV(%)		19,82	36,85	15,41	19,05	22,90	27,95

Fonte: Da autora (2018).

* médias seguidas por uma mesma letra, na vertical, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Quanto aos teores e acúmulos de P, K e Ca, houve redução nos teores desses elementos, conforme aumentou a dose de S. Malavolta (2006), porém apresenta que o teor de P na folha está relacionado com o de S e vice-versa, pois a concentração de P nas proteínas, que varia entre 0,5 e 3, é, provavelmente, responsável pela relação entre esses elementos.

Para o teor e acúmulo de B (TABELAS 4 e 5), ocorreu significativa variação quanto à sua absorção, sendo a maior absorção, para teor no tratamento de maior dose aplicada (300 mg dm⁻³ de S), não diferindo estatisticamente do tratamento controle. Diferentemente, Malavolta (2006) verificou que, em plantas ornamentais anuais, o S diminuiu o teor de B.

Tabela 4 - Valores médios do teor de micronutrientes em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de enxofre aplicadas no solo.

Doses S (mg dm ⁻³)	Massa seca (g)	Teores (mg kg ⁻¹)							
		B		Fe		Mn		Zn	
0	2,85	18,18	a	2365,00	a	75,11	a	13,87	b
25	2,87	15,03	b	1991,72	a	64,20	b	11,82	b
50	2,69	12,43	b	1352,66	a	44,84	c	11,17	b
75	2,23	13,75	b	2680,94	a	36,53	c	11,57	b
150	2,08	16,55	a	1057,60	a	30,55	d	12,32	b
225	1,96	13,43	b	229,46	a	29,68	d	11,25	b
300	2,04	19,63	a	89,82	a	28,49	d	16,95	a
CV(%)		19,77		112,56		15,99		15,51	

Fonte: Da autora (2018).

* médias seguidas por uma mesma letra, na vertical, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Para o teor e acúmulo de Cu e Mn, ocorreu diminuição quanto à absorção desses nutrientes, conforme se aumentou a dose de S aplicada.

Tabela 5 - Valores médios do acúmulo de micronutrientes em mudas de *Dipteryx alata* submetidas às doses de enxofre aplicadas no solo.

Doses S (mg dm ⁻³)	Massa seca (g)	Acúmulos (µg planta ⁻¹)							
		B		Fe		Mn		Zn	
S0	2,85	50,76	a	7411,29	a	209,07	a	39,57	a
S25	2,87	42,83	a	6004,06	a	183,80	a	34,00	a
S50	2,69	33,34	b	3595,63	a	120,79	b	29,85	b
S75	2,23	30,44	b	6091,88	a	81,83	c	25,77	b
S150	2,08	33,98	b	2085,53	a	61,73	c	25,09	b
S225	1,96	26,32	b	436,95	a	56,57	c	21,85	b
S300	2,04	40,07	a	183,08	a	58,17	c	34,61	a
CV(%)		20,46		127,77		17,13		20,28	

Fonte: Da autora (2018).

* médias seguidas por uma mesma letra, na vertical, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Malavolta (2006) esclarece que ocorrem efeitos variáveis em ensaios, em que, em geral, a adubação com fontes de S aumenta os teores de Mn, citando o exemplo da adição de S elevando o teor de Mn em folhas novas e velhas de cafeeiro.

4 CONCLUSÕES

A espécie *Dipteryx alata* é pouco exigente em S, na fase inicial de crescimento, quando cultivada em casa de vegetação com Latossolo Vermelho distrófico.

A adubação com S interfere negativamente na nutrição das mudas, prejudicando a absorção e acúmulo dos macronutrientes P, K e Ca e dos micronutrientes B, Cu, Fe e Mn.

A adubação com S não interfere no desenvolvimento de mudas de baru no viveiro.

A adubação com S influencia no metabolismo do N em mudas de baru.

REFERÊNCIAS

- BONI, T. S. et al. Avaliação comparativa do estado nutricional de mudas de baru (*Dipteryx alata*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 109-121, 2016.
- CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 13-21, 2014.
- DAVIDE, A. C. et al. Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. (Ed.). **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. Lavras: Ed. UFLA, 2015. p. 181-274.
- DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 175 p.
- DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 36, p. 10-13, 1960.
- DONAGEMMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 230 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos; EMBRAPA Produção de Informação, 2013.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FREIRE, J. C. et al. Métodos de aplicação de adubos na formação de mudas de *Eucalyptus grandis* F. Hill ex Maiden. **Silvicultura**, São Paulo, v. 14, p. 385-386, 1979.

JONES JÚNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro, 1991.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. London: Academic, 2012. 889 p.

MIZOBATA, K. K. G. S.; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. L. Crescimento de mudas de baru e gonçalo-alves em solo degradado, suplementado com resíduo, em Ilha Solteira - SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 429-444, 2017.

PAIVA SOBRINHO, S. et al. Substratos na produção de mudas de três espécies arbóreas do cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 2, p. 238-243, 2010.

SILVA, D. S. N. **Nutrição mineral do Baru (*Dipteryx alata* Vogel) em solução nutritiva: calagem e adubação fosfatada no campo**. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009.

SOUSA, F. F. **Aspectos nutricionais do baru (*Dipteryx alata* Vog.) em casa de vegetação e em campo**. 2016. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

VITTI, G. C.; HEIRINCHS, R. Formas tradicionais e alternativas de obtenção e utilização do nitrogênio e do enxofre: uma visão holística. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p. 109-160.

**CAPÍTULO 5 CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO
DESENVOLVIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO BARU
(*Dipteryx alata* VOG.) EM CAMPO**

RESUMO

As práticas de calagem e adubação fosfatada são fundamentais em todas as atividades agropecuárias, no entanto existem poucos estudos sobre estas práticas na implantação de espécies florestais nativas. No presente trabalho, foi avaliado o desenvolvimento e a nutrição de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) no campo, dos 48 aos 70 meses, sob efeito de calagem e adubação fosfatada superficial. Os experimentos foram desenvolvidos na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG Sul de Minas - Unidade do Farias), no município de Lavras - MG, em Cambissolo Háplico Tb eutrófico. Foram implantados dois experimentos a campo, com o propósito de avaliar o desenvolvimento das plantas com 4 anos e submetidas a novas aplicações de calcário e fertilizante fosfatado. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, sendo testados: quatro níveis de calagem em três blocos. Utilizou-se calcário visando elevar a Saturação por bases (V%) natural do solo de 6,7, para 35, 55 e 75%. No outro experimento, testaram-se cinco dosagens de fósforo (0, 10, 20, 40 e 80 g cova⁻¹ de P₂O₅) em três blocos. As avaliações da altura total e diâmetro do caule, na altura do solo, ocorreram aos 48, 54, 60 e 70 meses. Aos 70 meses após o plantio, coletaram-se folhas recém-maduras do terço superior das plantas, num total de 12 amostras para o experimento de calagem e 15 amostras para o experimento com doses de P. Posteriormente, as folhas foram lavadas, secas e analisadas quanto ao teor de nutrientes no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Foi feita a análise de variância e regressão entre dosagens e as variáveis dos dados coletados. Realizaram-se as análises com auxílio do programa computacional Sisvar. A reaplicação de calcário melhora o desenvolvimento das plantas de baru, mas não interfere na sua nutrição. No desenvolvimento inicial no campo, as plantas de baru, aos 70 meses, apresentaram baixo requerimento de cálcio e magnésio após nova calagem. A dose de 40 g planta⁻¹ de P₂O₅ proporciona maior desenvolvimento das plantas de baru aos 54, 60 e 70 meses após reaplicação da adubação fosfatada. A reaplicação do fertilizante fosfatado promove ganhos na absorção de S.

Palavras-chave: Silvicultura. Nutrição florestal. Fósforo.

ABSTRACT

The development and nutrition of baru plants (*Dipteryx alata* Vog.) in the field, from 48 to 70 months, under the effect of new applications of liming and phosphate fertilization were analyzed. The experiments were carried out at the Experimental Farm of the Agricultural Research Company of Minas Gerais (EPAMIG South of Minas - Farias Unit), in the municipality of Lavras - MG, in a clayey Oxisol. The experimental design was in blocks, and four liming doses in three blocks were used, aiming to raise Saturation by natural bases (V%) of the soil of 6.7, to 35, 55 and 75%. In the other experiment, five phosphate dosages (0, 10, 20, 40 and 80 g of cova⁻¹ P₂O₅) were tested in three blocks. The evaluations of total height and stem diameter at soil height occurred at 48, 54, 60 and 70 months. After 70 months after planting, is collected recently matured leaves of the upper third of the plants, a total of 12 samples for the setting of experiment and the experiment for 15 samples with doses of P. Subsequently, the leaves were washed, dried and analyzed in terms of nutrient content in the Laboratory of Mineral Nutrition of Plants of the Department of Soil Science of the Federal University of Lavras. The analysis of variance was done and regression was performed between dosages and the data variables collected. The analyzes were carried out using the Sisvar software. The reapplication of limestone improves the development of baru plants, but does not interfere with their nutrition. In the initial development in the field the plants of baru at 70 months presented low requirement of calcium and magnesium after new liming. The dose of 40 g plant⁻¹ of P₂O₅ provides greater development of baru plants at 54, 60 and 70 months after reapplication of phosphate fertilization. Reapplication of phosphate fertilizer promotes gains in the uptake of S.

Key-words: Silviculture. Forest nutrition. Phosphorus.

1 INTRODUÇÃO

O avanço no conhecimento sobre as demandas nutricionais de espécies florestais nativas e seu desenvolvimento, para várias finalidades, é de fundamental importância, mas ainda há lacunas de informações. São ainda raros e necessários os estudos nas condições de campo, cujos resultados, envolvendo interação de diversos fatores ambientais, têm o potencial de promover respostas mais próximas do que ocorre na aplicação prática (SCHEER et al., 2017).

Respostas positivas à aplicação de calagem e de adubação têm sido registradas por alguns autores, para mudas de espécies florestais nativas do Cerrado, como, por exemplo, para o gonçalo-alves, o pequi e o barbatimão (CARLOS et al., 2013, 2014; MIZOBATA; CASSIOLATO; MALTONI, 2017; VALADARES et al., 2015).

Uma das espécies frutíferas nativas do Cerrado mais promissoras para cultivo, em razão do seu uso múltiplo, alta taxa de germinação de sementes e de fácil estabelecimento inicial, é o baru (*Dipteryx alata* Vog.). O uso do baru pode ser viável em áreas a serem recuperadas, em plantios em reservas legais e em áreas de proteção ambiental.

A dose ótima de um nutriente, para determinada espécie florestal, não necessariamente é a dose ideal para outras e, geralmente, pode promover o decréscimo da taxa de crescimento (DUARTE et al., 2015).

Desta forma, este trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento e a nutrição de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) no campo, dos 48 aos 70 meses, em função de novas aplicações de calagem e adubação fosfatada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização, caracterização da área de estudo e plantio de *Dipteryx alata*

Os trabalhos foram instalados e conduzidos na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG Sul de Minas - Unidade do Farias), situada no município de Lavras - MG, nas coordenadas geográficas 21° 21'29"S e 45° 06'52"W (SILVA, 2014), numa altitude de 871 m, em Cambissolo Háplico Tb eutrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013). O clima da região, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), é Cwb. A precipitação local é em torno de 1.530 mm anuais, a temperatura média anual de 19,4°C e a umidade relativa média anual de 76,2% (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Em 2010, as sementes foram coletadas na região de ocorrência natural da espécie, no Noroeste do estado de Minas Gerais, na cidade de Paracatu e região. As mudas foram produzidas no Viveiro Florestal do Departamento do Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em tubetes de 100 cm³, com o tempo de formação das mudas de 12 meses e levadas ao campo com altura de, aproximadamente, 20 cm, conforme recomendação de Davide e Silva (2008). Em dezembro de 2011, as mudas foram plantadas em campo no arranjo de 2,5 metros nas entrelinhas e de 1,5 metros de distância entre plantas; espaçamento de 3,75 m² (SILVA, 2014).

O solo foi amostrado antes do plantio (SILVA, 2014) e, também, após 47 meses de implantação, na profundidade de 0 a 20 cm, analisado segundo EMBRAPA (1997) e Silva (2009), para avaliação potencial da fertilidade do solo da área. Conforme os resultados das análises (TABELA 1) e os resultados de experimentos de casa de vegetação (SILVA, 2014; SILVA et al., 2016;

SOUSA, 2016), foram realizados os cálculos e definidas as práticas a serem adotadas e as doses dos fertilizantes a serem reaplicadas.

Tabela 1 - Características químicas e físicas das amostras de solo da área experimental antes do plantio de *Dipteryx alata* Vogel e após 47 meses da implantação, em Lavras, MG.

Atributos	Solo natural (antes do plantio) ¹	Solo adubado (após 47 meses da implantação) ²				
		Calagem T1	Calagem T2	Calagem T3	Calagem T4	Ad. Fosfatada
pH (H ₂ O)	4,7	4,4	4,7	4,8	5,9	5,2
P (mg dm ⁻³)	1,0	1,4	2,0	1,7	0,8	1,1
K (mg dm ⁻³)	54	56	62	60	56	60
Ca ²⁺ (cmol _c dm ³)	0,1	0,2	0,9	0,8	1,9	1,2
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,02	0,3	0,4	0,7	0,5
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,2	1,3	0,5	0,7	0,1	0,3
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,5	5,3	3,8	4,8	2,4	3,3
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,3	0,4	1,4	1,3	2,7	1,8
(t) (cmol _c dm ⁻³)	1,5	1,7	1,9	2,0	2,8	2,1
(T) (cmol _c dm ⁻³)	4,8	5,7	5,2	6,1	5,1	5,1
V (%)	6,7	6,6	26,4	21,7	53,9	35
m (%)	80	77,8	26,7	34,6	34,8	14,0
MO (g kg ⁻¹)	27	26	29	31	26	24
P-rem (mg L ⁻¹)	16	14,2	16,9	13,3	16,9	14,2
Zn (mg dm ⁻³)	0,5	0,4	0,1	0,1	0,9	0,9
Fe (mg dm ⁻³)	34,3	81,9	63,0	68,5	52,2	49,2
Mn (mg dm ⁻³)	1,9	1,3	1,9	1,7	2,3	1,5
Cu (mg dm ⁻³)	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,0
B (mg dm ⁻³)	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
S (mg dm ⁻³)	20,7	9,1	11,2	12,1	13,1	13,1
Areia (g kg ⁻¹)	130	-	-	-	-	-
Silte (g kg ⁻¹)	290	-	-	-	-	-
Argila (g kg ⁻¹)	580	-	-	-	-	-

Fonte: Da autora (2018).

¹ Análise do solo de Silva (2014). ² Análise de solo do experimento do Fosfato. Calagem na Implantação - Calagem T1: Saturação por bases original do solo; Calagem T2: elevação da saturação por bases a 35%; Calagem T3: Elevação da saturação por bases a 55%; Calagem T4: Elevação da saturação por bases a 75%.

Em dezembro de 2011, as mudas foram plantadas em campo, com o propósito de avaliar o crescimento de *Dipteryx alata* submetido a doses de calcário e fertilizante fosfatado (SILVA, 2014).

O preparo da área de plantio foi realizado com aração, calagem em área total, no experimento com níveis de P; utilizou-se calcário dolomítico para elevação da saturação por bases a 60%, ou seja, 2,4 t ha⁻¹ e gradagem. O calcário foi incorporado, na camada de 0-20 cm de profundidade, logo após, foram abertos os sulcos para o plantio das mudas.

A adubação básica seguiu as recomendações adaptadas de Gonçalves (1995), aplicando-se: 22,5 g de N, 40 g de P₂O₅, 30 g de K₂O, e 1 g de B, 1 g de Zn, 0,5 g de Cu e 0,1 g de Mo por planta. O P foi aplicado, na cova de plantio, os micronutrientes foram aplicados junto com a primeira cobertura, N e K foram aplicados em três parcelas mensais.

2.2 Instalação dos experimentos de Reaplicação

Foram implantados dois experimentos em campo, com o propósito de avaliar o desenvolvimento das plantas de *D. alata* com 4 anos e submetidas a novas aplicações de calcário e fertilizante fosfatado.

2.3 Reaplicação da calagem em *Dipteryx alata*

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, com três doses de calcário dolomítico e três blocos, visando elevar a saturação por bases (V%) natural do solo de 6,7 para 35, 55 e 75%. Cada parcela foi composta por duas linhas de plantio com arranjo de 2,5 metros entre linhas e 1,5 metros entre as plantas, num total de 8 plantas por parcela. Os tratamentos foram constituídos por: T1 = 0 t ha⁻¹; T2 = 1,7 t ha⁻¹; T3 = 2,3 t ha⁻¹;

e T4 = 0,3 t ha⁻¹. A reaplicação do calcário foi realizada a lanço, quando as árvores completaram 48 meses de idade.

Realizou-se adubação de cobertura com: N, na forma de ureia ((NH₂)₂CO), na dose de 41,6 g planta⁻¹; P na forma de superfosfato triplo (42% de P₂O₅), dose de 100 g planta⁻¹; K na forma de cloreto de potássio (KCl), dose de 18,75 g planta⁻¹; e os micronutrientes B e Zn, fornecidos na forma de ácido bórico (H₃BO₃), dose de 0,56 g planta⁻¹ e sulfato de zinco (ZnSO₄.7H₂O), na dose de 0,94 g planta⁻¹, aplicados na forma de filete contínuo, no momento da reaplicação da calagem.

2.4 Reaplicação de doses de Fósforo em *Dipteryx alata*

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com cinco dosagens (0, 10, 20, 40 e 80 g cova⁻¹ de P₂O₅) e três blocos. Cada parcela foi composta por duas linhas de plantio com arranjo de 2,5 metros entre linhas e 1,5 metros entre as plantas, num total de seis plantas por parcela. Foi realizada reaplicação da calagem a lanço, em área total (utilizando calcário dolomítico para elevação da saturação por bases (V%) do solo de 36,1 para 60%, ou seja, 1,22 t/ha para essa área).

Os tratamentos foram constituídos por: T1: 0 g planta⁻¹ de P₂O₅ (controle); T 2: 10 g planta⁻¹ de P₂O₅; T 3: 20 g planta⁻¹ de P₂O₅; T 4: 40 g planta⁻¹ de P₂O₅; e T 5: 80 g planta⁻¹ de P₂O₅. A reaplicação dessas doses de P, na forma de superfosfato triplo (42% de P₂O₅), foi realizada na forma de filete contínuo, quando as árvores atingiram 48 meses de idade.

Realizou-se, também, uma adubação de cobertura com: N na forma de ureia ((NH₂)₂CO), na dose de 41,6 g planta⁻¹; K na forma de cloreto de potássio (KCl), dose de 18,75 g planta⁻¹; e os micronutrientes B e Zn, fornecidos na forma de ácido bórico (H₃BO₃), dose de 0,56 g planta⁻¹ e sulfato de zinco

($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), na dose de $0,94 \text{ g planta}^{-1}$, aplicados no momento da reaplicação das doses de fósforo.

2.5 Características avaliadas

Para avaliar o desenvolvimento das plantas de *D. alata*, foram realizadas as avaliações biométricas: altura total (m), medida a partir do solo; diâmetro do caule na altura do solo (mm). Essas avaliações foram realizadas aos 48, 54, 60 e 70 meses após o plantio.

Avaliou-se também, nesses experimentos, o estatus nutricional das plantas por meio de diagnose foliar. Aos setenta meses após o plantio, ou seja, vinte e dois meses após a reaplicação da calagem e da adubação fosfatada, coletaram-se folhas recém-maduras do terço superior de cada planta, conforme sugerido para seringueira (*Hevea brasiliensis*) e eucalipto por Martinez, Carvalho e Souza (1999), num total de 12 amostras para o experimento de calagem e 15 amostras para o experimento com doses de P.

As folhas foram armazenadas em embalagem de papel, lavadas em água deionizada e postas a secar em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 65°C até atingir massa constante (aproximadamente, 72h). Após a secagem, as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley. Esse material foi analisado quimicamente no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, seguindo a metodologia descrita por Malavolta (2006) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias avaliadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade do erro e análise de regressão. As análises foram realizadas por meio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

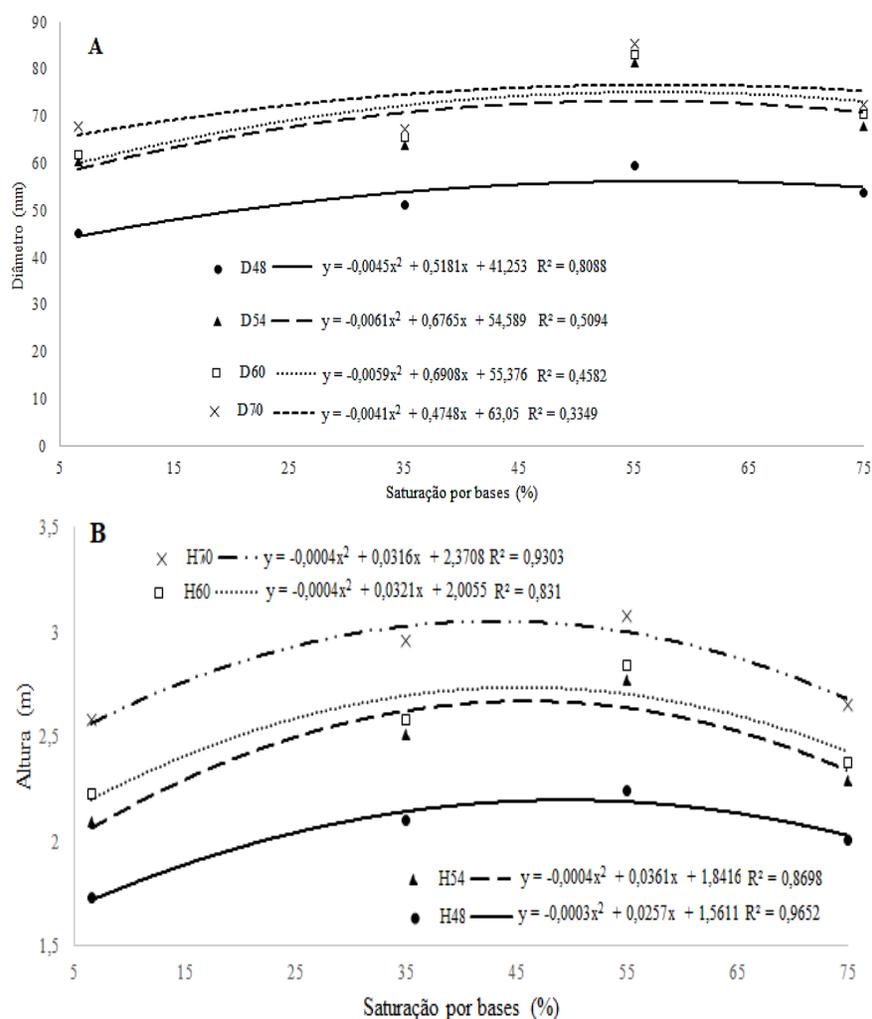
O desenvolvimento das plantas de baru apresentou comportamento diferenciado, de acordo com o tratamento adotado e com a dose de P aplicada, conforme apresentado a seguir.

3.1 Efeito da reaplicação de Calagem em *D. alata* no campo

Aos 70 meses após o plantio, verificou-se que o baru apresentou resposta em diâmetro do caule e altura, em decorrência da elevação da saturação por bases no solo (FIGURA 1). Os valores de diâmetro do caule e altura das plantas ajustaram-se a modelos quadráticos.

Conforme a Figura 1, o maior diâmetro e a maior altura aos 70 meses após o plantio foram encontrados, na saturação por bases de 55%, atingindo valores médios estimados de 85,22 mm e 3,08 cm, respectivamente.

Figura 1 - Saturação de bases e desenvolvimento em diâmetro (cm) (A) e altura (m) (B) das plantas de baru dos 48 aos 70 meses após plantio.



Fonte: Da autora (2018).

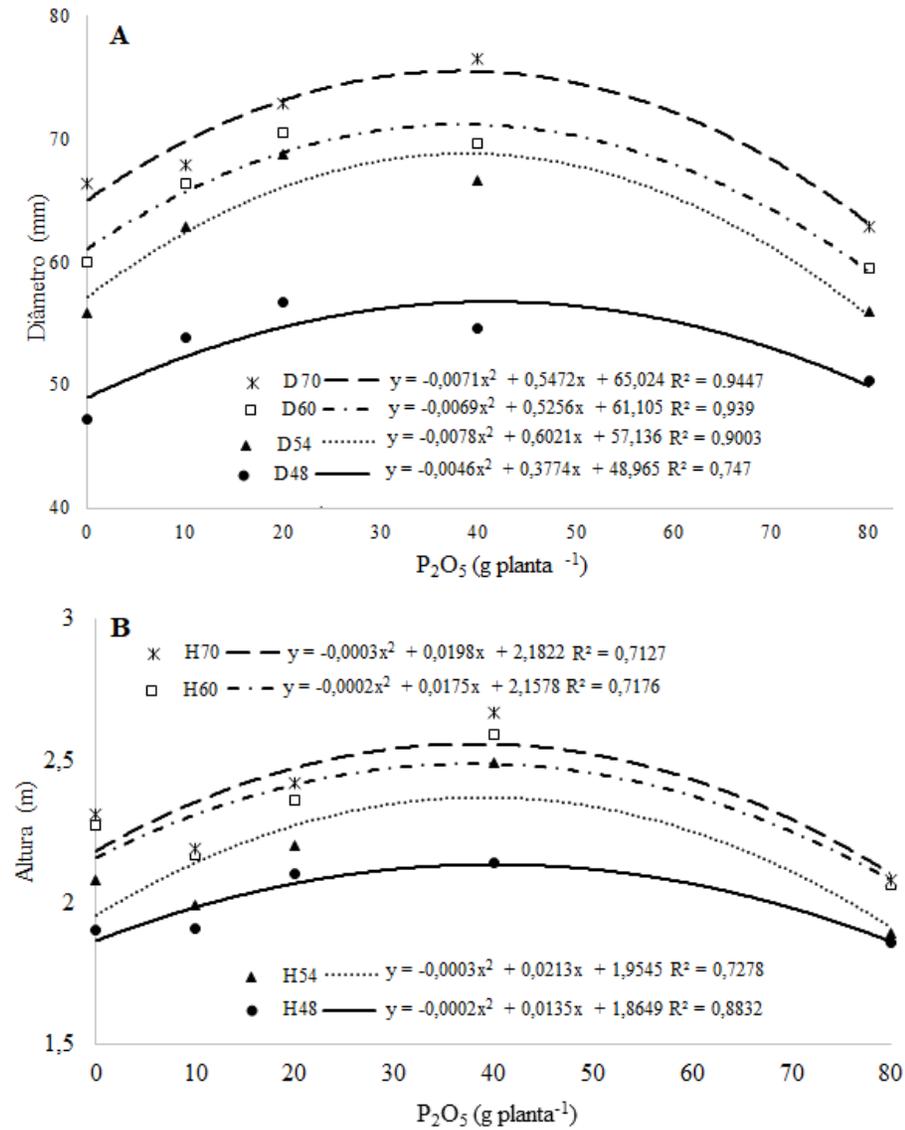
No desenvolvimento das plantas, o Ca é fundamental, principalmente, por ter sua função associada ao crescimento de raízes. Assim, é importante, para promover o desenvolvimento da planta como um todo, como pôde ser observado na Figura 1, nas plantas de baru quando da ausência da aplicação da calagem.

3.2 Efeito da reaplicação da adubação fosfatada sobre o desenvolvimento de *Dipteryx. alata* no campo

Aos 70 meses após o plantio, verificou-se que o baru apresentou resposta em diâmetro do caule e altura, em decorrência da adubação fosfatada no solo (FIGURA 2). Os valores de diâmetro do caule e altura das plantas ajustaram-se a modelos quadráticos.

Conforme a Figura 2, o maior diâmetro e a maior altura, aos 70 meses após o plantio, foram encontrados na dose de 40 g planta⁻¹ de P₂O₅, atingindo valores médios estimados de 76,50 mm e 2,67 cm, respectivamente. Verificou-se que a dose de 40 g planta⁻¹ de P₂O₅ propiciou o maior desenvolvimento das plantas de baru, para altura e diâmetro, independente da época de avaliação (aos 54, 60 e 70 meses).

Figura 2 - Adubação fosfatada e desenvolvimento em diâmetro (mm) (A) e altura (m) (B) das plantas de baru dos 48 até 72 meses após plantio.



Fonte: Da autora (2018).

Sousa (2016) verificou que a altura de plantas de baru e o diâmetro do colo à altura do solo, aos 12, 18, 24 e 30 meses após o plantio, não foram afetados pela aplicação de doses de P.

Martinotto et al. (2012), avaliando o crescimento inicial do baru, em monocultivo, com adubação fosfatada (200 g cova⁻¹ de superfosfato simples), ressaltou que o baru apresentou crescimento mais lento, não encontrada diferença estatística, sendo o diâmetro aos 18 meses de 10,4 mm; e para altura no mesmo período de 41 cm.

Ainda que existam poucos estudos com baru, Carlos (2013), também, avaliou a resposta da espécie florestal nativa jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) à adubação fosfatada. Esse autor obteve resposta quadrática, para as características altura e diâmetro, cujas doses estimadas, para obtenção maior dos valores destas características, aos seis e doze meses, variando entre 39,5 e 47,8 g cova⁻¹ de P₂O₅.

3.3 Aspectos nutricionais das plantas de baru

Silva (2014) observou diferenças significativas entre os teores de N, K e S, em razão das diferentes saturações por bases, aos 12 meses após o plantio (TABELA 2). Constatou-se que os teores de N e K reduziram, enquanto os teores de S aumentaram e, para os teores de P, Ca e Mg, não observou diferenças significativas para os tratamentos no experimento de calagem. Contudo, nesta pesquisa, aos 70 meses após o plantio, não se constataram diferenças significativas para os tratamentos analisados.

Favare, Guerrini e Backes (2012) avaliaram o efeito da elevação da saturação por bases do solo sobre o desenvolvimento inicial da teca (*Tectona grandis* L.f.) e constataram que a correção do solo favoreceu todas as

características de crescimento avaliadas nas plantas de teca; e a calagem afetou positivamente a absorção de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu e Fe.

Tabela 2 - Teor de macronutrientes em plantas de *Dipteryx alata* sob efeito de níveis de calagem em campo, aos 15 e aos 70 meses.

Saturação V(%)	Teores (g kg ⁻¹) aos 15 meses					
	N	P	K	Ca	Mg	S
6,7	1,99 a	0,14 a	1,60 a	0,21 a	0,09 a	0,07 b
35	1,73 b	0,13 a	1,56 a	0,29 a	0,11 a	0,08 b
55	1,62 b	0,12 a	1,45 a	0,33 a	0,12 a	0,13 a
75	1,77 b	0,13 a	0,86 b	0,39 a	0,14 a	0,17 a
CV (%)	4,97	6,58	18,19	20,34	9,69	22,38
	Teores (g kg ⁻¹) aos 70 meses					
	N	P	K	Ca	Mg	S
6,7	22,3 a	1,83 a	5,49 a	4,30 a	1,55 a	1,77 a
35	28,5 a	2,33 a	4,99 a	4,48 a	1,52 a	1,73 a
55	28,3 a	1,97 a	4,68 a	5,25 a	1,58 a	1,57 a
75	23,2 a	1,82 a	4,71 a	5,86 a	1,53 a	1,29 a
CV (%)	23,36	11,95	15,26	16,40	18,79	13,97

Fonte: Silva et al. (2018) adaptado pela autora.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

Ao se analisar o teor de micronutriente nas plantas de Baru sob efeito de níveis de calagem, aos 12 meses após o plantio, Silva (2014) verificou que houve diferença significativa somente para o teor de B. E, aos 70 meses após o plantio, não se constataram diferenças significativas para os tratamentos analisados (TABELA 3).

Tabela 3 - Teor de micronutrientes em plantas de *Dipteryx alata* sob efeito de níveis de calagem em campo, aos 15 e aos 70 meses.

Saturação V(%)	Teores (mg kg ⁻¹) aos 15 meses ¹				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
6,7	92,31 b	4,40 a	57,03 a	92,56 a	32,79 a
35	114,30 a	4,88 a	61,00 a	50,74 a	32,12 a
55	126,95 a	6,59 a	59,19 a	41,76 a	30,84 a
75	134,76 a	8,08 a	55,24 a	30,00 a	34,19 a
CV (%)	7,74	26,45	16,09	49,70	19,16
	Teores (mg kg ⁻¹) aos 70 meses				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
6,7	24,81 a	-	80,83 a	79,35 a	201,47 a
35	23,48 a	-	62,21 a	32,25 a	177,19 a
55	25,88 a	-	49,45 a	28,61 a	156,36 a
75	28,68 a	-	44,26 a	36,45 a	158,08 a
CV (%)	17,67	-	44,12	28,88	16,45

Fonte: Silva et al. (2018) adaptado pela autora.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

Nas plantas de Baru sob efeito de aplicação de diferentes doses de P, aos 12 meses após o plantio, Silva (2014) verificou que houve diferença significativa somente para o teor de S, sendo reduzido o teor, conforme aumentou a dose de P. No presente trabalho, aos 70 meses após o plantio, verificou-se que essa diferença permaneceu, porém aumentou o teor de S, conforme aumentou a dose de P (TABELA 4).

Tabela 4 - Teor de macronutrientes em plantas de *Dipteryx alata* sob efeito aplicação de fósforo em campo, aos 15 e aos 70 meses.

Doses P (g de P ₂ O ₅ /cova)	Teores (g kg ⁻¹) aos 15 meses					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0	19,60 a	1,30 a	15,03 a	2,70 a	1,13 a	0,83 a
10	17,50 a	1,10 a	17,10 a	4,26 a	1,36 a	0,86 a
20	18,10 a	1,00 a	13,83 a	6,13 a	1,43 a	0,80 a
40	18,10 a	1,10 a	12,30 a	4,93 a	1,43 a	0,50 b
80	17,30 a	1,20 a	12,90 a	6,60 a	1,46 a	0,60 b
CV (%)	10,57	7,30	17,50	37,77	15,26	8,97
	Teores (g kg ⁻¹) aos 70 meses					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0	23,97 a	1,83 a	6,88 a	3,56 a	1,42 a	1,28 b
10	29,13 a	1,81 a	7,17 a	4,38 a	1,62 a	1,23 b
20	23,97 a	2,03 a	7,61 a	4,87 a	1,55 a	1,24 b
40	27,10 a	2,18 a	6,98 a	3,58 a	1,53 a	1,38 a
80	26,23 a	1,79 a	6,33 a	4,98 a	1,69 a	1,41 a
CV (%)	22,85	13,74	14,66	26,86	25,48	18,49

Fonte: Silva et al. (2018) adaptado pela autora.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

Silva et al. (2011) avaliaram a eficiência agrônômica de quatro fontes de fósforo, na presença e ausência de calagem, no crescimento inicial e nos teores de macronutrientes, em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*), cultivadas em vasos com Latossolo Amarelo Distrófico, textura argilosa. Esses autores verificaram que, em relação ao S, a sua absorção foi afetada pela interação fontes de P e calagem. No entanto a calagem afetou a absorção apenas quando foi fornecido o superfosfato triplo. Notaram que o superfosfato triplo tinha pequena porcentagem de S. Quanto ao comportamento das fontes, verificaram que elas não se diferenciaram entre si tanto na ausência quanto na presença de calagem. Tal comportamento pode ser, em função da baixa exigência da espécie em S, uma vez que, sendo o termofosfato Yoorin a fonte que tinha a maior

porcentagem de S em sua composição, ele poderia ter assim influenciado a absorção e o acúmulo do S.

Ao se analisar os teores de micronutrientes nas plantas de Baru sob efeito de aplicação de diferentes doses de P, aos 15 meses após o plantio, Silva (2014) verificou que houve diferença significativa somente para o teor de Cu. Porém, no presente trabalho, aos 70 meses após o plantio, não se constataram diferenças significativas para os tratamentos analisados (TABELA 5).

Tabela 5 - Teor de micronutrientes em plantas de *Dipteryx alata* sob efeito aplicação de fósforo em campo, aos 15 e aos 70 meses.

Doses P (g de P ₂ O ₅ /cova)	Teores (mg kg ⁻¹) aos 15 meses				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	93,69 a	7,97 a	55,28 a	80,90 a	31,98 a
10	62,41 a	6,97 a	60,75 a	73,84 a	27,55 a
20	63,73 a	5,29 b	49,29 a	52,23 a	21,40 a
40	54,12 a	5,11 b	52,64 a	56,99 a	24,77 a
80	80,10 a	5,48 b	63,81 a	48,30 a	20,32 a
CV (%)	36,57	15,31	18,47	40,53	32,78
	Teores (mg kg ⁻¹) aos 70 meses				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	20,41 a	-	61,19 a	38,13 a	162,99 a
10	23,75 a	-	70,15 a	44,57 a	162,32 a
20	23,28 a	-	107,17 a	57,95 a	165,86 a
40	23,48 a	-	85,87 a	31,27 a	166,72 a
80	20,21 a	-	78,86 a	49,68 a	171,73 a
CV (%)	14,23	-	30,12	28,10	4,62

Fonte: Silva et al. (2018) adaptado pela autora.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

4 CONCLUSÕES

A reaplicação de calcário melhora o desenvolvimento das plantas de baru, mas não interfere na sua nutrição.

No desenvolvimento inicial no campo, as plantas de baru, aos 70 meses, apresentaram baixo requerimento de cálcio e magnésio após nova calagem.

A dose de 40 g planta⁻¹ de P₂O₅ proporciona maior desenvolvimento das plantas de baru aos 54, 60 e 70 meses após reaplicação da adubação fosfatada.

A reaplicação do fertilizante fosfatado promove ganhos na absorção de S.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- CARLOS, L. **Crescimento inicial de Dalbergia nigra sob calagem e adubação com N, P e K em condições controladas e em campo**. 2013. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de barbatimão sob efeito da omissão de nutrientes. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 4, p. 559-568, 2013.
- CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 13-21, 2014.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.
- DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 175 p.
- DUARTE, M. L. et al. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 221-229, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos; EMBRAPA Produção de Informação, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.
- FAVARE, L. G.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Níveis crescentes de saturação por bases e desenvolvimento inicial de teca em um latossolo de textura média. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 693-702, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para Eucaliptus, Pinus e espécies Típicas da Mata Atlântica. **Scientia Florestais**, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

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

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 143-168.

MARTINOTTO, F. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 1, p. 22-29, jan. 2012.

MIZOBATA, K. K. G. S.; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. L. Crescimento de mudas de baru e gonçalo-alves em solo degradado, suplementado com resíduo, em Ilha Solteira - SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 429-444, 2017.

SCHEER, M. B. et al. Crescimento inicial de quatro espécies florestais nativas em área degradada com diferentes níveis de calagem e de adubação. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 3, p. 279-287, 2017.

SILVA, D. S. N. **Nutrição mineral do Baru (*Dipteryx alata* Vogel) em solução nutritiva: calagem e adubação fosfatada no campo**. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SILVA, D. S. N. et al. Adubação fosfatada e crescimento inicial de baru em latossolo vermelho argiloso. In: _____. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. Ponta Grossa: Atena, 2018. v. 3, p. 16-24.

SILVA, D. S. N. et al. Growth and mineral nutrition of baru (*Dipteryx alata* Vogel) in nutrient solution. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1101-1106, 2016.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009.

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

SOUSA, F. F. **Aspectos nutricionais do baru (*Dipteryx alata* Vog.) em casa de vegetação e em campo**. 2016. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

VALADARES, S. V. et al. Plasticidade fenotípica e frações fosfatadas em espécies florestais como resposta à aplicação de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 2, p. 225-232, 2015.