

**JOSIANE DA CONCEIÇÃO ALMEIDA**

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Psidium guajava* L. E *Samanea inopinata* (Harms) Ducke EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO FOSFATADA E À SATURAÇÃO POR BASES DO SUBSTRATO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva

Coorientador: Helio Garcia Leite

**VIÇOSA – MINAS GERAIS  
2019**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

A447c  
2019  
Almeida, Josiane da Conceição, 1992-  
Crescimento e qualidade de mudas de *Psidium guajava* L.  
e *Samanea inopinata* (Harms) Ducke em resposta à adubação fosfatada  
e à saturação por bases do substrato / Josiane da Conceição Almeida. -  
Viçosa, MG, 2019.  
77 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Árvores - Nutrição. 2. Fósforo. 3. Calagem dos solos. 4.  
Árvores - Mudas - Qualidade. 5. Árvores florestais. I. Universidade  
Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Mestrado em  
Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt. CDD 634.918134

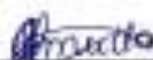
JOSIANE DA CONCEIÇÃO ALMEIDA

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Psidium guajava* L. E  
*Samanea inopinata* (Harms) Ducke EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO  
FOSFATADA E À SATURAÇÃO POR BASES DO SUBSTRATO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de dezembro de 2019

Assentimento:



\_\_\_\_\_  
Josiane da Conceição Almeida  
Autora



\_\_\_\_\_  
Haroldo Nogueira de Paiva  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida e por ser minha força maior.

Aos meus pais Maria do Rosário e Márcio pelo apoio nas minhas escolhas, cuidados e por torcerem por mim. Ao meu irmão Joaslei por me incentivar, ouvir e nunca medir esforços para ajudar. Ao meu irmão Pedro por ser minha fonte de amor e alegria.

Ao professor Haroldo Nogueira de Paiva, pela orientação, ensinamentos transmitidos, paciência, confiança depositada e por sempre estar disposto a ajudar. Eu aprendi muito com o senhor.

Ao professor Helio Garcia Leite pelos ensinamentos, disposição, paciência e alegria transmitida. É uma honra ter sua contribuição neste trabalho.

Ao professor Wantuelfer pelas contribuições neste trabalho.

Aos meus amigos Allan, Camila, Cirleia, Hugo e Marina, que mesmo longe sempre deram apoio e compartilharam histórias. Em especial agradeço os amigos Ana Paula, Amana, Felipe, Josué, Maurício, Thamires, William seja pela ajuda nos experimentos e/ou estatísticas, amizade, carinho, conversas, apoio e histórias inesquecíveis. Com certeza essa caminhada foi melhor com vocês.

Aos funcionários do Viveiro de Pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal, Maurício e Josimar pela colaboração com o experimento.

Aos estagiários Natália, Maria Eduarda, Vinícius e Vitória pela condução, cuidado e dedicação com o experimento.

À Sociedade de Investigações Florestais (SIF) pelo fornecimento das sementes e ao funcionário Alexandro pela disposição.

À Universidade Federal de Viçosa, pela formação acadêmica e à CAPES pela concessão da bolsa de estudos. Aos professores pelos ensinamentos.

A todos que de alguma forma ajudaram e torceram por mim, agradeço!

## **BIOGRAFIA**

Josiane da Conceição Almeida, filha de Márcio Antônio de Assis Almeida e Maria do Rosário Fernandes de Almeida, nasceu em 07 de dezembro de 1992, em Senador Firmino, Minas Gerais. Concluiu o Ensino Médio integrado ao curso Técnico em Florestas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia no Campus Rio Pomba, Minas Gerais, no ano de 2010. Em março de 2011 iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, concluindo-o em julho de 2017. Em agosto de 2017 iniciou o Mestrado em Ciência Florestal na mesma instituição.

## RESUMO

ALMEIDA, Josiane da Conceição, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2019. **Crescimento e qualidade de mudas de *Psidium guajava* L. e *Samanea inopinata* (Harms) Ducke em resposta à adubação fosfatada e à saturação por bases do substrato.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientador: Helio Garcia Leite.

Ainda é bem incipiente estudos sobre o comportamento de espécies florestais arbóreas em resposta à nutrição. É um desafio garantir a sobrevivência dessas espécies na fase inicial no campo, o que torna importante investigar o comportamento das mesmas em relação à nutrição. Diante o exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) e sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke) em resposta à adubação fosfatada e à saturação por bases do substrato. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo. Foram testados cinco níveis de saturação por bases (saturação de bases em condições naturais ( $V = 5\%$ ), 25, 45, 65 e 85%) e cinco doses de P (0, 150, 300, 450 e 600 mg dm<sup>-3</sup>), em esquema fatorial para a goiabeira. Para a sete-cascas foram dois níveis de saturação por bases (saturação de bases em condições naturais ( $V = 5\%$ ) e 55%) e cinco doses de P (0, 150, 300, 450 e 600 mg dm<sup>-3</sup>), com cinco repetições. O delineamento experimental foi em blocos casualizados. Aos 154 dias após a repicagem da goiabeira e aos 145 dias após a semeadura da sete-cascas, foram coletados dados de altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR). Na sequência foram calculadas a massa de matéria seca total (MST), as relações H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A adubação fosfatada contribuiu positivamente para o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira e de sete-cascas. Para a produção de mudas de goiabeira recomenda-se a dose 464 mg dm<sup>-3</sup> de P incorporada ao solo, antes da repicagem e para a sete-cascas 600 mg dm<sup>-3</sup> de P incorporada ao solo, antes da semeadura. Além disso, a saturação por bases do substrato deve ser aumentada de 25 e 55%, nas condições estudadas.

Palavras-chave: Fósforo. Calagem. Qualidade de mudas. Espécies florestais. Goiabeira. Sete-cascas.

## ABSTRACT

ALMEIDA, Josiane da Conceição, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2019. **Growth and quality of seedlings of *Psidium guajava* L. e *Samanea inopinata* (Harms) Ducke in response to phosphatic fertilization and base saturation of the substrate.** Advisor: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Advisor: Helio Garcia Leite.

Studies on the behavior of forest tree species in response to nutrition are still incipient. It is a challenge to ensure the survival of these species on the initial stage on the field, therefore it is important to investigate their behavior in regards to nutrition, since they are vital for the recovery of degraded areas. That said, the objective of this study was to evaluate growth and quality of seedlings of guava tree (*Psidium guajava* L.) and sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke) in response to phosphatic fertilization and base saturation of the substrate. The red yellow latosol was the soil used. Five base saturation levels were tested (base saturation in natural conditions ( $V = 5\%$ ), 25, 45, 65 and 85%) and five doses of P (0, 150, 300, 450 e 600 mg dm<sup>-3</sup>), with a factorial scheme for the guava tree. For the sete-cascas there were two base saturation levels (base saturation in natural conditions ( $V = 5\%$ ), 55%) and five doses of P (0, 150, 300, 450 e 600 mg dm<sup>-3</sup>), with five repetitions. Both were disposed in the randomized block design. At 154 days after the guava tree transplanting and at 145 days after the sete-cascas sowing, the data for height (H), diameter of seedling trunk (DC), aerial dry matter (MSPA) and root dry matter (MSR) mass were collected. After that, calculations were made for the total dry matter mass (MST), the ratios H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR and the Dickson Quality Index (IQD). The phosphatic fertilization contributed positively to the growth and the quality of guava and sete-cascas seedlings. For the production of guava seedlings, a dose of 464 mg dm<sup>-3</sup> of P is recommended, incorporated to the soil before transplanting, and for the sete-cascas, a dose of 600 mg dm<sup>-3</sup> of P incorporated to the soil before sowing. Besides that, the substrate base saturation should be increased by 25 and 55%, under the studied conditions.

Keywords: Phosphorus. Liming. Seedling quality. Forest species. Guava tree. Sete-cascas.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	12
<b>2. CAPÍTULO 1: Crescimento e qualidade de mudas de <i>Psidium guajava</i> L. em resposta à adubação fosfatada e à saturação por bases do substrato</b> .....	15
Resumo .....	15
2.1. Introdução.....	17
2.2. Material e métodos .....	19
2.3. Resultados e discussão.....	23
2.3.1. Altura de parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC).....	26
2.3.2. ....Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca da raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST) .....	32
2.3.3. Relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA), relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz (MSPA/MSR), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD).....	38
2.4. Conclusões e recomendação .....	43
Referências bibliográficas .....	44
<b>3. CAPÍTULO 2: Crescimento e qualidade de mudas de <i>Samanea inopinata</i> (Harms) Ducke em resposta à adubação fosfatada e à saturação por bases do substrato</b> .....	49
Resumo .....	49
3.1. Introdução.....	50
3.2. Material e métodos .....	51
3.3. Resultados e discussão.....	56
3.3.1. Altura de parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC).....	56
3.3.2. ....Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca da raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST) .....	62
3.3.3. Relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA), relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz (MSPA/MSR), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD).....	66
3.4. Conclusões e recomendação .....	72
Referências bibliográficas .....	74



## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura e a pecuária são as mais antigas e principais fontes de degradação dos solos, devido à grande pressão para a produção de alimentos, uma vez que a população mundial não para de crescer (DIAS, 2003). De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils* (FAO e ITPS, 2015), a população mundial ultrapassou 7,20 bilhões de habitantes em 2013 e terá um aumento significativo até o final do século. Os solos são a base para qualquer cultivo vegetal e a atividade humana pode afetar a capacidade de funcionamento dos mesmos devido ao crescimento desenfreado, exploração de recursos, mudanças no uso da terra, produção agrícola e mudanças climáticas (FAO e ITPS, 2015).

De acordo com a United Nations Environment Programme (UNEP, 2002), o projeto desenvolvido entre os anos 1987 e 1990, *Global Assessment of Soil Degradation* (GLASOD), traduzido como Avaliação Global da Degradação dos Solos, os cinco fatores que causam essa degradação são: o desmatamento ou remoção da vegetação natural, superpastejo, agricultura, intensa exploração da vegetação para uso doméstico e atividades industriais.

No Brasil, o desmatamento sofrido ao longo dos anos, principalmente para a expansão da fronteira agrícola culminou a degradação dos solos, além de perda da biodiversidade das nossas florestas. Aliado ao desmatamento, a criação de gado sem o devido manejo causa a degradação das pastagens e estas muitas vezes são abandonadas. Assim, os biomas têm sofrido pressão.

A Caatinga é um bioma que se estende pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco, Paraíba, Maranhão, Rio Grande do Norte, Sergipe e Minas Gerais (MMA, 2010). De acordo com os dados de 2009 dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) - Edição 2017, disponibilizados pelo IBGE (2017), ela possui cerca de 826.411 km<sup>2</sup> e 46,6% de desmatamento.

Na Amazônia Legal, em março de 2018, foi detectado pelo sistema de monitoramento da ONG IMAZON, 287 km<sup>2</sup> de desmatamento. Considerando alertas para 10 hectares, houve um aumento de 249% do desmatamento em relação ao ano anterior (FONSECA et al., 2018). A degradação florestal dessa região somava 102 km<sup>2</sup> em março de 2018, cujo aumento foi 28% em relação ao ano anterior (FONSECA et al., 2018). Já a Mata Atlântica, embora o desmatamento tenha reduzido

56,8% entre 2016 e 2017 em relação ao período anterior (2015 - 2016), ela é uma das florestas mais ameaçadas do planeta e também rica em diversidade. Possuía uma área de 1.315.460 km<sup>2</sup> e se estendia por 17 estados brasileiros. Hoje só restam 12,4% da floresta que existia, desses remanescentes 80% se encontra em áreas privadas. Possui importante riqueza de espécies animais ameaçadas de extinção no Brasil, sendo que cerca de 380, de um total de 683, ocorrem nesse bioma (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2018).

Os dados do IDS - Edição 2017 (IBGE, 2017), indicam um desflorestamento nos Pampas de 54,2 % e Pantanal 15,4 %, no ano de 2009, e o Cerrado no ano de 2010, 49,1%. Indicam também com base no ano de 2014, o número de espécies ameaçadas de extinção, sendo na Amazônia cerca de 84, no Cerrado 877, na Caatinga 179, na Mata Atlântica 1314, no Pantanal 14 e nos Pampas 98.

Além do desmatamento outro problema são as mudanças climáticas. De acordo com a FAO e ITPS (2015), as mudanças climáticas terão impactos significativos nos solos. As temperaturas mais altas em regiões áridas poderão levar à salinização, afetando sua capacidade de armazenamento de água, além de que em locais secos, pode haver a diminuição da vegetação aumentando a emissão de poeira e a degradação do solo (FAO e ITPS, 2015).

Um tipo de erosão causado pela ausência de vegetação é a eólica, a qual impacta o desenvolvimento do solo, mineralogia, propriedades biogeoquímicas, redistribuição de nutrientes e materiais orgânicos (FAO e ITPS, 2015). A perda de solo superficial reduz o armazenamento de água e a capacidade de enraizamento das plantas, ademais, o transporte de sedimentos pode assorear rios e lagos, ainda contaminar por pesticidas presentes no solo (FAO e ITPS, 2015). Espécies arbóreas têm grande papel no controle de erosão, por melhorar a capacidade de infiltração de água no solo, proporcionando melhorias nas características físicas e químicas (CRUZ et al., 2012).

Diante o desmatamento que ameaça inúmeras espécies florestais, além da fauna e vários outros recursos indiretos, há a preocupação de como recuperar essas áreas, normalmente degradadas, com perda de qualidade de solo e de recursos hídricos.

Para Almeida (2016), a degradação do solo impede a recuperação destas áreas naturalmente, fazendo-se necessária a intervenção antrópica para reestabelecer a vegetação e reabilitar o ambiente. Em projetos de recuperação, o plantio de mudas é

uma técnica muito usual (ALMEIDA, 2016). Quando estes projetos visam além da recuperação, a proteção de mananciais, as espécies nativas são indicadas, a fim de restabelecer as condições ecológicas próximas às existentes originalmente (FURTINI NETO et al., 1999). Na fase inicial, espécies com rápido crescimento, copa bem desenvolvida, auxiliam no recobrimento e proteção do solo, garantindo a aceleração e o sucesso da recuperação. Há variabilidade genética nas florestas e diferentes solos, existindo poucos dados de como as espécies se comportam em relação à nutrição e adaptação aos diferentes ambientes, logo, ter um embasamento científico é muito importante para selecionar as espécies a serem utilizadas (FURTINI NETO et al., 1999; ALMEIDA, 2016).

As espécies arbóreas apresentam inúmeras funções como conter a erosão, reabilitar o solo, atrair polinizadores, auxiliar na recarrega do lençol freático, restabelecer a beleza cênica e atrair fauna (FERREIRA et al., 2016). Além disso, muitos trabalhos de recuperação também têm visado a neutralização de gases de efeito estufa e isso pode ser uma grande demanda futura (ALMEIDA, 2016). Contudo, existe a grande dificuldade de garantir a sobrevivência e o desenvolvimento inicial das mudas (FONSECA et al., 2002). Para maior porcentagem de sobrevivência em campo, o ideal é utilizar mudas com boa qualidade, pois dispensam o replantio que é bem oneroso e como consequência a redução dos custos de implantação (CARNEIRO, 1995).

Para se produzir mudas de qualidade, as características do substrato são de suma importância para seu crescimento e estabelecimento após serem levadas para o campo (SENA et al., 2010). A terra de subsolo é muito utilizada para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas, devido à abundância e o menor custo em relação a outros materiais, embora possa apresentar elevada acidez (CARNEIRO, 1995; SENA et al., 2010).

Conhecer as demandas nutricionais das espécies é importante, pois as respostas podem ser diferentes entre espécies, ainda que pertençam ao mesmo grupo sucessionar (ANDRADE et al., 2018). Um nutriente indispensável ao ciclo da planta é o fósforo, este em áreas erodidas se encontra em menor quantidade em relação às áreas não erodidas, e sua disponibilidade natural é considerada muito pequena (ADAMI e HEBLING, 2005; GOMES e PAIVA, 2013). Este nutriente possui baixíssima mobilidade no solo e é fundamental, principalmente nos estágios iniciais da implantação, uma vez que, faz parte da fotossíntese, respiração e formação de raízes,

portanto a ausência pode limitar o crescimento das plantas (ADAMI e HEBLING, 2005; GOMES e PAIVA, 2013; VIEIRA et al., 2015; ALMEIDA, 2016).

A maior disponibilidade de fósforo para absorção pelas plantas se dá em solo com pH em torno de 5,5, porém, no Brasil, os solos que ocorrem em quase todo o território são os Latossolos, que são ácidos (KER, 1997; JORDÃO et al., 2000; ADAMI e HEBLING, 2005). Caracterizam-se por serem bastante intemperizados e profundos, apresentam homogeneidade e baixa diversidade de minerais em seu perfil, sendo os minerais presentes aqueles que são resistentes ao intemperismo (KER, 1997; VILAR, 2010).

A intemperização causa acidez dos solos, com adsorção de  $Al^{+++}$ ,  $Mn^{++}$ ,  $H^+$  em suas cargas negativas e perda de bases (CARNEIRO, 1995). Uma das causas da baixa produtividade nos cultivos no Brasil está relacionada à acidez dos solos, a qual é associada a maior ou menor disponibilidade de nutrientes (MALAVOLTA, 1980; CRUZ et al., 2004). Quando há baixa fertilidade e/ou acidez, a aquisição de nutrientes pela planta e seu estabelecimento em campo são prejudicados (FURTINI NETO et al., 1999).

A calagem tem como objetivo a correção da acidez dos solos, aproximando o pH até o exigido pela espécie, diminuindo ou até anulando as altas concentrações de alumínio e manganês, além de ser a maneira usual para fornecimento de cálcio e magnésio (CARNEIRO, 1995; NOVAIS et al., 2007; SOUZA et al., 2009). Ela promove a formação de agregados do solo, permitindo maior crescimento radicular, aeração, melhoria na absorção de água, nutrientes e nas condições propícias à vida de organismos decompositores da matéria orgânica, além de aumentar a disponibilidade de P e Mo (MALAVOLTA, 1980; PRADO e NATALE, 2004).

Diante o exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) e sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke) em resposta à adubação fosfatada e à saturação por bases do substrato.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, C.; HEBLING, S. Efeitos de diferentes fontes de fosfato no crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake. **Natureza on line**, v. 3, n. 1, p. 13-18, 2005.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus, 2016. 130 p.

ANDRADE, R. H. M.; FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; MEDEIROS, R. A. Adubação fosfatada na produção de mudas de *Cassia ferruginea* e *Cassia grandis*. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 41-50, 2018.

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

CRUZ, C. A. F., PAIVA, H. N. CUNHA, A. C. M. C. M., NEVES, J. C. L. Produção de mudas de canafístula cultivadas em latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. **Cerne**, Lavras, vol. 18, n. 1, p. 87-98, jan./mar. 2012.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C. O.; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 100-107, dez. 2004.

DIAS, L. E. Recuperação de áreas degradadas. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAIS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2003, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2003. p. 225-268.

FERREIRA, E. M.; ANDRAUS, M. P.; CARDOSO, A. A.; COSTA, L. F. S. LÔBO, L. M.; LEANDRO, W. M. Recuperação de áreas degradadas, adubação verde e qualidade da água. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 228-246, jan./abr. 2016.

FONSECA, A., JUSTINO, M., CARDOSO, D., RIBEIRO, J., SALOMÃO, R., SOUZA JR., C., & VERÍSSIMO, A. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (março 2018) SAD**. Belém: Imazon, 2018. 1 f. Disponível em: <<https://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-marco-2018-sad/>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

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

Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. **Status of the World's Soil Resources (SWSR)**. Rome, Italy, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2016-2017**. Relatório técnico, São Paulo, 62 p. 2018. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 116 p.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – IDS 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

JORDÃO, C. P.; ALVES, N. M.; PEREIRA, J. L.; BELLATO, C. R.; ALVAREZ V., V. H. Adsorção de íons  $\text{Cu}^{2+}$  em latossolo vermelho-amarelo húmico. **Química nova**, v. 23, n. 1, p. 5-11, 2000.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: Uma Revisão. **Geonomos**, Belo Horizonte - MG, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.

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

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/6122-desmatamento-na-caatinga-ja-destruiu-metade-da-vegetacao-original>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

PRADO, R. M; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1007-1012, 2004.

SENA, J. S.; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N., HARA, F. A. S. Efeito da calagem e da correção dos teores de Ca e Mg do solo sobre o crescimento de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 2, p. 309-317, abr./jun. 2010.

SOUZA, H. A.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; HERNANDES, A. Efeito da calagem sobre o crescimento de goiabeiras. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 336-341, 2009.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Environment Outlook 3: synthesis GEO-3: past, present and future perspectives**. United Nations

Environment Programme, 2002. Disponível em: <  
[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8609/GEO-3%20REPORT\\_English.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8609/GEO-3%20REPORT_English.pdf?sequence=7&isAllowed=y)>. Acesso em: 27 jul. 2019.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Saturação por bases e doses de P no crescimento e nutrição de mudas de cerejeira (*Amburana acreana* Ducke). **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 1-9. 2015.

VILAR, C. C. **Interação entre atributos físicos, químicos e mineralógicos com a capacidade máxima de adsorção de fósforo e chumbo de amostras do horizonte A e B de Latossolos do Estado do Paraná tratadas com calcário e fosfato**. 2010. 142 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Maringá.

## 2. CAPÍTULO 1: Crescimento e qualidade de mudas de *Psidium guajava* L. em resposta à adubação fosfatada e à saturação por bases do substrato

### Resumo

A goiabeira é uma espécie nativa da América do Sul e ocorre em quase todo o Brasil. Muito utilizada na alimentação pelo alto valor nutritivo, além de possuir um carotenoide que auxilia na prevenção do câncer. É planta rústica, cresce em diferentes tipos de solo, tolera variações ambientais e temperatura de até 46°C, entretanto não tolera geada e tem sua produção comprometida em temperaturas inferiores a 12°C. Por ser uma planta frutífera, serve como importante alimento para a avifauna, a qual dispersa suas sementes auxiliando na regeneração de capoeiras, tendo alto potencial para compor plantios mistos visando a recuperação de áreas degradadas. Em projetos ambientais, a produção de mudas está entre as fases mais importantes e a qualidade das mesmas é fundamental para que sobrevivam após o plantio. Mudas de qualidade muitas vezes dispensam o replantio que é muito oneroso. Um dos fatores que influenciam a qualidade da muda é a nutrição. Um nutriente importante na fase inicial da produção da muda é o fósforo. Ele desempenha várias funções e sua ausência pode limitar o crescimento da planta. Para a produção de mudas arbóreas nativas, o substrato mais utilizado é a terra de subsolo, embora muitas vezes possua elevada acidez. A acidez limita o crescimento de raízes e a aquisição de nutrientes pela planta, dessa forma, realizar sua correção através da calagem é imprescindível. Neste estudo foi avaliado o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira em resposta à adubação fosfatada e à elevação da saturação por bases do substrato. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo. Foi utilizado um esquema fatorial com cinco níveis de saturação por bases (saturação de bases em condições naturais, 25, 45, 65, 85%) e cinco doses de P (0, 150, 300, 450 e 600 mg dm<sup>-3</sup>). O delineamento experimental foi blocos casualizados, com cinco repetições. Aos 154 dias após a repicagem foram coletados dados de altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR), e calculadas a massa de matéria seca total (MST), as relações H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A adubação fosfatada contribuiu positivamente para o crescimento e a qualidade de mudas. As melhores doses para todas características avaliadas estão na faixa de 432 a 585 mg dm<sup>-3</sup> de P. A dose



recomendada para a produção de mudas de goiabeira é de  $464 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, incorporada ao solo antes da repicagem e a elevação da saturação por bases do substrato a 25%, nas condições estudadas.

## 2.1. Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma espécie nativa da América do Sul e com ampla distribuição nas regiões tropicais (RISTERUCCI et al., 2005; BARBOSA e LIMA, 2010). Pertencente à família Myrtaceae, é a espécie mais cultivada desta família (PEREIRA et al., 2006).

No Brasil, tem ocorrência espontânea em quase todo o país (LORENZI, 1992). Uma das razões de ser amplamente difundida no país se deve ao fato de ela vegetar e reproduzir desde o nível do mar até a altitude de 1700 m.

O cultivo comercial desta espécie dá-se principalmente no Sudeste (São Paulo) e no Nordeste (Pernambuco) (NACHTIGAL et al., 2015). Seus frutos são destinados à mesa e ao processamento industrial na forma de geleias, goiabada, frutas em calda, pastas, base para bebidas e no produto conhecido como guatchup, que possui alto valor nutricional, vitamina C, ferro, entre outros (FRANCISCO et al., 2005; NACHTIGAL et al., 2015). O fruto possui destaque pelo seu aroma, sabor e também altos valores nutritivos (FRANCISCO et al., 2005). É rico no carotenoide (licoproteno) que reduz o risco de câncer e possui uma grande quantidade de vitamina C (GOMES, 2007; NACHTIGAL et al., 2015). Dessa forma, ela vem trilhando seu crescimento nos mercados internos e externos, possuindo boa perspectiva de conseguir uma melhor posição na sua comercialização (FERREIRA, 2004; NACHTIGAL et al., 2015).

Por ser uma planta rústica, adapta-se bem quando há variações ambientais, assim, pode-se desenvolver em climas tropicais e subtropicais (BARBOSA e LIMA, 2010). Tolerante à temperatura de até 46° C, é relativamente resistente à seca, porém bem sensível ao frio, não tolerando geadas (BARBOSA e LIMA, 2010). Em temperaturas abaixo de 12° C, não há florescimento e conseqüentemente não produz frutos (GONZAGA NETO e SOARES, 1994). De forma geral, a condição climática favorável aos plantios comerciais está nas temperaturas média anual de 23° a 28° C (CRETTON, 2006).

Cresce em diferentes tipos de solos, mas adapta-se bem a solos areno-argilosos, profundos, com boa permeabilidade e pH na faixa de 5,5 e 6,0 (TAVARES et al., 1995; BARBOSA e LIMA, 2010). A altura de uma goiabeira está em torno de 3 a 10 metros, possui raiz superficial, casca lisa com coloração esverdeada ou amarronzada, que se solta (BARBOSA e LIMA, 2010). As plantas desta espécie

quando originadas de sementes possuem frutificação dois ou três anos após o plantio, enquanto que as propagadas vegetativamente, frutificam com até 7 ou 8 meses após o plantio (BARBOSA e LIMA, 2010).

A recuperação de áreas degradadas utilizando espécies frutíferas atrai a fauna silvestre (ALMEIDA, 2016). O fruto é um importante alimento para avifauna, que auxilia na dispersão das sementes, contribuindo para alta regeneração em capoeiras, sendo uma planta indispensável para plantios mistos visando a recuperação de áreas degradadas em áreas de preservação permanente (APP) (LORENZI, 1992).

De acordo com Freitas (2013), em projetos de reflorestamento com finalidade ambiental ou comercial, a produção de mudas é uma das fases mais importantes. O ideal é que as mudas tenham uma qualidade para resistir às condições adversas que podem ocorrer após serem levadas para o campo (CARNEIRO, 1995). Ainda de acordo com este autor, mudas de boa qualidade, muitas vezes dispensam o replantio reduzindo custos da implantação, além de apresentar maior sobrevivência em campo.

Para a produção de mudas frequentemente utiliza-se a terra de subsolo, pela disponibilidade e menor custo, porém pode apresentar elevada acidez (CARNEIRO, 1995; SENA et al., 2010). Grande parte dos solos de Minas Gerais e da região do cerrado, embora possuam boa qualidade física apresentam elevada acidez, alumínio trocável, deficiência de nutrientes, dentre eles Ca, Mg e P (RIBEIRO et al., 1999). O fósforo é um dos nutrientes com o qual se tem maior preocupação, pois possui baixa disponibilidade natural e alta adsorção nos solos tropicais (RIBEIRO et al., 1999; SANTOS et al, 2008). Ele promove o crescimento em altura, diâmetro do coleto e também influencia no aumento da matéria seca das mudas, sendo indispensável para que a planta complete seu ciclo de vida (ADAMI e HEBLING, 2005; GOMES e PAIVA, 2013).

A qualidade de mudas varia entre as espécies e pode ser influenciada por diversos fatores, dentre eles a adubação, que quando realizada adequadamente, contribui para o crescimento e nutrição da muda (ANDRADE et al., 2018). Quando a quantidade de nutrientes exigida pela planta é maior que a quantidade disponível no solo, é necessário realizar a adubação (FREITAS, 2013). Diante o exposto, é importante conhecer a demanda nutricional das espécies, pois as respostas variam dentro do mesmo grupo sucessional (ANDRADE et al., 2018).

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e qualidade de mudas de *Psidium guajava* L. em resposta à adubação fosfatada e à saturação por bases do substrato.

## 2.2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas Florestais, pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (DEF-UFV), Viçosa – MG, cujas coordenadas geográficas são 20°45'45" S de latitude e 42°52'04" W de longitude, a 680 metros de altitude (PEDROSO, 2016). Inserida na Zona da Mata, Viçosa possui temperaturas médias máxima de 26°, média mínima de 14°C e a precipitação média anual é de 1220 mm (PEDROSO, 2016). Segundo o mesmo autor, de acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, com verões chuvosos e invernos secos.

O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, coletado no setor de Dendrologia, pertencente também à Universidade Federal de Viçosa (UFV), na camada de 20-40 cm de profundidade e transportado ao Viveiro, onde foi peneirado em peneiras de malha de 5 mm. Uma amostra foi enviada ao laboratório de Fertilidade de Solos (Departamento de Solos da UFV) onde foi realizada a análise de caracterização química (Tabela 1) e física (14% de areia grossa, 8% de areia fina, 10% de silte e 68% de argila, de classe textural muito argilosa).

Tabela 1 – Caracterização química do solo utilizado para a produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*).

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	P-Rem
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>								%	mg L <sup>-1</sup>
4,62	0,7	5	0,16	0,03	0,87	3,8	0,2	1,07	4	5	81,3	17,2

pH em água - Relação 1:2,5; P e K - Extrator Mehlich 1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> - Extrator: KCl - 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7,0; SB = Soma de bases trocáveis; t = Capacidade de troca catiônica efetiva; T - Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; P-Rem = Fósforo remanescente

Após as análises, corrigiu-se a acidez do solo com uma mistura de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e carbonato de magnésio (Mg CO<sub>3</sub>), na proporção 4:1. O cálculo da necessidade de calagem foi realizado pelo método da elevação da saturação por bases, utilizando a fórmula sugerida por Alvarez V. e Ribeiro (1999):

$$NC \text{ (t/ha)} = \frac{T (Ve - Va)}{100}$$

Em que:

NC = necessidade de calagem (toneladas/hectare)

Ve = saturação por bases esperada ou desejada

Va = saturação por bases atual do solo

T = CTC a pH 7

Aplicados os corretivos, o solo ficou incubado por 30 dias, em área protegida, mantendo-o próximo à capacidade de campo. A unidade experimental foi constituída por vasos nas dimensões: 12,5 cm (altura), 16,5 cm (diâmetro do topo) e 11,2 cm (diâmetro do fundo), contendo 1,5 dm<sup>3</sup> de solo. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições. Foram testados cinco níveis de saturação por bases (saturação de bases em condições naturais (5%), 25, 45, 65 e 85%) e cinco doses de P (0, 150, 300, 450 e 600 mg dm<sup>-3</sup>), em esquema fatorial.

A fonte de P utilizada foi o fosfato de sódio monobásico-monohidratado (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O), incorporado ao solo antes da repicagem.

A espécie estudada foi a goiabeira (*Psidium guajava* L), cujas sementes foram doadas pela Sociedade de Investigações Florestais (SIF). Para a superação da dormência, as sementes ficaram imersas em água por 48 horas. Após isso, foram levadas à sementeira, onde ficaram por 45 dias até a repicagem para os vasos.

A adubação básica foi realizada 15 dias após a repicagem das mudas de goiabeira por meio de solução composta pelas doses de 100 mg dm<sup>-3</sup> de N, a mesma dose para o K e 40 mg dm<sup>-3</sup> de S, utilizando-se das fontes NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, respectivamente, como sugerido por Passos (1994). A aplicação de micronutrientes se deu concomitante à adubação básica nas doses de 0,81 mg dm<sup>-3</sup> de B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 1,33 mg dm<sup>-3</sup> de Cu (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O), 4,0 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), 3,66 mg dm<sup>-3</sup> de Mn (MnCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) e 0,15 mg dm<sup>-3</sup> de Mo ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O) (ALVAREZ V. et al., 2006).

Após 154 dias da repicagem das mudas, foram coletados os dados de altura da parte aérea (H) por meio de uma régua milimetrada posicionada do substrato até o meristema apical e diâmetro do coleto (DC) através de um paquímetro digital com

precisão de 0,01 mm. Separou-se parte aérea (folha e caule) e raiz, as quais foram lavadas com água, colocadas em sacos de papel pardo e secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura em torno de 70° C por dois dias. Posteriormente foram pesadas e obtiveram-se os dados de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR). A massa de matéria seca total (MST) foi obtida pela soma da MSPA e MSR. Calculou-se a relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA), relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC), a relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz (MSPA/MSR), e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), através da seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST \text{ (g)}}{[H \text{ (cm)} / DC \text{ (mm)}] + [MSPA \text{ (g)} / MSR \text{ (g)}]}$$

Para a análise de dados, o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{klj} = m + b_j + V_k + P_l + (VP)_{kl} + e_{klj}, \text{ em que:}$$

$Y_{klj}$  = valor observado da característica estudada (H, DC, MSR, MSPA, MST H/DC, H/ MSPA, MSPA/MSR e IQD), no nível k do fator V (k = 5, 25, 45, 65, 85) no nível l do fator P (mg dm<sup>-3</sup>) (l = 0, 150, 300, 450, 600), na repetição ou bloco j (j = 1, 2, 3, 4, 5);

m = média geral (de todas as observações) do experimento;

$b_j$  = efeito do bloco j, j = 1, 2, 3, 4, 5;

$V_k$  = efeito da k-ésima saturação por bases, k = 5, 25, 45, 65, 85;

$P_l$  = efeito da l-ésima dose de P (mg dm<sup>-3</sup>) (l = 0, 150, 300, 450, 600);

$(VP)_{kl}$  = efeito da interação V x P;

$e_{klj}$  = erro associado à observação  $Y_{klj}$ , isto é, os efeitos dos fatores não controlados sobre a observação  $Y_{klj}$ .

As hipóteses avaliadas foram:

H0 (1) = As características avaliadas independem dos níveis de saturação por bases (V) *versus* Ha (1) = não H0 (1);

H0 (2) = As características avaliadas independem dos níveis do fator (P) *versus* Ha (2) = não H0 (2);

H0 (3) = As características avaliadas independem da interação V x P *versus* Ha (3) = não H0 (3).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, precedidas pela verificação das pressuposições de homocedasticidade (teste Bartlett) e da normalidade (teste Lilliefors). Em seguida, para cada uma das características avaliadas foi ajustado o modelo de superfície de resposta,  $Y = \beta_0 + \beta_1V + \beta_2P + \beta_3V^2 + \beta_4P^2 + \beta_5VP + e_i$ , em que:

$Y$  = variável dependente (H, DC, MSR, MSPA, MST, H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR e IQD)

$\beta_i$  = parâmetros do modelo, para  $i = 0, 1, \dots, 5$

$V = 5, 25, 45, 65, 85$  (%)

$P = 0, 150, 300, 450, 600$  mg dm<sup>-3</sup>

$e_i$  = erro associado à observação  $Y$ ,  $e_i \sim \text{NID}(0, \delta^2)$

Este modelo foi ajustado pelo método mínimo quadrados ordinários, com o procedimento *Stepwise (Backward)*. Para exclusão de variáveis foi considerado um nível de significância de 5%.

### 2.3. Resultados e discussão

Foi observado efeito quadrático da aplicação de doses de fósforo ( $p < 0,05$ ) sobre todas as características morfológicas estudadas, aos 154 dias após a repicagem (resumo da análise de variância é apresentado na Tabela 2).

Foi observada interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre a elevação da saturação por bases do substrato e doses de fósforo apenas para massa de matéria seca da raiz (MSR).

Embora tenha sido observado efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) da interação entre a elevação da saturação por bases do substrato e doses de fósforo para as variáveis altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da raiz (MSR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca total (MST), relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Tabela 2), apenas para MSR tal efeito foi observado ao ajustar superfícies de resposta (Tabela 3).



Tabela 2 - Resumo da análise de variância das características morfológicas e relações estudadas para mudas de *P. guajava*, aos 154 dias após a repicagem, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato e doses de P.

FV	GL	Quadrado médio								
		H	DC	MSR	MSPA	MST	H/DC	H/MSPA	MSPA/MSR	IQD
V	4	1073,70*	16,12*	329,06*	359,28*	1365,52*	1,47 <sup>ns</sup>	83,27*	7,54 <sup>ns</sup>	20,23*
P	4	8949,28*	171,07*	604,86*	893,83*	2961,58*	10,92*	780,38*	5,98 <sup>ns</sup>	44,77*
VxP	16	187,46 <sup>ns</sup>	3,55*	103,07*	56,54*	276,30*	0,73 <sup>ns</sup>	24,57*	5,61 <sup>ns</sup>	5,26*
Resíduo	96	124,16	1,86	38,79	19,41	91,34	1,25	13,05	5,44	1,50

\*  $p < 0,05$ ; <sup>ns</sup>  $p > 0,05$ . V – saturação por bases do substrato; P – doses de fósforo; VxP – Interação entre a saturação por bases do substrato e doses de fósforo; H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSR – massa de matéria seca de raiz; MSPA – massa de matéria seca da parte aérea; MST – massa de matéria seca total; H/DC- relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; H/MSPA – relação entre altura da parte aera e massa de matéria seca da parte aérea; MSPA/MSR – relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz; IQD – Índice de Qualidade de Dickson.

Tabela 3. T Estimativas dos parâmetros do modelo de superfície de resposta ( $Y = \beta_0 + \beta_1V + \beta_2P + \beta_3V^2 + \beta_4P^2 + \beta_5 VP + e_i$ ) e da equação definida pelo procedimento *Stepwise (Backward)*, com os respectivos p-valores e coeficientes de determinação, para mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato e doses de P.

Y	Modelo	Estimativas dos parâmetros do modelo $Y = \beta_0 + \beta_1V + \beta_2P + \beta_3V^2 + \beta_4P^2 + \beta_5 VP + e_i$							
		R <sup>2</sup>	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	
H	Completo	0,6677	24,61857580	0,29861596 (p = 0,0667) <sup>ns</sup>	0,19892730 (p < 0,0001) *	0,00087749 (p = 0,5917) <sup>ns</sup>	-0,00022673 (p < 0,0001) *	0,00007346 (p = 0,6873) <sup>ns</sup>	
	Reduzido	0,671	22,55192060	-0,19760317 (p < 0,0001) *	0,20223305 (p < 0,0001) *		-0,00022673 (p < 0,0001) *		
DC	Completo	0,7163	3,86583018	-0,05249821 (p < 0,0099) *	0,02717181 (p < 0,0001) *	0,00027870 (p = 0,1712) <sup>ns</sup>	-0,00003030 (p < 0,0001) *	0,00001050 (p = 0,6429) <sup>ns</sup>	
	Reduzido	0,7161	3,38272976	-0,02426633 (p < 0,0001) *	0,02764411 (p < 0,0001) *		-0,00003030 (p < 0,0001) *		
MSR	Completo	0,375	4,07214437	-0,11796268 (p = 0,1926) <sup>ns</sup>	0,05776072 (p < 0,0001) *	0,00069811 (p = 0,4447) <sup>ns</sup>	-0,00005285 (p < 0,0014) *	-0,00016933 (p = 0,09804) <sup>ns</sup>	
	Reduzido	0,371	0,73599333		0,06327397 (p < 0,0001) *		-0,00005285 (p < 0,0015) *	-0,00029185 (p < 0,0001) *	
MSPA	Completo	0,6126	6,73174089	-0,20997321 (p < 0,0017) *	0,06880000 (p < 0,0001) *	0,00135670 (p < 0,0426) *	-0,00007274 (p < 0,0001) *	-0,00007996 (p = 0,2811) <sup>ns</sup>	
	Reduzido	0,6018	6,14921048	-0,11185733 (p < 0,0001) *	0,06520190 (p < 0,0001) *		-0,00007274 (p < 0,0001) *		
MST	Completo	0,5358	10,80388527	-0,32793589 (p < 0,0224) *	0,12656072 (p < 0,0001) *	0,00205482 (p = 0,1544) <sup>ns</sup>	-0,00012559 (p < 0,0001) *	-0,00024929 (p = 0,1217) <sup>ns</sup>	
	Reduzido	0,5263	11,65218131	-0,21779017 (p < 0,0001) *	0,11534257 (p < 0,0001) *		-0,00012559 (p < 0,0001) *		
H/DC	Completo	0,1459	5,84835573	-0,00111799 (p = 0,9401) <sup>ns</sup>	0,00667564 (p < 0,0004) *	-0,00006015 (p = 0,6894) <sup>ns</sup>	-0,00000856 (p < 0,0017) *	0,000006015 (p = 0,78563) <sup>ns</sup>	
	Reduzido	0,1505	5,62811425		0,00688110 (p < 0,0001) *		-0,00000856 (p < 0,0017) *		
H/MSPA	Completo	0,618	13,00060771	0,11111688 (p < 0,0371) *	-0,05971326 (p < 0,0001) *	-0,00045408 (p = 0,3959) <sup>ns</sup>	0,00007226 (p < 0,0001) *	-0,00006022 (p = 0,3131) <sup>ns</sup>	
	Reduzido	0,6188	14,36985762	0,05218307 (p < 0,0001) *	-0,06242327 (p < 0,0001) *		0,00007226 (p < 0,0001) *		
MSPA/MSR	-	-	-	-	-	-	-	-	
IQD	Completo	0,5031	1,26737237	-0,04119533 (p < 0,0286) *	0,01549976 (p < 0,0001) *	0,00028675 (p = 0,1298) <sup>ns</sup>	-0,00001480 (p < 0,0000) *	-0,00003622 (p = 0,0867) <sup>ns</sup>	
	Reduzido	0,4895	1,40503920	-0,02625309 (p < 0,0001) *	0,01386997 (p < 0,0001) *		-0,00001480 (p < 0,0000) *		

\* p < 0,05; <sup>ns</sup> p > 0,05. H – altura da parte aérea, DC – diâmetro do coleto, MSR – massa de matéria seca de raiz, MSPA – massa de matéria seca da parte aérea, MST – massa de matéria seca total, H/DC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto, H/MSPA – relação entre altura da parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea, MSPA/MSR – relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz, IQD – Índice de Qualidade de Dickson.

### 2.3.1. Altura de parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC)

A adubação fosfatada contribui positivamente para o crescimento em altura e diâmetro do coleto das mudas de goiabeira aos 154 dias após a repicagem, com efeito quadrático para fósforo. A maior altura obtida (66,7 cm) corresponde à dose ótima de 445,98 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 1) e o maior diâmetro do coleto (9,6 mm) está associado à dose ótima de 456,17 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 2).

Embora os maiores valores de altura e diâmetro do coleto tenham sido obtidos no substrato sem calagem (V = 5%), recomenda-se a elevação da saturação por bases do substrato a 25%, pela contribuição que a calagem exerce na disponibilização de nutrientes para a absorção pelas plantas.

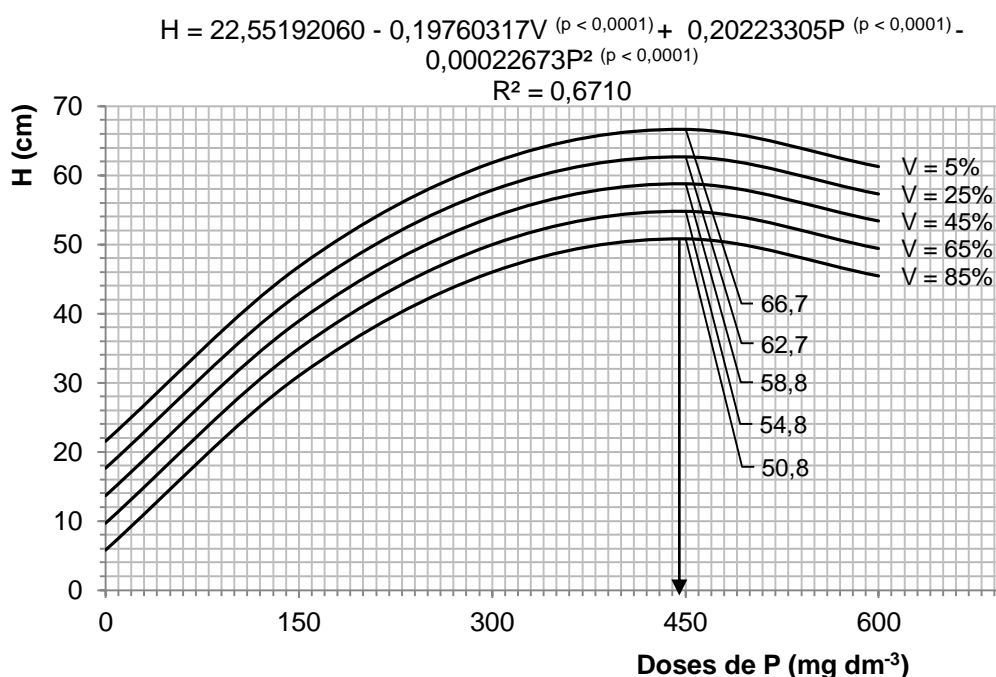


Figura 1 – Altura da parte aérea (H) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta às doses de P, através do modelo de superfície de resposta, com a indicação das alturas para a dose ótima de P, em cada saturação por bases.

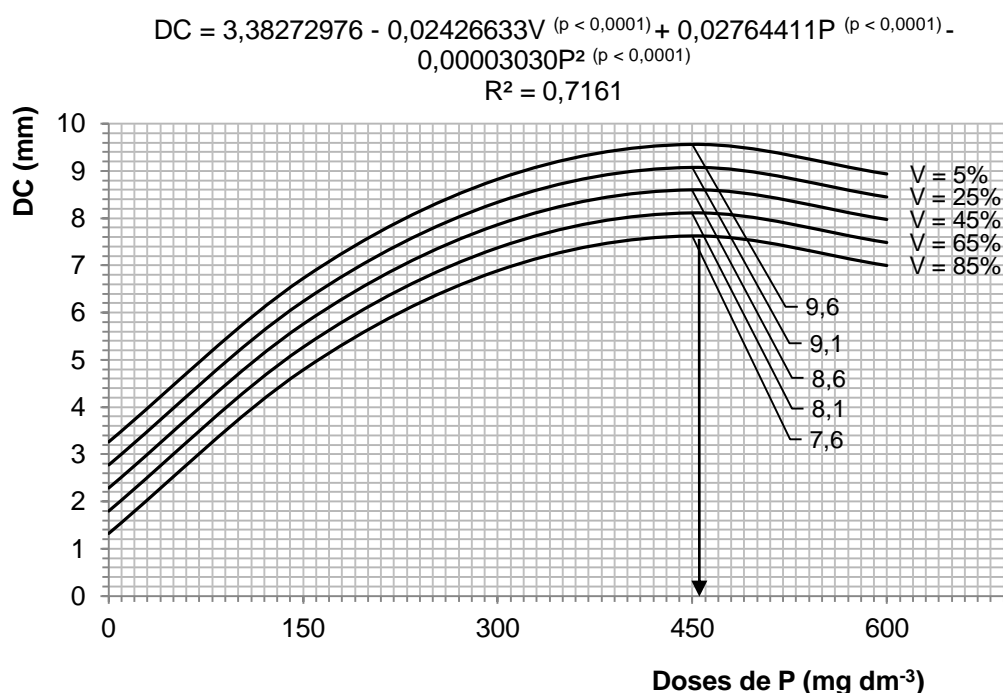


Figura 2 – Diâmetro do coleto (DC) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta às doses de P, através do modelo de superfície resposta, com a indicação dos diâmetros do coleto para a dose ótima de P, em cada saturação por bases.

Schumacher e Ceconi (2004) ao avaliarem a adubação fosfatada no crescimento de mudas de angico vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan), 130 dias após a semeadura, utilizando vasos de polipropileno com 2 dm<sup>3</sup> de Argissolo Vermelho-Amarelo, encontraram a dose 450 mg dm<sup>-3</sup> de P para a altura, valor próximo ao obtido no presente estudo, já para o diâmetro do coleto a dose ótima encontrada por estes autores foi 360 mg dm<sup>-3</sup> de P.

Alguns autores também encontraram resposta quadrática à adubação fosfatada, para as variáveis altura e diâmetro do coleto. Santin et al. (2008) ao avaliarem mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), 270 dias após a repicagem, em vasos com 2 dm<sup>3</sup> do substrato Argissolo Vermelho-Amarelo, obtiveram valores máximos de altura e diâmetro do coleto nas doses 533,0 e 435,2 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente. Freitas et al. (2017a) avaliando a espécie cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.), 65 dias após a repicagem, em vaso de polietileno rígido com 1,8 dm<sup>3</sup> do substrato Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, em resposta às doses 0, 120, 240, 360, 480 e 600 mg dm<sup>-3</sup> de P e às saturações por bases do substrato 3,5 (original), 25, 40, 55 e 70% encontraram a maior altura na dose 319,99 mg dm<sup>-3</sup> de P

na elevação da saturação por bases do substrato de 55% e também valores próximos dessa altura nas doses 413 e 525 mg dm<sup>-3</sup> de P, nas elevações da saturação por bases do substrato de 25 e 70%, respectivamente. A aplicação de 413 mg dm<sup>-3</sup> de P observada por esses autores, para obtenção da máxima altura, se aproxima à observada no presente estudo (445,98 mg dm<sup>-3</sup> de P). O valor de elevação da saturação por bases do substrato (25%) observada por eles também é o recomendado no presente estudo. Para o diâmetro do coleto, além da resposta quadrática, Freitas et al. (2017a) observaram resposta linear (substrato sem calagem). A dose ótima observada por eles para o diâmetro do coleto foi 323,93 mg dm<sup>-3</sup> de P na elevação da saturação por bases do substrato de 55%, enquanto que para o substrato sem calagem (resposta linear), o maior valor foi obtido na maior dose estudada (600 mg dm<sup>-3</sup> de P).

Outras espécies florestais foram responsivas à adubação fosfatada para a altura e o diâmetro do coleto açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) (CECONI et al., 2006), angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) (GOMES et al., 2004); angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) (GONÇALVES et al., 2008); cerejeira (*Amburana acreana* Ducke) (VIEIRA et al., 2015); fedegoso (*Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H.S. Irwin & Barnaby) (CRUZ et al., 2010); garapa (*Apuleia leiocarpa*) (GOMES et al., 2008); mogno (*Swietenia macrophylla* King.) (CARDOSO et al., 2015); sansão do campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) (GONÇALVES et al., 2010).

Vários fatores influenciam a quantidade de fósforo a ser aplicada no solo, como a característica do solo e a disponibilidade deste nutriente no mesmo, a necessidade da espécie, fatores econômicos, entre outros (SCHUMACHER e CECONI, 2004).

A altura da parte aérea está entre os parâmetros mais importantes para a estimativa do crescimento inicial das mudas em campo, sendo um método não destrutivo (GOMES e PAIVA, 2013). Outro parâmetro fundamental para avaliar a sobrevivência e crescimento no campo após o plantio é o diâmetro do coleto, seja sozinho ou associado à altura (SOUZA et al., 2006; GOMES e PAIVA, 2013).

Para a relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (RH/DC), foi observado efeito quadrático da adubação fosfatada em mudas de goiabeira aos 154 dias após a repicagem (Figura 3). Os menores valores da relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto estão associados à dose 0 mg dm<sup>-3</sup> de P.

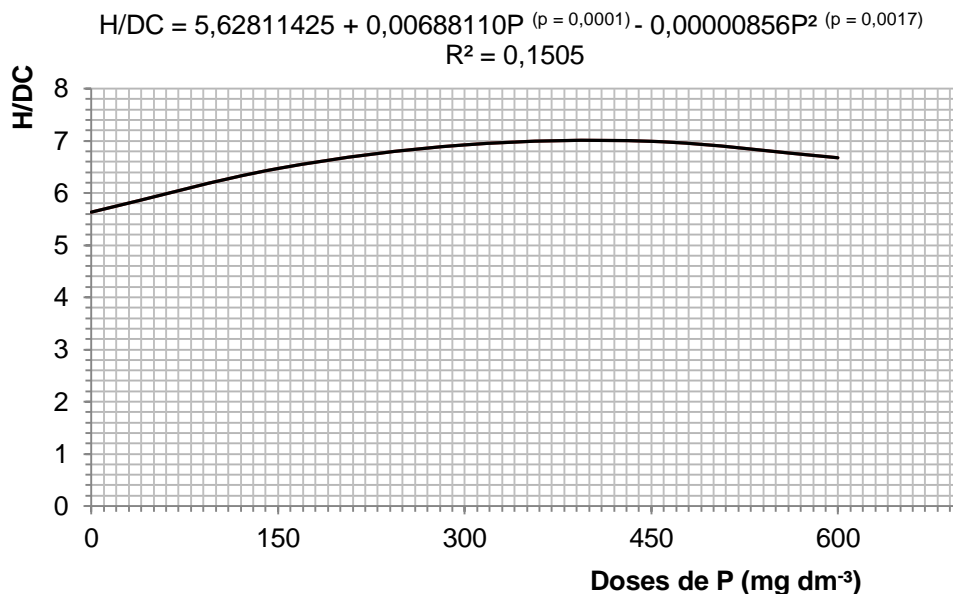


Figura 3 - Relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*), avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta às doses de P, através do modelo de superfície de resposta.

A relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto, não deve ser utilizada isolada como indicadora de qualidade de mudas (PAULA, 2018).

De acordo com Gomes e Paiva (2013), quanto menor o valor da relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto, maiores são as chances de sobrevivência da muda em campo. Esta relação representa o equilíbrio do crescimento, relacionando dois importantes parâmetros (altura e diâmetro do coleto) em um único índice, também chamado quociente de robustez (CARNEIRO, 1995).

A relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto representa o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro e essa relação, independente da fase de desenvolvimento da muda, deve estar na faixa de 5,4 a 8,1 (CARNEIRO, 1995). Para José et al. (2009), o valor desta relação menor que 10, indica mudas de boa qualidade. Diante o exposto, os valores da relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto encontrada neste estudo, indicam que as mudas estão em equilíbrio de crescimento e possuem boa qualidade.

Foi observado efeito linear da saturação por bases ( $p < 0,05$ ) para altura e diâmetro do coleto (Figuras 4 e 5). Assim, à medida em que se elevou a saturação por bases do substrato o crescimento em altura e o diâmetro do coleto diminuiram.

A maior altura (66,7 cm) e diâmetro do coleto (9,6 mm) foram encontrados no solo sem a correção da acidez, cuja saturação por bases é 5%, indicando que neste estudo a espécie se desenvolveu melhor em condição de solo ácido. Entretanto, pelos benefícios que a calagem proporciona ao solo, disponibilizando nutrientes para planta, e conseqüentemente o seu crescimento, recomenda-se a elevação da saturação por bases do substrato a 25%.

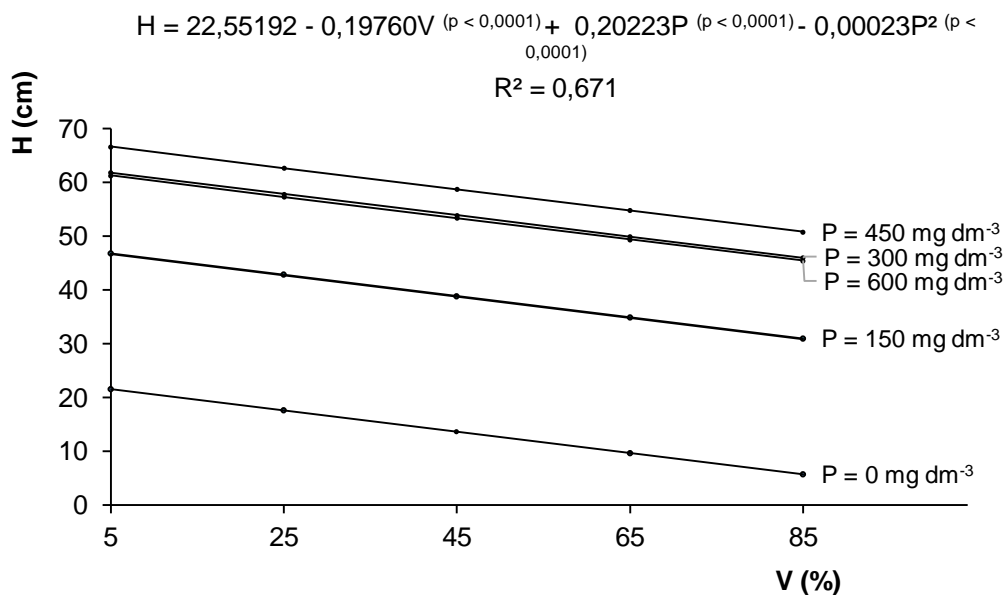


Figura 4 – Altura da parte aérea (H) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato.

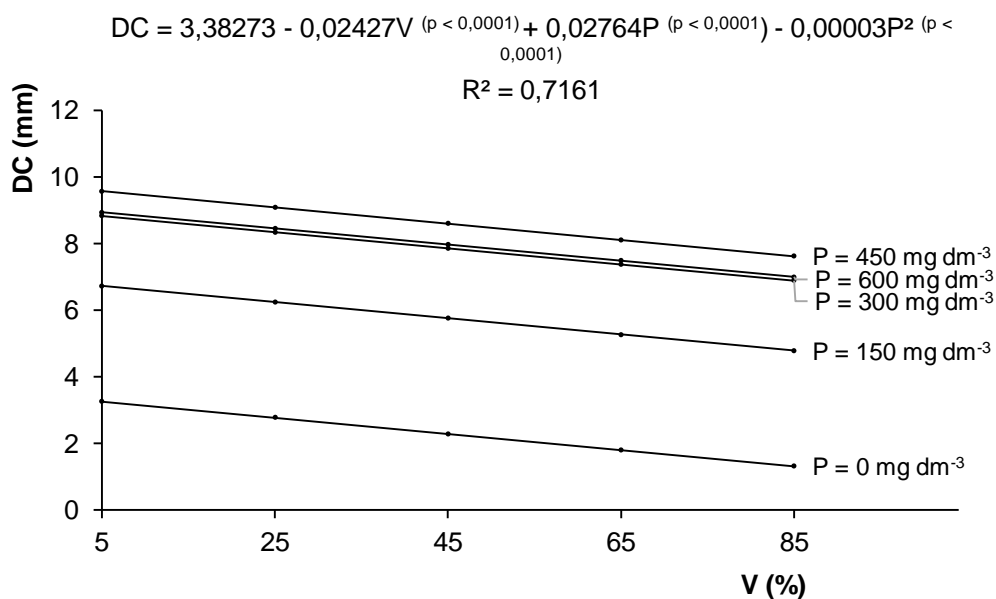


Figura 5 – Diâmetro do coleto (DC) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato.

Freitas et al. (2017b), avaliando o efeito da saturação por bases no crescimento e na qualidade de mudas de vinhático-da-mata (*Plathymenia foliolosa* Benth.), aos 118 dias após a repicagem, em vaso de polietileno rígido com 1,8 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, também encontraram resposta linear negativa à elevação da saturação por bases do substrato nos níveis estudados (3,5; 25; 40; 55 e 70%) para a altura e diâmetro do coleto.

Gomes et al. (2008) estudando o efeito da calagem no crescimento de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride), aos 120 dias após a semeadura, em vaso de polietileno rígido com 2 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho Distrófico, encontraram menores valores de altura e diâmetro do coleto na elevação da saturação por bases do substrato a 70%, que foi o maior valor de V (%) por eles estudados. De acordo com estes autores, ao se aumentar excessivamente o pH do solo, micronutrientes como o Zn e o Mn, podem ser precipitados ou terem uma menor disponibilidade, ocasionando o menor crescimento da planta devido ao comprometimento do seu estado nutricional. Para Marschner (1995), a disponibilidade do zinco e manganês é diminuída ao se aumentar o pH do solo, mais do que outros nutrientes, correndo o risco de ter deficiência após a calagem.

Bernardino et al. (2005), utilizando como substrato um Argissolo em vasos de polietileno rígido, avaliaram o efeito da saturação por bases em angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), 100 dias após a semeadura e não encontraram influência significativa à elevação da saturação por bases para as variáveis altura e diâmetro do coleto, porém ao utilizar um Latossolo distrófico como substrato, no mesmo tipo de recipiente e capacidade, encontraram resposta linear positiva à elevação da saturação por bases para a variável altura, enquanto para diâmetro do coleto houve ausência de resposta.

Souza et al. (2008) testaram três níveis de elevação da saturação por bases em três substratos para a espécie bico-de-pato (*Machaerium nictitans*) aos 120 dias após a semeadura em vaso de polietileno rígido: Argissolo Vermelho Amarelo (V = 50, 60 e 70%), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (V = 30, 50 e 70%), Latossolo Vermelho-Amarelo álico (V = 25, 45 e 65%). Estes autores observaram efeito significativo da elevação da saturação por bases do substrato para a altura apenas no Latossolo Vermelho-Amarelo álico, cuja elevação da saturação por bases a 40% foi a que obtiveram os maiores valores da variável avaliada.



De acordo com Freitas et al. (2018) existem diferentes respostas das espécies arbóreas à correção da acidez do solo, uma vez que pode haver tolerância à acidez.

Para a relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto houve ausência de resposta à elevação da saturação por bases do substrato em mudas de goiabeira, aos 154 dias após a repicagem.

Efeito não significativo à saturação por bases para a variável relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto foi observado por Freitas (2013), em mudas de vinhático-da-mata (*Plathyenia foliolosa* Benth.), avaliadas 118 dias após a repicagem, em vaso de polietileno com 1,8 dm<sup>3</sup> do substrato um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Bernardino et al. (2005), avaliando mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) nos substratos Latossolo álico, Argissolo, 100 dias após a semeadura, em vasos de polietileno rígido, não encontraram efeito significativo da calagem na relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto. Souza et al. (2008), testando à elevação da saturação por bases em três substratos (Argissolo Vermelho Amarelo (V = 50, 60 e 70%), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (V = 30, 50 e 70%), Latossolo Vermelho-Amarelo álico (V = 25, 45 e 65%)) na espécie bico-de-pato (*Machaerium nictitans*) aos 120 dias após a semeadura em vasos de polietileno rígido, também não obtiveram resposta à calagem no substrato Argissolo Vermelho Amarelo.

A ausência de resposta à calagem pode estar relacionada ao fato de o substrato conter teores suficientes de cálcio e magnésio para o desenvolvimento inicial da muda (SOUZA et al., 2008). Outra pressuposição é o fato que para todas as saturações, o crescimento da parte aérea e o diâmetro do coleto ocorreram equilibrados (BERNARDINO et al., 2005).

### **2.3.2. Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca da raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST)**

Foi observado efeito quadrático da aplicação de doses de fósforo ( $p < 0,05$ ) na massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) (Figura 6). O maior valor de MSPA (20,2 g) está associado à dose ótima de 448,18 mg dm<sup>-3</sup> de P.

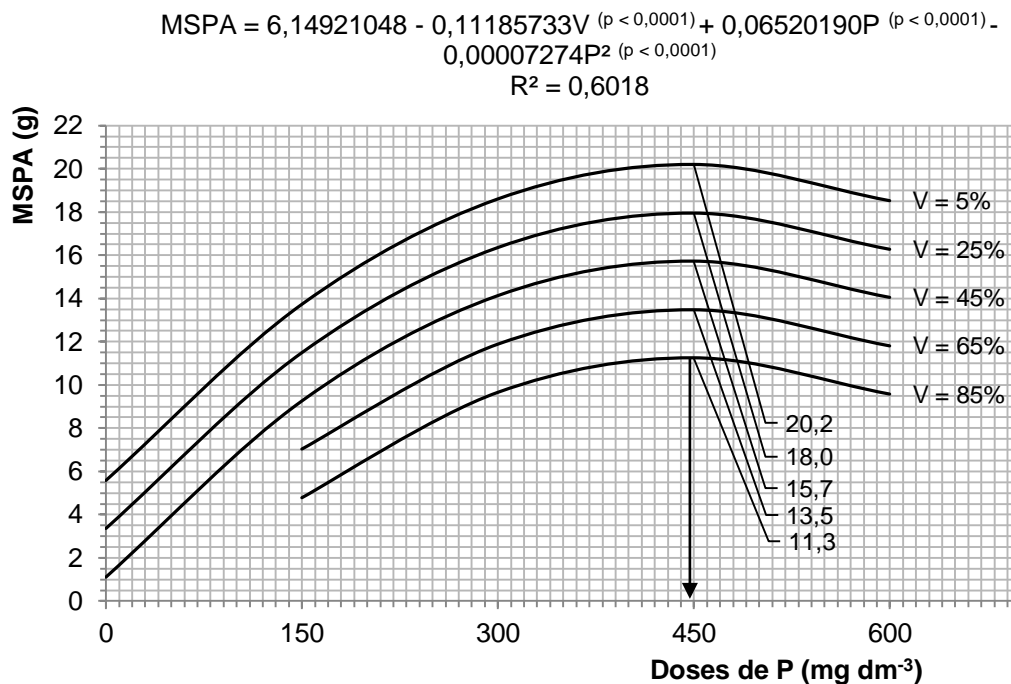


Figura 6 – Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*), avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta às doses de P, através do modelo de superfície de resposta, com a indicação das massas de matéria seca da parte aérea para a dose ótima de P, em cada saturação por bases.

Santin et al. (2008) ao avaliarem mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em vasos com 2 dm<sup>3</sup> do substrato Argissolo Vermelho-Amarelo, 270 dias após a repicagem, observaram efeito quadrático do fósforo para a massa de matéria seca da parte aérea, com a dose ótima de 438,8 mg dm<sup>-3</sup>. O mesmo comportamento foi observado por Cruz et al. (2012) em mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*), em vasos de polietileno rígido com 2,1 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho Amarelo álico, 120 dias após a semeadura, cuja dose recomendada foi 490,7 mg dm<sup>-3</sup>.

Gonçalves et al. (2008) avaliando macronutrientes em angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), em vaso de polipropileno rígido com 2,1 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura, encontraram efeito positivo do fósforo na massa de matéria seca da parte aérea e quando utilizaram Latossolo Vermelho-Amarelo álico chegaram à dose recomendada de 279,35 mg dm<sup>-3</sup> de P.

Ceconi et al. (2006), estudando o crescimento de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.), aos 120 dias após a semeadura em vasos de polipropileno com 2,0 dm<sup>3</sup> de Argissolo Vermelho-Amarelo, em resposta à adubação fosfatada encontraram

a dose ótima de 337,5 mg dm<sup>-3</sup> de P para a massa de matéria seca da parte aérea. A massa de matéria seca da parte aérea indica a rusticidade da muda, embora esse seja um método destrutivo (GOMES e PAIVA, 2013).

Para a produção de massa de matéria seca da raiz (MSR) houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre a elevação da saturação por bases do substrato e doses de fósforo em mudas de goiabeira, aos 154 dias após a repicagem (Figura 7). O maior valor observado (18,8 g) está associado à dose ótima de 584,86 mg dm<sup>-3</sup> de P no substrato sem calagem ( $V = 5\%$ ). Ao se elevar a saturação por bases do substrato para 25%, tem-se a dose ótima de 529,63 mg dm<sup>-3</sup> de P, sendo possível utilizar menos adubo fosfatado.

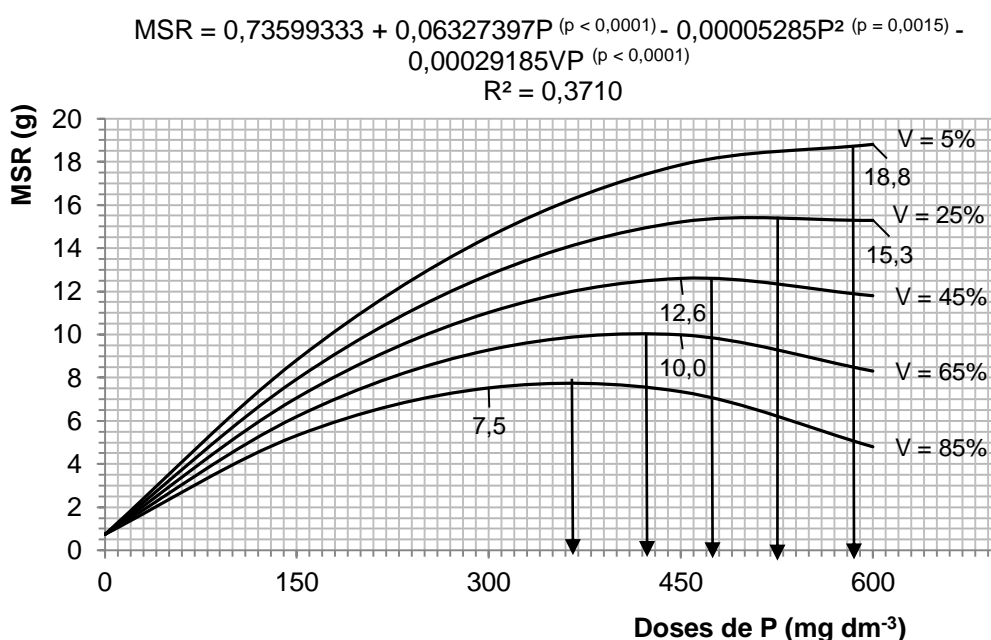


Figura 7 – Massa de matéria seca da raiz (MSR) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*), avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta às doses de P, através do modelo de superfície de resposta, com a indicação das massas de matéria seca da raiz para a dose ótima de P, em cada saturação por bases.

Santin et al. (2008), estudando mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em vasos com 2 dm<sup>3</sup> do substrato Argissolo Vermelho-Amarelo, 270 dias após a repicagem, obtiveram efeito quadrático do fósforo na massa de matéria seca da raiz, cujo o valor máximo obtido por eles foi na dose 410,7 mg dm<sup>-3</sup> de P. Ceconi et al. (2006), avaliando o efeito da adubação fosfatada sob o crescimento de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.), aos 120 dias após a semeadura em vasos de polipropileno

com 2,0 dm<sup>3</sup> de Argissolo Vermelho-Amarelo, encontraram para a massa de matéria seca da raiz, a dose ótima de 405,0 mg dm<sup>-3</sup> de P.

Gonçalves et al. (2008), avaliando macronutrientes em angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), em vaso de polipropileno rígido com 2,1 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho-Amarelo álico, 120 dias após a semeadura, observaram efeito quadrático do P na MSR, recomendando a dose de 206,83 mg dm<sup>-3</sup> deste nutriente.

De acordo com Gomes e Paiva (2013), quanto mais abundante o sistema radicular das mudas, maior o crescimento inicial e a sobrevivência quando levadas para campo. Para estes autores, o contato externo e direto de todo sistema radicular com o fósforo, aumenta a quantidade de raízes, formando torrão mais consistente devido a melhor agregação delas com o substrato, o que facilita o transporte para o campo, assim como o plantio das mudas.

A adubação fosfatada foi significativa ( $p < 0,05$ ) para a variável massa de matéria seca total (MST) em mudas de goiabeira aos 154 dias após a repicagem (Figura 8). O maior valor de massa de matéria seca total (37 g) está associado à dose ótima de 459,2 mg dm<sup>-3</sup> de P.

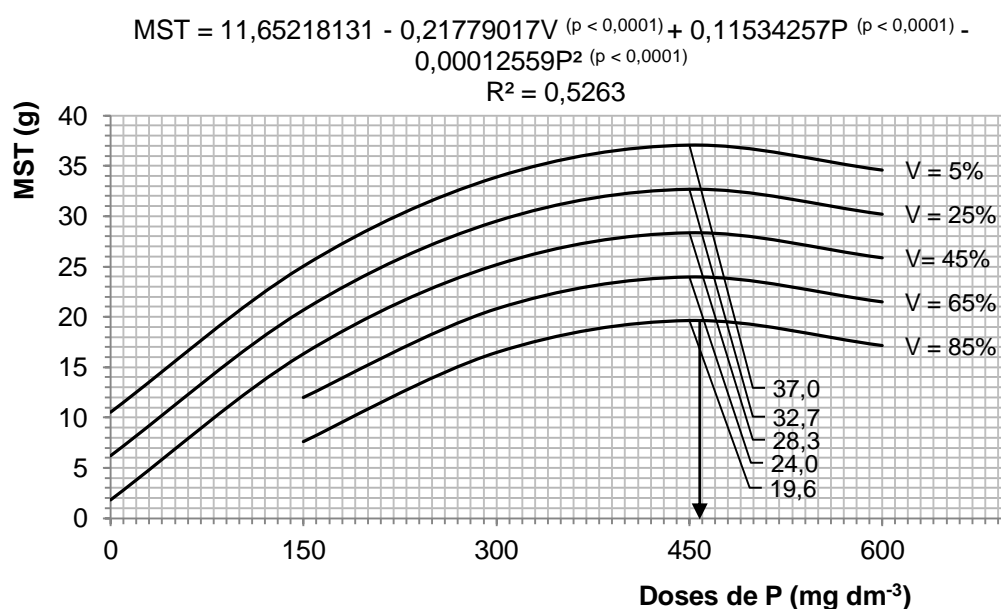


Figura 8 – Massa de matéria seca total (MST) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta às doses de P, através do modelo de superfície de resposta, com a indicação das massas de matéria seca total para a dose ótima de P, em cada saturação por bases.

Santin et al. (2008) ao avaliarem mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), em vasos com 2 dm<sup>3</sup> do substrato Argissolo Vermelho-Amarelo, observaram efeito quadrático de P na massa de matéria seca total, sendo os valores máximos obtidos por eles na dose de 430,3 mg dm<sup>-3</sup>, valor próximo ao observado no presente estudo (459,2 mg dm<sup>-3</sup>). Ceconi et al. (2006), estudando o efeito da adubação fosfatada sob o crescimento de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.), aos 120 dias após a semeadura em vasos de polipropileno com 2,0 dm<sup>3</sup> de Argissolo Vermelho-Amarelo, encontraram a dose ótima de 360 mg dm<sup>-3</sup> de P para a massa de matéria seca total.

Andrade et al. (2018), avaliando a adubação fosfatada na produção de mudas cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.) 120 dias após a semeadura, em tubetes com capacidade de 55 cm<sup>3</sup> com substrato comercial (vermiculita, casca de pinus e turfa), também encontraram efeito positivo à adição de fósforo na massa de matéria seca total, cuja a dose ótima foi de 500 mg dm<sup>-3</sup> de P.

A elevação da saturação por bases apresentou resposta linear negativa ( $p < 0,05$ ), para a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca total (MST) (Figuras 9 e 10).

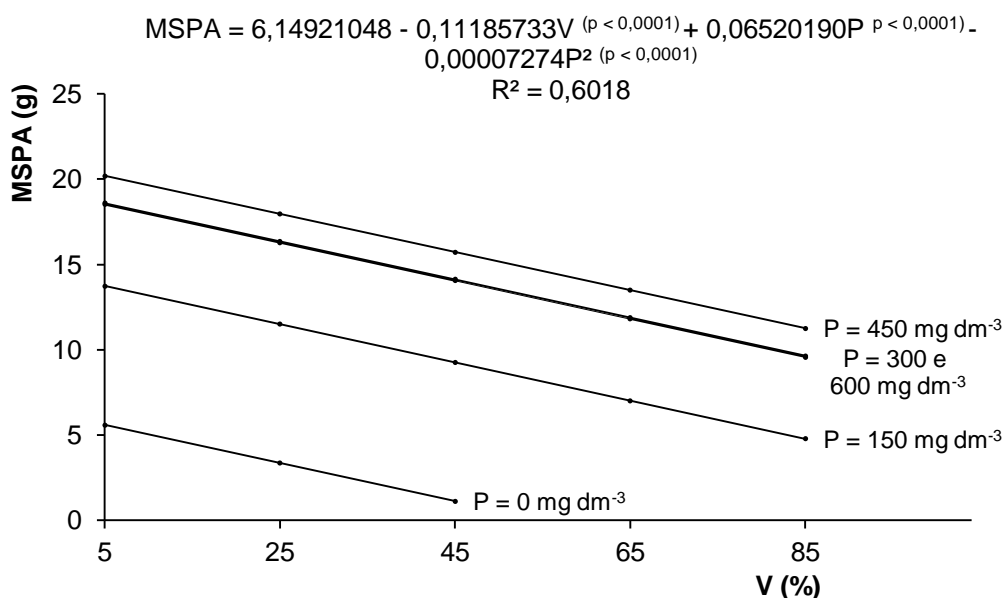


Figura 9 – Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato.

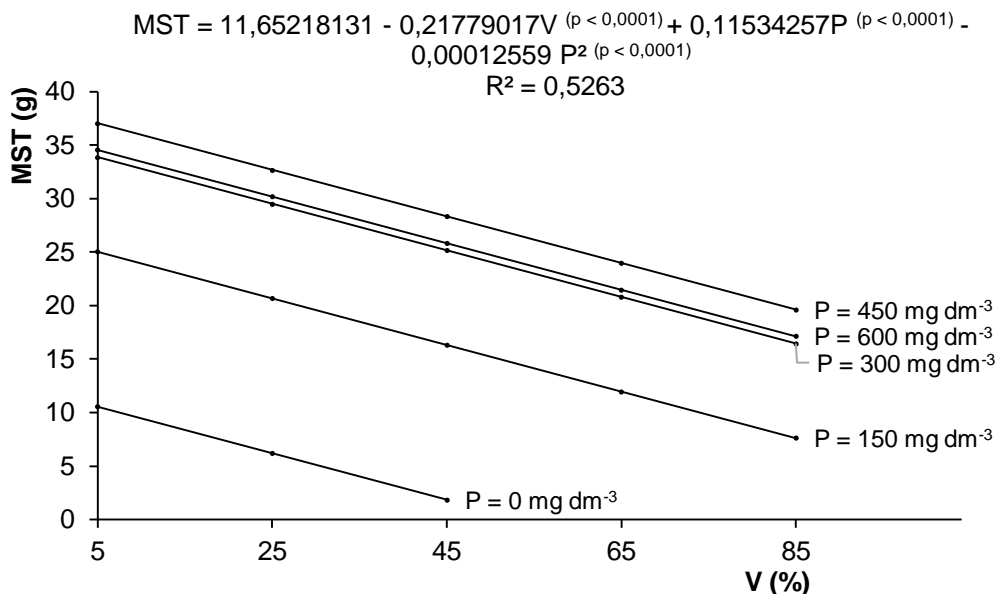


Figura 10 – Massa de matéria seca total (MST) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato.

Resposta linear negativa também foi observada em um estudo semelhante a este, conduzido por Freitas et al. (2017b), avaliando o efeito da saturação por bases no crescimento e na qualidade em mudas de vinhático-da-mata (*Plathyenia foliolosa* Benth.), aos 118 dias após a repicagem, em vaso de polietileno rígido com 1,8 dm<sup>3</sup> do substrato Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico nas saturações 3,5; 25; 40; 55 e 70%.

Resposta contrária foi encontrada por Bernardino et al. (2005), ao avaliarem o efeito da saturação por bases em angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) 100 dias após a semeadura, em vasos de polietileno rígido, utilizando como substrato um Latossolo distrófico, cujos valores de massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca total obtiveram resposta linear positiva à elevação da saturação por bases do substrato.

Souza et al. (2008), avaliando bico-de-pato (*Machaerium nictitans*) aos 120 dias após a semeadura, utilizando vasos de polietileno rígido, obtiveram efeito quadrático à elevação da saturação por bases no substrato Latossolo Vermelho-Amarelo álico, os maiores valores foram encontrados próximos à saturação de 40%. Estes mesmos autores ao testarem os substratos Argissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, não encontraram efeito significativo da calagem.

### 2.3.3. Relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA), relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz (MSPA/MSR), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD)

A adubação fosfatada resultou em efeito quadrático ( $p < 0,05$ ) na relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) (Figura 11). O menor valor desta relação está associado à dose de 431,92 mg dm<sup>-3</sup> de P.

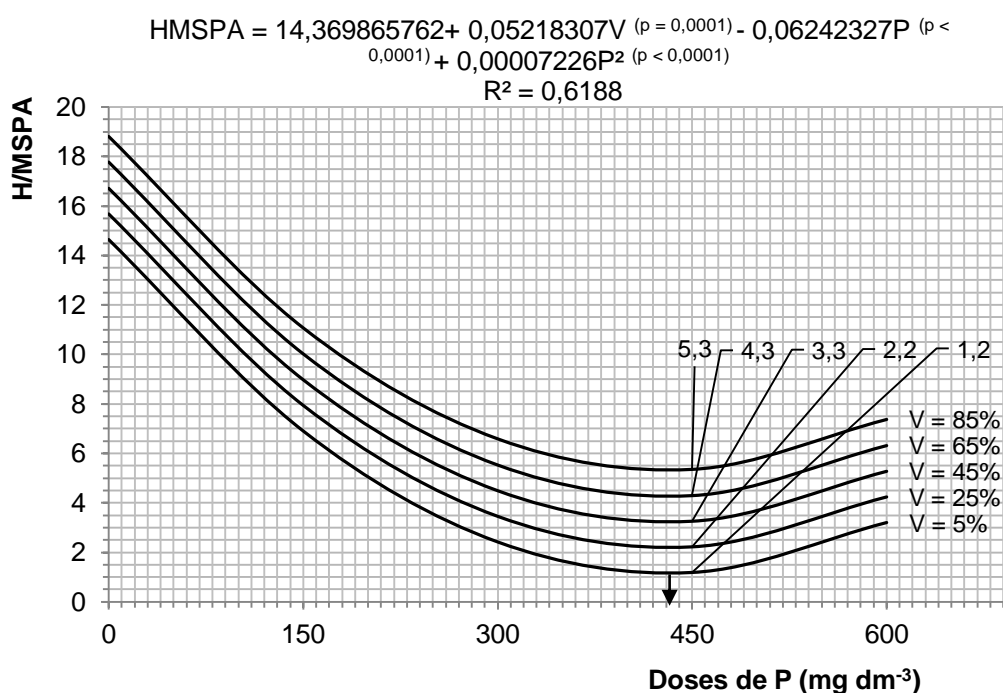


Figura 11 – Relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta às doses de P, através do modelo de superfície de resposta, com a indicação das relações entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea para a dose ótima de P, em cada saturação por bases.

Efeito linear negativo da adubação fosfatada para a relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea foi observado por Cruz et al. (2012) em mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*), cultivadas em vasos de polietileno rígido com 2,1 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho-Amarelo álico, 120 dias após a semeadura. Resposta contrária a este estudo ocorreu na espécie paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), a qual foi responsiva à adubação fosfatada (CAIONE et al., 2012).

Embora não seja muito utilizado como índice para avaliar a qualidade das mudas, a relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea pode prever a sobrevivência da muda em campo, pois valor menor indica que mais lenhificada é a muda e então, poderá ter maior sobrevivência em campo (GOMES e PAIVA, 2013).

Neste estudo, a relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) não foi afetada significativamente pela adubação fosfatada e a elevação da saturação por bases do substrato. Para esta relação, o valor 2,0 é considerado bom índice para qualidade de mudas (GOMES e PAIVA, 2013).

A adubação fosfatada resultou em efeito quadrático ( $p < 0,05$ ) para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Figura 12). O maior Índice de Qualidade de Dickson (4,5) está associado à dose ótima de  $468,59 \text{ mg dm}^{-3}$  de P.

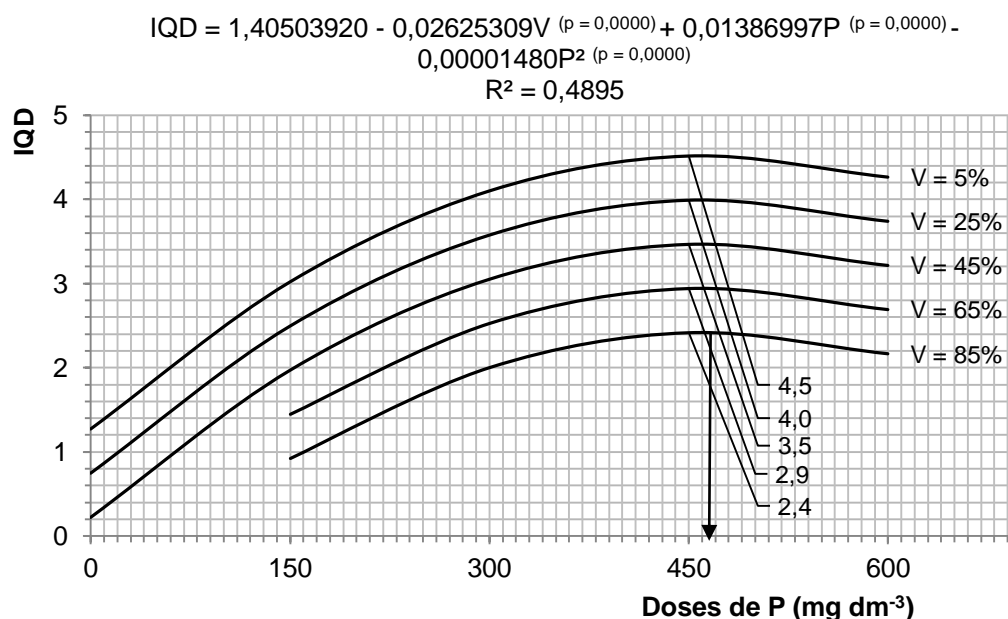


Figura 12 – Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta às doses de P, através do modelo de superfície de resposta, com a indicação dos Índices de Qualidade de Dickson para a dose ótima de P, em cada saturação por bases.

Andrade et al. (2018), avaliando a adubação fosfatada na produção de mudas de cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.), aos 120 dias após a semeadura, em tubetes com capacidade de  $55 \text{ cm}^3$  com substrato comercial (vermiculita, casca de pinus e turfa) também encontraram efeito quadrático do fósforo no Índice de Qualidade



de Dickson, sendo o maior valor obtido na dose ótima de  $500 \text{ mg dm}^{-3}$  de P. O mesmo comportamento, foi observado por Freitas et al. (2017b), estudando vinhático-da-mata (*Plathymenia foliolosa* Benth.) aos 118 dias após a repicagem, utilizando vaso de polietileno rígido com  $1,8 \text{ dm}^3$  de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico como substrato, sendo os maiores valores de Índice de Qualidade de Dickson encontrados na dose  $300 \text{ mg dm}^{-3}$  de P.

Para Garcia e Souza (2015), as espécies florestais têm diferentes respostas à aplicação de adubação fosfatada. Esses mesmos autores, testando diferentes doses de P (0, 800, 1600 e  $2400 \text{ mg dm}^{-3}$ ) aplicadas à mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), em saco plástico com dimensões de 21x11 cm preenchidos com um solo coletado em área agrícola, 96 dias após a semeadura encontraram maior Índice de Qualidade de Dickson nas doses 0 e  $800 \text{ mg dm}^{-3}$ .

O Índice de Qualidade de Dickson é considerado um bom indicador de qualidade das mudas por levar em conta no seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, ponderando os resultados de diversas características importantes utilizadas para a avaliação da qualidade (FONSECA et al., 2002). Maiores valores desse índice expressam melhor qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2013).

Foi observado efeito linear ( $p < 0,05$ ) para a relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Figura 13). O valor mínimo (1,17) foi encontrado no substrato sem calagem ( $V = 5 \%$ ).

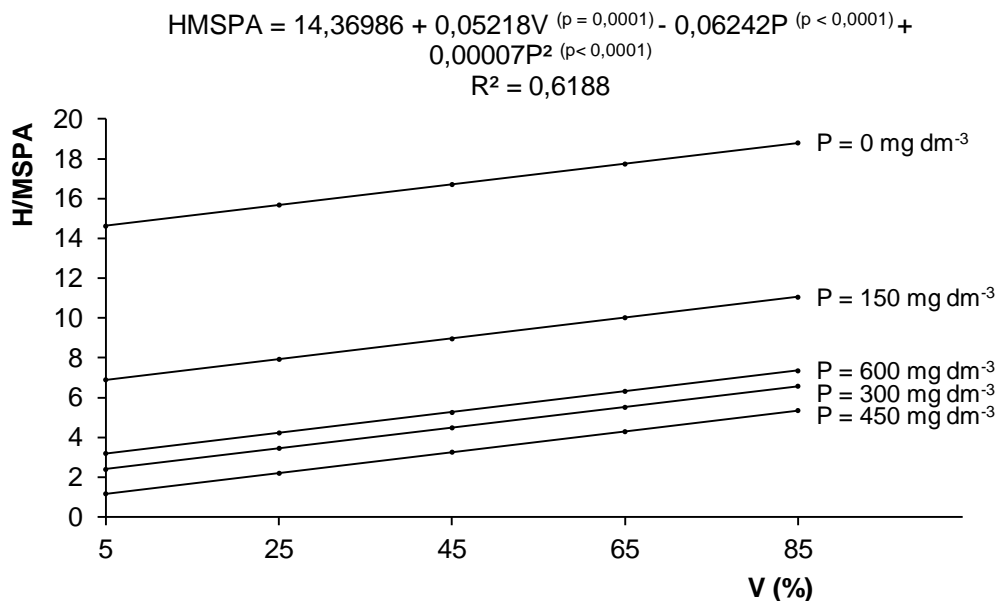


Figura 13 – Relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato.

Bernardino et al. (2005), ao avaliarem o efeito da saturação por bases em angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), 100 dias após a semeadura, em vasos de polietileno rígido, utilizando como substrato um Latossolo álico, encontraram efeito significativo da saturação por bases na relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea, sendo o ponto de mínimo na saturação 48%. No presente estudo, as mudas na saturação por bases 5 %, ou seja, no solo sem receber calagem, apresentaram menores valores da relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea. De acordo com Gomes e Paiva (2013), os menores valores desta relação indicam que as mudas são mais lenhificadas, podendo apresentar maior sobrevivência em campo.

A elevação da saturação por bases do substrato foi significativa ( $p < 0,05$ ) e apresentou resposta linear negativa para o Índice de Qualidade de Dickson (Figura 14), ou seja, ao elevar a saturação por bases do substrato a qualidade das mudas diminuiu. Contudo, ainda assim, recomenda-se a elevação da saturação do substrato de 25%, a fim de melhorar a disponibilidade de nutrientes para a absorção pelas plantas.

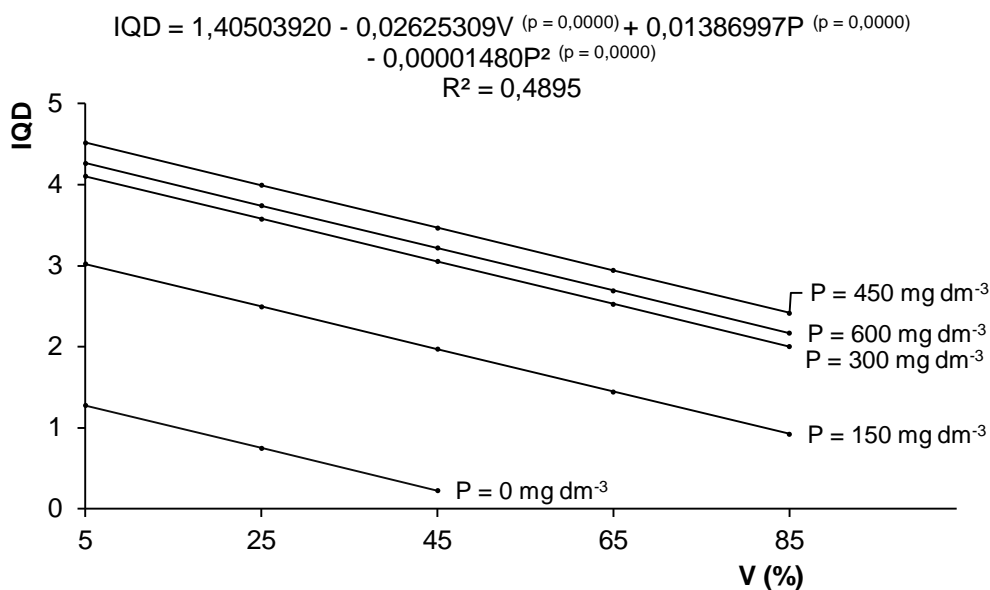


Figura 14 – Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 154 dias após a repicagem, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato

Comportamento semelhante foi encontrado por Freitas et al. (2017b), avaliando vinhático-da-mata (*Plathyenia foliolosa* Benth), 118 dias após a repicagem, em vaso de polietileno com 1,8 dm<sup>3</sup> do substrato Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, onde a elevação da saturação por bases influenciou negativamente o Índice de Qualidade de Dickson. Freitas (2013) em estudo semelhante, utilizando o mesmo substrato para mudas de baru (*Dipteryx alata* Vogel), aos 150 dias após a semeadura, encontrou resposta quadrática para a elevação da saturação por bases do substrato.

Resposta quadrática à elevação da saturação por bases do substrato para o IQD, também foi descrita por Bernardino et al. (2005) em mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), utilizando como substrato um Latossolo álico, 100 dias após a semeadura, em vasos de polietileno. Ainda, utilizando um Latossolo distrófico e um Argissolo como substratos encontraram resposta linear positiva e ausência de resposta, respectivamente, à elevação da saturação por bases do substrato para o Índice de Qualidade de Dickson.

Freitas et al. (2017a), avaliando o efeito da saturação por bases no crescimento e na qualidade de mudas de cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.), aos 65 dias após a repicagem, em vaso de polietileno rígido com 1,8 dm<sup>3</sup> do substrato Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, encontrou efeito significativo da elevação da saturação

por bases do substrato para o Índice de Qualidade de Dickson. O maior valor desta variável foi encontrado na elevação da saturação por bases do substrato de 25% e na dose de 600 mg dm<sup>-3</sup> de P.

#### **2.4. Conclusões e recomendação**

A hipótese H0 (1), de que as características avaliadas independem dos níveis de saturação por bases (V) foi rejeitada para todas variáveis, exceto para H/DC e MSPA/MSR ( $p > 0,05$ ).

A hipótese H0 (2), de que as características avaliadas independem dos níveis do fator (P) foi rejeitada para todas variáveis, exceto para MSPA/MSR ( $p > 0,05$ ).

A hipótese H0 (3), de que as características avaliadas independem da interação V x P foi rejeitada para todas variáveis, exceto para H, H/DC e MSPA/MSR ( $p > 0,05$ ).

A adubação fosfatada contribui positivamente para o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*), sendo que maiores crescimentos e melhor qualidade de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) são obtidos com a aplicação de 432 a 585 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo, incorporado ao solo antes da repicagem.

Com base na massa de matéria seca total e no Índice de Qualidade de Dickson, recomenda-se a dose 464 mg dm<sup>-3</sup> de P e a elevação da saturação por bases a 25% para a produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) incorporada ao solo antes da repicagem.

## Referências bibliográficas

- ADAMI, C.; HEBLING, S. Efeitos de diferentes fontes de fosfato no crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake. **Natureza on line**, v. 03, n. 01, p. 13-18. 2005.
- ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus, 2016, 130p.
- ALVAREZ V., H. V.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., H. V. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-61.
- ALVAREZ V., V. H; DIAS, L. E.; LEITE, P. B.; SOUZA R. B.; RIBEIRO JUNIOR, E. S. Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 111-119. 2006.
- ANDRADE, R. H. M.; FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; MEDEIROS, R. A. Adubação fosfatada na produção de mudas de *Cassia ferruginea* e *Cassia grandis*. **Nucleus**, v.15, n.1, p.41-50, 2018.
- BARBOSA, F. R.; LIMA, M. F. **A cultura da goiaba**. 2ª ed. Brasília, DF. Embrapa informações tecnológicas, 2010, 180 p.
- BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 863-870. 2005.
- CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, jun. 2012.
- CARDOSO, A. A. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; FARIAS, E. P.; MOURA, R. P. M. Influência da acidez e do teor de fósforo do solo no crescimento inicial do mogno. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 81, p. 1-10, jan./mar. 2015.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995. 451 p.
- CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, jul./set. 2006.
- CRETTON, V. C. **Adubação potássica para a goiabeira (*Psidium guajava* L.) em formação na região Norte Fluminense**. 2006. 61 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, Campos dos Goytacazes.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; CUNHA, A. C. M. C. M. Resposta de mudas de *Senna macranthera* (DC. EC COLLAD.) H.S. IRWIN & BARNABY (fedegoso) cultivadas em latossolo vermelho amarelo distrófico a macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 13-24. 2010.

CRUZ, C.F.A.; PAIVA, H.N.; CUNHA, A. C. M.C.M; NEVES, J.C.L. Produção de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 87-98, 2012.

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

FERREIRA, M. N. L. **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (*Psidium guajava* L) irrigada por microaspersão em Petrolina-PE.** 2004. 106f. Tese (Doutorado em Irrigação) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, Piracicaba, 2004.

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

FRANCISCO, V. L. F.; BAPTISTELLA, C.S.L.; AMARO, A.A. **A cultura da goiaba em São Paulo.** IEA – Instituto de Economia Agrícola. 2005. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1902>>. Acesso em: 13 jul. 2019.

FREITAS, E. C. S. **Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f., *Plathymenia foliosa* Benth. e *Dipteryx alata* Vogel em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato.** 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.

FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal** (UFSM. Impresso), v. 27, p. 509-519. 2017a.

FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N. Effect of phosphate fertilization and base saturation of substrate on the seedlings growth and quality of *Plathymenia foliolosa* Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 1-9. 2017b.

FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N. Seedling growth of *Dipteryx alata* under phosphorus fertilization and liming. **Revista Ambiente**, Guarapuava, v.14, n. 2, p. 267- 281, maio/ago. 2018.

GARCIA, E. A.; SOUZA, J. P. Avaliação da qualidade de mudas de *Schizolobium parahyba* em função de diferentes aplicações de adubo fosfatado. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 6, p. 51-59. 2015.

GOMES, F. S. Carotenóides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Brazilian Journal of Nutrition**, Campinas, SP, v.20, n. 5, p. 537-548, set/out. 2007.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 116p.

GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; SILVA, S. R. Crescimento de mudas de garapa em resposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 387-394. 2008.

GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; SILVA, S. R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico branco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 785-792. 2004.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1029-1040. 2008.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Crescimento de mudas de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes doses de macronutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 599-609, dez. 2010.

GONZAGA NETO, L; SOARES, J. M. **Goiaba para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 49p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, n.5).

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebenthifolia* Raddi). **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 3, p. 73-86, jan/mar. 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum, 1992. 385p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.

NACHTIGAL, J. C.; MARTINS, C. R.; NACHTIGAL, G. F. **Sistema de produção de goiabas para pequenos produtores do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 105 p. (Sistemas de Produção, 22).

PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW DC))**. 1994. 57f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa, 1994.

PAULA, S. D. **Adubação nitrogenada na produção de mudas de *Peltophorum dubium*, *Psidium guajava* e *Colubrina glandulosa***. 2018. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

PEDROSO, E. J. **Enraizamento de miniestacas e ecofisiologia de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidades de radiação solar**. 2016. 49 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

PEREIRA, T.; CARLOS, L. D. A.; OLIVEIRA, J. G.; MONTEIRO, A. Influência das condições de armazenamento nas características físicas e químicas de goiaba (*Psidium guajava*), cv. Cortibel de polpa branca. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 276-284. 2006.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RISTERUCCI, A. M.; DUVAL, M. F.; ROHDE, W.; BILLOTE, N. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Psidium guajava* L. **Molecular Ecology Notes**, Oxford, v. 5, p. 745-748. 2005.

SANTIN, D. BENEDETTI, E. L., BRONDANI, G. E.; REISMANN, C. B.; ORRUTÉA, A. G.; ROVEDA, L. F. Crescimento de mudas de erva-mate fertilizadas com N, P e K. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 56-66. 2008.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 799-807. 2008.

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 149-155. 2004.

SENA, J. S.; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N., HARA, F. A. S. Efeito da calagem e da correção dos teores de Ca e Mg do solo sobre o crescimento de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 2, p. 309-317, abr./jun. 2010.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, R.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

SOUZA, P. H.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, L. S. Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas de *Machaerium nictitans* (Vell.) Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 193-201. 2008.



TAVARES, S. W.; DUTRA, L. F. SARTORETTO, L.; VAHL, L. C. Efeito do fósforo no desenvolvimento inicial de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, n. 2, p. 103-106, mai/ago. 1995.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Saturação por bases e doses de P no crescimento e nutrição de mudas de cerejeira (*Amburana acreana* DUCKE). **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 1-9. 2015.

### 3. CAPÍTULO 2: Crescimento e qualidade de mudas de *Samanea inopinata* (Harms) Ducke em resposta à adubação fosfatada e à saturação por bases do substrato.

#### Resumo

As espécies florestais podem ter diferentes usos, dentre eles a recuperação de áreas degradadas, proteção do solo e da água, plantio comercial e ainda, diversos produtos. Cada espécie apresenta uma demanda nutricional, porém devido à falta de informações normalmente são utilizadas recomendações daquelas comercializadas em maior escala. Em projetos de recuperação, é necessário garantir que as mudas utilizadas tenham alta porcentagem de sobrevivência em campo. O fornecimento de nutrientes através da adubação e a correção da acidez através da calagem são de fundamental importância para a produção de mudas de boa qualidade. Um nutriente importante é o fósforo que é fortemente adsorvido pelo solo. Por participar de processos fisiológicos da planta, sua deficiência nos substratos acarreta em crescimento irregular da parte aérea e da raiz. A correção da acidez também permite melhor desenvolvimento radicular, podendo auxiliar no ganho de produtividade. Neste estudo foi avaliado o crescimento e a qualidade de mudas de sete-cascas em resposta à calagem e à adubação fosfatada. O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo. Adotou-se um esquema fatorial envolvendo 2 níveis de saturação por bases (saturação de bases em condições naturais ( $V = 5\%$ ) e  $55\%$ ) e cinco doses de P (0, 150, 300, 450 e  $600 \text{ mg dm}^{-3}$ ), com cinco repetições, dispostos no delineamento blocos casualizados, utilizando vasos com capacidade para  $1,5 \text{ dm}^3$  de solo. Aos 145 dias após a semeadura foram coletados dados de altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR), e calculadas a massa de matéria seca total (MST), as relações H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A adubação fosfatada e a calagem contribuíram positivamente para o crescimento e a qualidade de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*). Os maiores valores observados das variáveis analisadas sugerem que a dose ótima está acima da máxima estudada  $600 \text{ mg dm}^{-3}$ .

### 3.1. Introdução

As espécies florestais nativas podem ter potencial para usos distintos, como a produção madeireira ou multiprodutos (ROSSA et al., 2013). Elas apresentam diferentes exigências nutricionais e muitas vezes não são usadas para plantios comerciais pelo pouco conhecimento sobre essas exigências (SOUZA et al., 2006; CAIONE et al., 2012). Na produção de mudas tem-se usado recomendações de espécies com maior interesse econômico, a exemplo, o eucalipto (CAIONE et al., 2012; FREITAS, 2013). Contudo, há interesse nos estudos silviculturais de espécies florestais nativas (ROSSA et al., 2013).

Para exploração tecnológica do potencial de espécies florestais nativas, é necessário conhecer suas demandas nutricionais e a sua capacidade de se adaptar em diferentes condições ambientais (FURTINI NETO et al., 1999). Essas espécies em projetos para recuperação de áreas degradadas ou proteção dos recursos hídricos, reestabelecem as condições ecológicas próximas à anterior, sendo essenciais para o equilíbrio ambiental dessas áreas (FURTINI NETO et al., 1999; SANTOS et al., 2008).

Produzir mudas é uma fase importante para projetos de reflorestamento e estabelecimento de plantios florestais, pois a produção de mudas de boa qualidade garante uma maior sobrevivência no campo (CRUZ et al., 2006; CAIONE et al., 2012; FREITAS, 2013). Para Cruz et al. (2006), quando as mudas possuem folhas de tamanho e coloração típica da espécie, estão vigorosas e bem nutridas.

Se a quantidade de nutriente necessária à planta é menor que a quantidade disponível no solo, é necessário realizar a adubação da planta (FREITAS, 2013). Um nutriente indispensável à planta é o fósforo, pois participa de processos fisiológicos, além de ser importante para o crescimento radicular, entretanto é pouco disponível em solos mais intemperizados (ADAMI e HEBLING, 2005; SANTOS et al., 2008). Sua deficiência nos substratos para a produção de mudas prejudica a qualidade da mesma, uma vez que acarreta em crescimento irregular da parte aérea e da raiz (GOMES e PAIVA, 2013).

A maioria dos solos brasileiros está na classe dos Latossolos, que são bastante intemperizados e ácidos (KER, 1997; JORDÃO et al., 2000). Na produção de mudas de espécies arbóreas nativas, normalmente usa-se terra de subsolo, pois pela sua

abundância acarreta em menor custo, embora possa apresentar elevada acidez (CARNEIRO, 1995; SENA et al., 2010).

A acidez dos solos e/ou a baixa fertilidade dos mesmos, tem prejudicado o estabelecimento das mudas após o plantio (FURTINI NETO et al., 1999). Através da calagem é possível a correção desta acidez. Esta prática permite melhor desenvolvimento radicular e talvez seja o passo inicial para ganhos de produtividade (RIBEIRO et al., 1999).

A espécie sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke) é nativa do Brasil e pertence à família Fabaceae Mimosoideae (FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO). Possui distribuição geográfica no Nordeste (Bahia, Maranhão, Pernambuco) e no Norte (Roraima), pertencendo à Caatinga e Amazônia (FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO). Apresenta rápido crescimento, sendo classificada como secundária inicial e seu fruto é seco (CRUZ et al., 2006). A madeira é macia e possui pouca durabilidade (CRUZ et al., 2006). A espécie possui alto potencial para o paisagismo e arborização urbana, podendo ser utilizada em parques, jardins e praças (CRUZ et al., 2006).

Visto que esta espécie se encontra em domínios bastante desmatados, ela pode vir a ter um potencial na recuperação dessas áreas, principalmente pelo seu rápido crescimento, além de já possuir potencial para a arborização urbana, como mencionado por Cruz et al. (2006). Devido à falta de informações sobre a exigência nutricional da sete-cascas em relação ao fósforo, bem como seu comportamento em relação à acidez, objetivou-se estudar o crescimento e a qualidade de mudas desta espécie em resposta à adubação fosfatada e à calagem.

### **3.2. Material e métodos**

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas Florestais, pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (DEF-UFV), Viçosa – MG, cujas coordenadas geográficas são 20°45'45" S de latitude e 42°52'04" W de longitude, a 680 metros de altitude (PEDROSO, 2016). Inserida na Zona da Mata, Viçosa possui temperaturas média máxima de 26°, média mínima de 14°C e a precipitação média anual é de 1220 mm (PEDROSO, 2016). Segundo o

mesmo autor, de acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, com verões chuvosos e invernos secos.

O solo utilizado é caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo, coletado no setor de Dendrologia, pertencente também à Universidade Federal de Viçosa (UFV), na camada de 20-40 cm de profundidade e transportado ao Viveiro, onde foi peneirado em peneiras de malha de 5 mm. Uma amostra foi enviada ao laboratório de Fertilidade de Solos (Departamento de Solos da UFV) onde foi realizada a análise de caracterização química (Tabela 1) e física (14% de areia grossa, 8% de areia fina, 10% de silte e 68% de argila, de classe textural muito argilosa).

Tabela 1 – Caracterização química do solo utilizado para a produção de mudas de sete-casas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke)

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	P-Rem
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%	mg L <sup>-1</sup>	
4,62	0,7	5	0,16	0,03	0,87	3,8	0,2	1,07	4	5	81,3	17,2

pH em água - Relação 1:2,5; P e K - Extrator Mehlich 1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> - Extrator: KCl - 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7,0; SB = Soma de bases trocáveis; t = Capacidade de troca catiônica efetiva; T - Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; P-Rem = Fósforo remanescente

Após as análises, corrigiu-se a acidez do solo com uma mistura de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e carbonato de magnésio (Mg CO<sub>3</sub>), na proporção 4:1. O cálculo da necessidade de calagem foi realizado pelo método da elevação da saturação por bases, utilizando a fórmula sugerida por Alvarez V. e Ribeiro (1999):

$$NC = \frac{T(Ve - Va)}{100}$$

Em que:

NC = Necessidade de calagem

Ve = saturação por bases esperada ou desejada

Va = saturação por bases atual do solo

T = CTC a pH 7

Aplicados os corretivos, o solo ficou incubado por 30 dias, em área protegida, mantendo-o próximo à capacidade de campo. A unidade experimental constituída por vasos de polietileno nas dimensões: altura 12,5 cm, diâmetro do topo 16,5 cm e

diâmetro do fundo 11,2 cm, contendo 1,5 dm<sup>3</sup> de solo. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados. Foram testados dois níveis de saturação por bases (saturação de bases em condições naturais (V = 5%) e 55%) e cinco doses de P (0, 150, 300, 450 e 600 mg dm<sup>-3</sup>), com cinco repetições, em esquema fatorial.

A espécie utilizada foi a sete-cascas (*Samanea inopinata*), cujas sementes foram doadas pela Sociedade de Investigações Florestais (SIF). Antes da semeadura foi feita a superação da dormência, através da imersão em ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) por 5 minutos, como recomendado por Glachini et al. (2010) para a espécie semelhante: *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes. Foram plantadas quatro sementes em cada vaso e após dez dias foi realizado o raleio, deixando uma planta por vaso.

A fonte de P utilizada foi o fosfato de sódio monobásico-monohidratado (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O), incorporado ao solo antes da semeadura. A adubação básica foi realizada 41 dias após o início da germinação, por meio de solução, composta pelas doses de 100 mg dm<sup>-3</sup> de N, a mesma dose para o K e 40 mg dm<sup>-3</sup> de S, utilizando-se das fontes NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, respectivamente, como sugerido por Passos (1994). A aplicação de micronutrientes se deu concomitante à adubação básica nas doses de 0,81 mg dm<sup>-3</sup> de B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 1,33 mg dm<sup>-3</sup> de Cu (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O), 4,0 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), 3,66 mg dm<sup>-3</sup> de Mn (MnCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) e 0,15 mg dm<sup>-3</sup> de Mo ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O) (ALVAREZ et al., 2006).

Após 145 dias feita a semeadura da sete-cascas, foram coletados os dados de altura da parte aérea (H) por meio de uma régua milimetrada posicionada do substrato até o meristema apical e diâmetro do coleto (DC) através de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Separou-se parte aérea (folha e caule) e raiz, as quais foram lavadas com água, colocadas em sacos de papel pardo e secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura em torno de 65° por dois dias. Posteriormente foram pesadas e obtiveram-se os dados de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR). A massa de matéria seca total (MST) foi obtida pela soma da MSPA e MSR. Calcularam-se a relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (RH/MSPA), relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (RH/DC), relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz (RMSPA/MSR), e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), através da seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST (g)}{[H (cm) / DC (mm)] + [MSPA (g) / MSR (g)]}$$

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{klj} = m + b_j + V_k + P_l + (VP)_{kl} + e_{klj}, \text{ em que:}$$

$Y_{klj}$  = valor observado da característica estudada (H, DC, MSR, MSPA, MST, H/DC, H/ MSPA, MSPA/MSR e IQD), no nível k do fator V(%) ( $v = 5, 55$ ) no nível l do fator P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) ( $l = 0, 150, 300, 450, 600$ ), na repetição ou bloco j ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ );

m = média geral (de todas as observações) do experimento;

$b_j$  = efeito do bloco j,  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ ;

$V_k$  = efeito da k-ésima saturação por bases,  $k = 5, 55$ ;

$P_l$  = efeito da l-ésima dose de P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) ( $l = 0, 150, 300, 450, 600$ );

$(VP)_{kl}$  = efeito da interação entre saturação por bases e doses de fósforo;

$e_{klj}$  = erro associado à observação  $Y_{klj}$ , isto é, os efeitos dos fatores não controlados sobre a observação  $Y_{klj}$ .

As hipóteses avaliadas foram:

$H_0 (1)$  = As características avaliadas independem da saturação por bases (V) *versus*  $H_a (1)$  = não  $H_0 (1)$ ;

$H_0 (2)$  = As características avaliadas independem dos níveis do fator (P) *versus*  $H_a (2)$  = não  $H_0 (2)$ ;

$H_0 (3)$  = As características avaliadas independem da interação V x P *versus*  $H_a (3)$  = não  $H_0 (3)$ .

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), precedidas pela verificação das pressuposições de homocedasticidade (teste Bartlett) e da normalidade (teste Lilliefors). Os dados foram interpretados estatisticamente por regressão ( $p < 0,05$ ). Para isto, foram utilizados modelo quadrático ( $Y = \beta_0 + \beta_1P + \beta_2P^2 + e_i$ ) e modelo linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1P + e_i$ ), com um nível de significância de 5%, pelo teste F, para V de 5 e 55%.



### 3.3. Resultados e discussão

A adubação fosfatada influenciou de forma significativa ( $p < 0,05$ ) todas as variáveis avaliadas, exceto a relação entre massa de matéria seca da parte aérea e de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) (Tabela 2). A elevação da saturação por bases do substrato apresentou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para todas as características avaliadas. Houve interação ( $p < 0,05$ ) entre a adubação fosfatada e a calagem apenas para a variável altura (H).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das características morfológicas e relações estudadas para mudas de sete-casas (*Samanea inopinata*), aos 145 dias após a semeadura em resposta à adubação fosfatada e à elevação da saturação por bases do substrato.

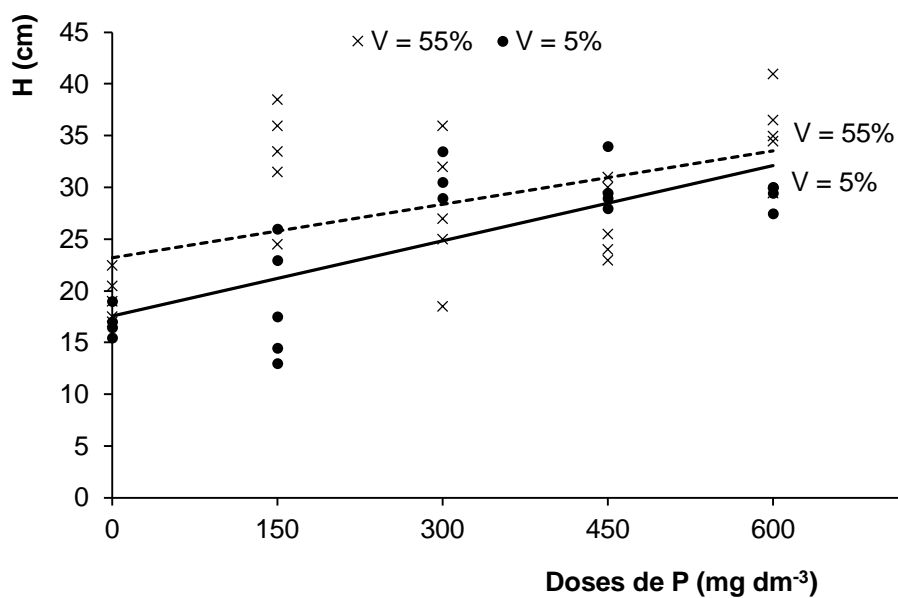
FV	GL	Quadrado médio								
		H	DC	MSR	MSPA	MST	H/DC	H/MSPA	MSPA/MSR	IQD
V	1	163,81*	27,45*	38,93*	43,19*	164,13*	5,21*	250,57*	1,39*	7,65*
P	4	203,05*	14,83*	23,32*	47,89*	136,32*	2,22*	145,72*	0,51 <sup>ns</sup>	4,03*
VxP	4	123,96*	2,51 <sup>ns</sup>	5,31 <sup>ns</sup>	7,33 <sup>ns</sup>	23,99 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	21,16 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	29,95	1,02	4,20	3,42	11,97	0,64	15,59	0,29	0,53

\*  $p < 0,05$ ; <sup>ns</sup>  $p > 0,05$ . V – saturação por bases do substrato; P – doses de fósforo; VxP – Interação entre a saturação por bases do substrato e doses de fósforo; H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSR – massa de matéria seca de raiz; MSPA – massa de matéria seca da parte aérea; MST – massa de matéria seca total; H/DC- relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; H/MSPA – relação entre altura da parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea; MSPA/MSR – relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz; IQD – Índice de Qualidade de Dickson.

#### 3.3.1. Altura de parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC)

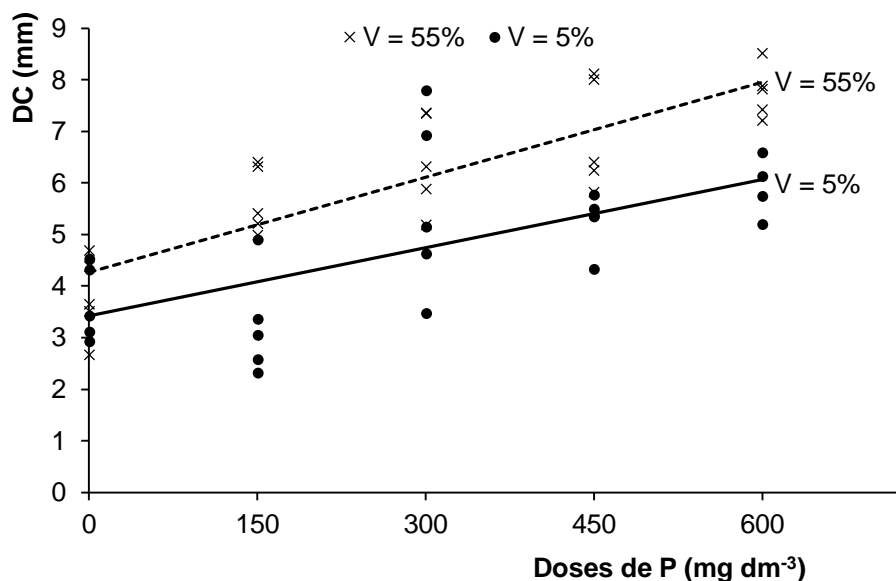
Houve resposta linear e interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre a adubação fosfatada e a elevação da saturação por bases do substrato sobre o crescimento em altura de mudas de sete-casas aos 145 dias após a semeadura (Figura 1). O maior crescimento em altura (41 cm) foi obtido na dose de  $600 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no substrato com calagem.

A adubação fosfatada afetou ( $p < 0,05$ ) o diâmetro do coleto (DC) em mudas de sete-casas aos 145 dias após a semeadura (Figura 2). O maior valor de diâmetro do coleto (8,52 mm) foi obtido na dose de  $600 \text{ mg dm}^{-3}$  de P.



V (%)	Equação	r <sup>2</sup>
5	$H = 17,52380952 + 0,02427757P$ ( $p = 0,0000$ )	0,6058
55	$H = 23,180 + 0,01726667P$ ( $p = 0,0066$ )	0,2796

Figura 1 – Equações de regressão com a significância pelo teste F ( $p < 0,05$  significativo a 5 % de probabilidade), para altura da parte aérea (H) de mudas de sete-casas (*Samanea inopinata*) avaliadas aos 145 dias após a semeadura, em resposta às doses de P, em diferentes saturações por bases (V) do substrato.



V (%)	Equação	r <sup>2</sup>
5	DC = 3,42793364 + 0,00438824P (p < 0,05)	0,4120
55	DC = 4,27040000 + 0,00614800P (p < 0,05)	0,7220

Figura 2 – Equações de regressão com a significância pelo teste F (p < 0,05 significativo a 5 % de probabilidade), para diâmetro do coleto (DC) de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata*) avaliadas aos 145 dias após a semeadura, em resposta às doses de P, em diferentes saturações por bases (V) do substrato.

Em mudas de cerejeira (*Amburana acreana* Ducke), avaliadas 60 dias após a germinação, as maiores alturas foram encontradas na elevação da saturação por bases do substrato a 70% e doses de P igual a 40 kg ha<sup>-1</sup> (equivalente a 20 mg dm<sup>-3</sup> de P) (VIEIRA et al., 2015). Para a altura, a calagem também teve resposta positiva em mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) em sacos plásticos com 3,0 kg de Latossolo Amarelo (TUCCI et al., 2010).

Resposta positiva à adubação fosfatada para a altura, foi observada em mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.), testadas na presença e ausência de P, em vasos de polietileno com capacidade de 5 L (ALVES et al., 2015). Gomes et al. (2008), testando diferentes níveis de fósforo (0, 100, 200, 300, 400 e 500 mg dm<sup>-3</sup>) e de elevação da saturação por bases do substrato (original (24), 40, 50, 60 e 70%), em mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride), aos 120 dias após a semeadura, utilizando vasos de polietileno rígido com 2 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho Distrófico também observaram interação entre adubação fosfatada e calagem para a altura, recomendando 54 mg dm<sup>-3</sup> de P em saturação por bases a 60%. Seguindo os

mesmos autores, quando se objetiva promover maior ganho das características avaliadas, maiores níveis de P são importantes para os níveis de saturação por bases do substrato entre 40 e 50%.

Mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) avaliadas 96 dias após a semeadura, sob diferentes doses de P (0, 800, 1600 e 2400 mg dm<sup>-3</sup>), em saco plástico com dimensões de 21x11 cm preenchidos com solo coletado em área agrícola, também apresentaram resposta positiva à adubação fosfatada para o crescimento em altura, sendo a melhor dose 2400 mg dm<sup>-3</sup> de P (GARCIA e SOUZA, 2015).

Santin et al. (2008) testando diferentes doses de P (100, 200, 300, 400, 500, 600 e 700 mg dm<sup>-3</sup>) em mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em vasos com 2 dm<sup>3</sup> do substrato Argissolo Vermelho-Amarelo, 270 dias após a repicagem, encontraram efeito positivo da adubação fosfatada e comportamento quadrático, com as doses 533,0 e 435,2 mg dm<sup>-3</sup> de P, sendo as melhores para a altura e o diâmetro do coleto, respectivamente. Efeito positivo da adubação fosfatada para a altura e o diâmetro do coleto, foi observado por Cardoso et al. (2015) em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.) cultivadas em vasos do tipo citropote com 3,3 dm<sup>3</sup> de Latossolo Amarelo Distrófico, avaliadas 90 dias após o transplante. Estes autores testaram as doses de P (0, 11, 22, 44, 66, 88 e 110 mg dm<sup>-3</sup>) e obtiveram o maior crescimento em altura e diâmetro do coleto nas doses até 88 e 22 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente.

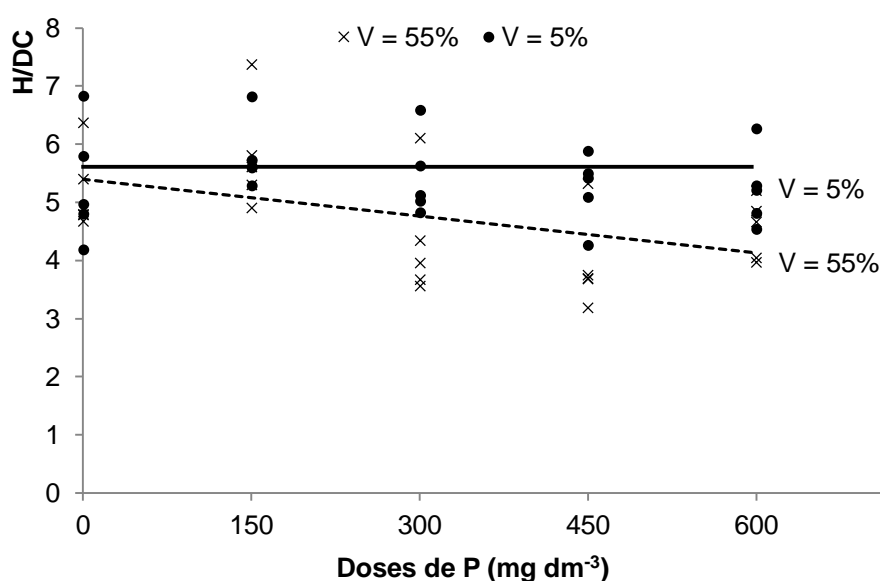
Respostas positivas à adubação fosfatada para altura e diâmetro do coleto também podem ser observadas em outras espécies: açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) (CECONI et al., 2006); angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) (SCHUMACHER e CECONI, 2004; GONÇALVES et al., 2008); cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.) (FREITAS et al., 2017a), cerejeira (*Amburana acreana* Ducke) (VIEIRA et al., 2015); fedegoso (*Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H.S. Irwin & Barnaby) (CRUZ et al., 2010); sansão do campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) (GONÇALVES et al., 2010).

As espécies podem responder de forma diferente a adubação, ainda que pertençam ao mesmo grupo sucessional, por isso é importante conhecer as exigências de cada uma (ANDRADE et al., 2018).

De acordo com Gomes e Paiva (2013), a altura da parte aérea possui boa eficiência para estimar a qualidade de mudas, devido a sua fácil medição e ao fato de não destruir a muda, sendo um dos mais antigos e importantes parâmetros para a estimação do crescimento das mudas em campo.

O diâmetro do coleto também pode ser obtido sem destruir a muda e aliado à altura é um bom indicador para predizer a qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2013). Carneiro (1995) estudando diversos trabalhos chegou à conclusão de que o diâmetro do coleto está relacionado à sobrevivência em campo.

A adubação fosfatada teve efeito linear significativo ( $p < 0,05$ ) para relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC) no substrato com calagem ( $V = 55\%$ ) em mudas de sete-cascas, aos 145 dias após a semeadura (Figura 3). O menor valor da relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (3,18) foi obtido na dose de  $450 \text{ mg dm}^{-3}$  de P. No substrato sem calagem não houve efeito significativo da aplicação de fósforo.



V (%)	Equação	R <sup>2</sup>
5	$H/DC = \overline{H/DC} = 5,4$	-
55	$H/DC = 5,3994 - 0,0021P$ ( $p < 0,05$ )	0,2052

Figura 3 – Equações de regressão com a significância pelo teste F ( $p < 0,05$  significativo a 5 % de probabilidade), para relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*) avaliadas aos 145 dias após a semeadura, em resposta às doses de P, em diferentes saturações por bases (V) do substrato.

Garcia e Souza (2015), ao estudarem mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), avaliadas 96 dias após a semeadura, em diferentes doses de P (0, 800, 1600 e 2400 mg dm<sup>-3</sup>), em saco plástico com dimensões de 21x11 cm preenchidos com um solo coletado em área agrícola, obtiveram o menor valor de H/DC na dose 800 mg dm<sup>-3</sup> de P. A espécie paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), estudada por Caione et al. (2012) também apresentou menor relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto com a adubação fosfatada.

A relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto representa o equilíbrio de crescimento da muda, uma vez que combina dois parâmetros em um único índice e normalmente é realizado na época de expedição da muda, podendo ser utilizada para diversas espécies florestais (CARNEIRO, 1995, GOMES e PAIVA, 2013). Quanto menor o valor desta relação, maiores as chances das mudas sobreviverem no campo e se estabelecerem no local de plantio, pois indica a robustez e sua resistência às condições adversas (GOMES e PAIVA, 2013). De acordo com José et al. (2009), os valores de relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto menores que 10, indicam mudas de boa qualidade.

A elevação da saturação por bases do substrato foi significativa ( $p < 0,05$ ) e resultou efeito positivo para o diâmetro do coleto (DC) em mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*), avaliadas aos 145 dias após a semeadura.

A calagem também foi positiva para o diâmetro do coleto em mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) cultivadas em sacos plásticos com 3,0 kg de Latossolo Amarelo (TUCCI et al., 2010).

Valor de elevação da saturação por bases do substrato próximo ao presente estudo, foi observado por Souza et al. (2008) em bico-de-pato (*Machaerium nictitans*) aos 120 dias após a semeadura, em vaso de polietileno rígido com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, quando o melhor diâmetro do coleto obtido com a elevação da saturação por bases a 50 %. Segundo o mesmo estudo, ao se utilizarem como substratos o Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo, não houve efeito significativo da calagem sobre o crescimento em diâmetro do coleto.

Resposta contrária ao presente estudo foi observada por Vieira et al. (2015), avaliando mudas de cerejeira (*Amburana acreana* DUCKE) durante 120 dias com medições mensais após 15 dias da germinação, em que não obtiveram resposta à calagem para o diâmetro do coleto.

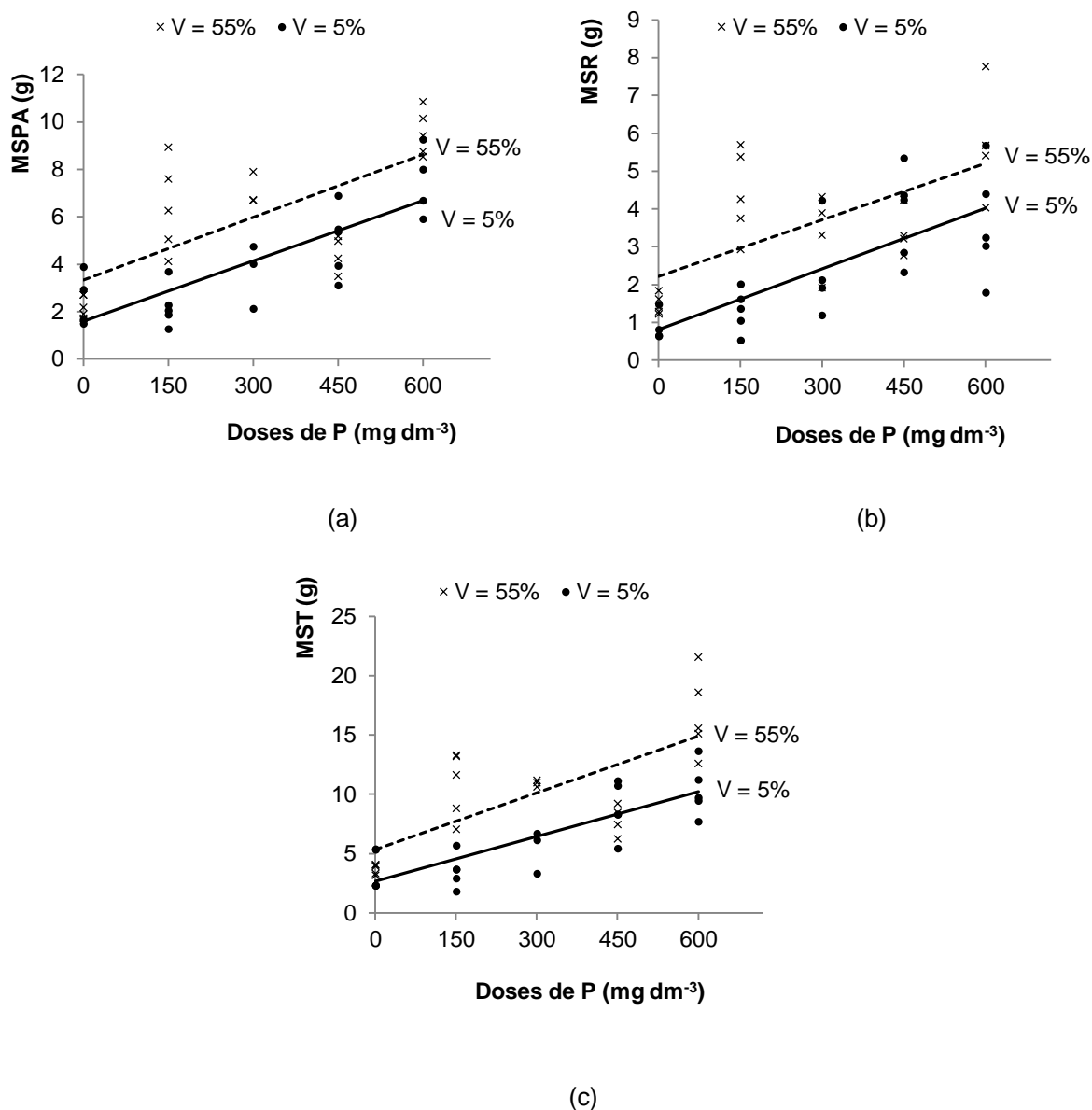
A elevação da saturação por bases do substrato foi significativa ( $p < 0,05$ ) e proporcionou efeito negativo para relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC) em mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*), avaliadas aos 145 dias após a semeadura. Os menores valores desta relação foram encontrados no substrato com calagem.

Respostas contrárias a este estudo foram observadas em mudas de cerejeira (*Amburana acreana* Ducke) avaliadas durante 120 dias com medições mensais após 15 dias da germinação por Vieira et al. (2015), que obtiveram resposta positiva à calagem na elevação de saturação por bases do substrato de 70%.

Algumas espécies florestais apresentaram ausência de resposta à calagem para a H/DC: angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) (GOMES et al., 2004); angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) (BERNARDINO et al., 2005); vinhático-da-mata (*Plathymenia foliolosa* Benth.) (FREITAS et al., 2017b); bico-de-pato (*Machaerium nictitans*) (SOUZA et al., 2008).

### **3.3.2. Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca da raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST)**

Houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) da adubação fosfatada e resposta linear para a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca da raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST) em mudas de sete-cascas, aos 145 dias após a semeadura (Figuras 4). Os maiores valores de massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz e matéria seca total foram obtidos na dose de  $600 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, no substrato com calagem ( $V = 55\%$ ).



V (%)	Equação (a)	r <sup>2</sup>
5	MSPA = 1,60750000 + 0,00845794P (p < 0,05)	0,6764
55	MSPA = 3,33208914 + 0,00883008P (p < 0,05)	0,5082
V (%)	Equação (b)	r <sup>2</sup>
5	MSR = 0,80675522 + 0,00533953P (p < 0,05)	0,5452
55	MSR = 2,21137615 + 0,00498532P (p < 0,05)	0,4069
V (%)	Equação (c)	r <sup>2</sup>
5	MST = 2,63829565 + 0,01260133P (p < 0,05)	0,6915
55	MST = 5,34560817 + 0,01594831P (p < 0,05)	0,5289

Figura 4 – Equações de regressão com a significância pelo teste F ( $p < 0,05$  significativo a 5 % de probabilidade), para massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca da raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST) de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*) avaliadas aos 145 dias após a semeadura, em resposta às doses de P, em diferentes saturações por bases (V) do substrato.



Garcia e Souza (2015), estudando mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), nas doses de P de 0, 800, 1600 e 2400 mg dm<sup>-3</sup>, em saco plástico com dimensões de 21x11 cm preenchidos com um solo coletado em área agrícola, avaliadas 96 dias após a semeadura, observaram que para a massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz as melhores médias foram obtidas nas doses 800 mg dm<sup>-3</sup> de P e 0 mg dm<sup>-3</sup> de P (testemunha), respectivamente.

Santin et al. (2008) estudando mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em vasos com 2 dm<sup>3</sup> do substrato Argissolo Vermelho-Amarelo, 270 dias após a repicagem, obtiveram resposta quadrática para a massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz, cujo os valores máximos por eles obtidos foram nas doses 438,8 e 410,7 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente. Gonçalves et al. (2008) avaliando macronutrientes em angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), em vaso de polipropileno rígido com 2,1 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho-Amarelo álico, 120 dias após a semeadura, observaram comportamento quadrático para o P e recomendaram a dose 279,35 e 206,83 mg dm<sup>-3</sup> de P para a massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz, respectivamente.

Cruz et al. (2012) estudando mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*), em vasos de polietileno rígido com 2,1 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho-Amarelo álico, 120 dias após a semeadura, encontraram resposta quadrática ao fósforo para massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz e matéria seca total cujas doses recomendadas foram 490,7; 700,7 e 532,9 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente. Cardoso et al. (2015), testando as doses de P = 0, 11, 22, 44, 66, 88 e 110 mg dm<sup>-3</sup>, em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.) cultivadas em vasos do tipo citropote com 3,3 dm<sup>3</sup> de Latossolo Amarelo Distrófico, avaliadas 90 dias após o transplante, encontraram efeito positivo da adubação fosfatada sobre a massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz e matéria seca total nas doses até 88, 22 e 88 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente.

Ceconi et al. (2006), avaliando o efeito da adubação fosfatada sob o crescimento de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.), aos 120 dias após a semeadura em vasos de polipropileno com 2,0 dm<sup>3</sup> de Argissolo Vermelho-Amarelo, encontraram as doses ótimas de 337,5; 405,0 e 360 mg dm<sup>-3</sup> de P para a massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz e matéria seca total, respectivamente.

Andrade et al. (2018), avaliando o efeito da adubação fosfatada em mudas de cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.) produzidas em tubetes com 55 cm<sup>3</sup> de substrato comercial (vermiculita, casca de pinus e turfa) aos 120 dias da semeadura, encontraram resposta significativa ( $p < 0,05$ ) para a variável matéria seca total cuja dose recomendada foi 500 mg dm<sup>-3</sup> de P.

A quantidade de adubo fosfatado a ser aplicado no solo vai depender da espécie, característica e quantidade do nutriente no solo, forma de reação no solo, entre outros fatores (SCHUMACHER e CECONI, 2004). Isso justifica as diferentes respostas à adubação fosfatada para as espécies florestais citadas.

A produção de matéria seca embora seja considerada um dos melhores parâmetros para avaliar a qualidade de mudas, estando correlacionada com o crescimento e a sobrevivência, sua utilização não é viável, uma vez que destrói toda a planta, além de necessitar de materiais como estufa e balança de precisão (GOMES e PAIVA, 2013). Segundo os mesmos autores, para fins de avaliar a qualidade da muda, é necessário analisar de forma separada a massa total, da parte aérea e de raízes. A massa de matéria seca da parte aérea é um indicador da rusticidade da muda e a massa de matéria seca da raiz está relacionada com o crescimento inicial e a sobrevivência da muda ao ser levada para o campo, sendo que quanto maior a quantidade de raízes maior a chance de sobrevivência (GOMES e PAIVA, 2013).

A elevação da saturação por bases do substrato foi significativa ( $p < 0,05$ ) e resultou em efeito positivo para a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca da raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST), em mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*) avaliadas aos 145 dias após a semeadura.

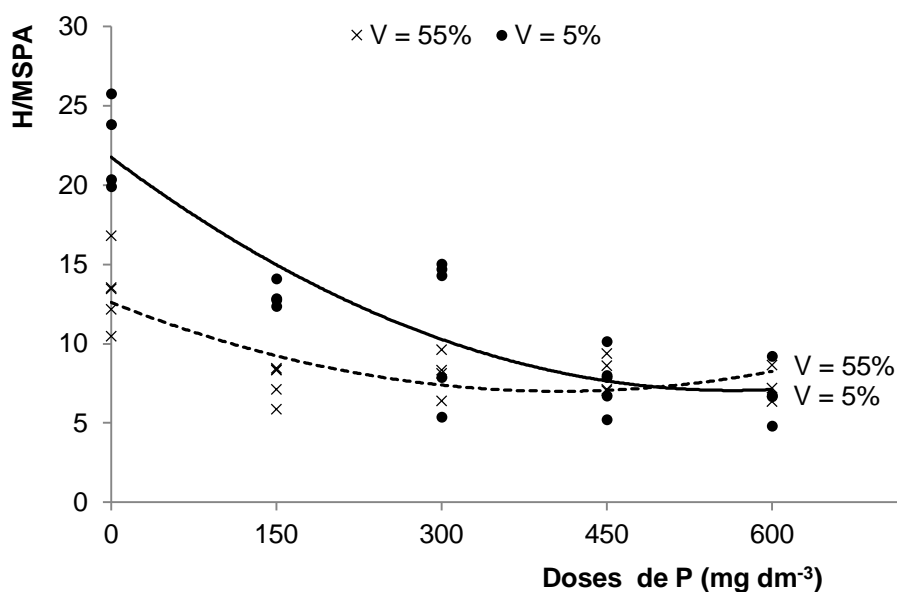
Resposta positiva à calagem para a massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz e massa de matéria seca total, foi obtida em mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) cultivadas em sacos plásticos com Latossolo Amarelo (TUCCI et al., 2010). Bernardino et al. (2005) ao avaliarem mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) 100 dias após a semeadura, cultivadas em vasos de polietileno rígido com dois substratos (Latossolo distrófico e Latossolo álico), verificaram resposta positiva à calagem para a massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz e massa de matéria seca total. Na massa de matéria seca total estes autores encontraram resposta quadrática no Latossolo álico com a dose ótima de  $V = 47\%$ .

Valor semelhante ao estudo de Bernardino et al. (2005), foi encontrado por Souza et al. (2008), em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*) aos 120 dias após a semeadura, cultivadas em vaso de polietileno rígido com Latossolo Vermelho-Amarelo álico, onde encontraram a dose ótima de  $V = 40\%$  para a massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz e massa de matéria seca total. Contudo, quando os mesmos autores, utilizaram o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, maiores valores de massa de matéria seca da raiz foram obtidas nos valores de elevação da saturação por bases do substrato a 60 e 70%, já a massa de matéria seca da parte aérea e a massa de matéria seca total não responderam à calagem.

Respostas contrárias a este estudo, em que a calagem influenciou negativamente a massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz e massa de matéria seca total, foram obtidas por Freitas et al. (2017b), em mudas de vinhático-da-mata (*Plathymenia foliolosa* Benth.), avaliadas aos 118 dias após a repicagem, utilizando como recipiente vaso de polietileno rígido contendo  $1,8 \text{ dm}^3$  de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

### **3.3.3. Relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA), relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz (MSPA/MSR), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD)**

O efeito da adubação fosfatada foi significativo ( $p < 0,05$ ) e apresentou comportamento quadrático para a relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) em mudas de sete-cascas, aos 145 dias após a semeadura (Figura 5). O menor valor da relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (6,99) está associado a dose ótima de  $407,96 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, considerando que para uma mesma altura quanto menor esta relação, melhor, pois indica que a muda tem maior massa seca.



V (%)	Equação	r <sup>2</sup>
5	$H/MSPA = 21,75412393 - 0,05210930P$ ( $p < 0,05$ ) + $0,00004617P^2$ ( $p < 0,05$ )	0,8017
55	$H/MSPA = 12,6028006 - 0,0274962P$ ( $p < 0,05$ ) + $0,0000337P^2$ ( $p < 0,05$ )	0,5976

Figura 5 – Equações de regressão com a significância pelo teste F ( $p < 0,05$  significativo a 5 % de probabilidade), para relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata*) avaliadas aos 145 dias após a semeadura, em resposta às doses de P, em diferentes saturações por bases (V) do substrato.

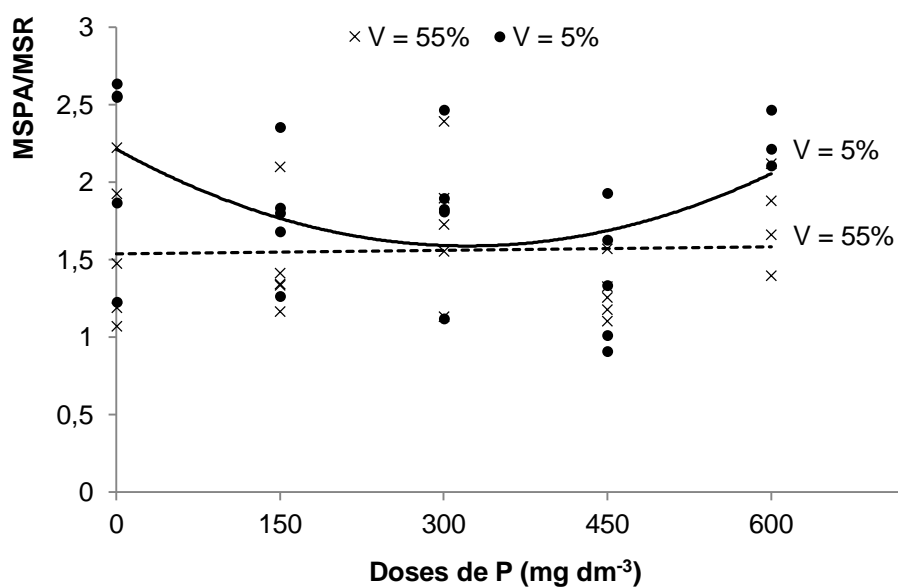
Na espécie vinhático-da-mata (*Plathymeria foliolosa* Benth.), aos 118 dias após a repicagem, em vaso de polietileno rígido com 1,8 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, foi observado menor valor de relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea na dose 357,80 mg dm<sup>-3</sup> de P (FREITAS, 2013). Mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) cultivadas em tubete de 250 cm<sup>3</sup> com substrato comercial (vermiculita e casca de pinus moída e compostada), avaliadas 90 dias após a semeadura, apresentaram menores valores da relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea na presença de adubação fosfatada (CAIONE et al., 2012).

Andrade et al. (2018), avaliando a adubação fosfatada na produção de mudas cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.) e canafístula (*Cassia ferruginea*), aos 120 e 130 dias após a semeadura, respectivamente, em tubetes com capacidade de 55 cm<sup>3</sup> com substrato comercial (vermiculita, casca de pinus e turfa), não encontraram

resposta à adubação fosfatada para a relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea.

De acordo com Gomes e Paiva (2013), menores valores da relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea indicam que mais lenhificada é a muda podendo então ter maior sobrevivência em campo.

A adubação fosfatada foi não significativa ( $p > 0,05$ ) para a relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz (RMSPA/MSR) em mudas de sete-cascas, aos 145 dias após a semeadura. Entretanto, houve efeito quadrático significativo ( $p < 0,05$ ) da adubação fosfatada quando submetida à regressão no substrato sem calagem ( $V = 5\%$ ) (Figura 6). A dose ótima  $321,85 \text{ mg dm}^{-3}$  de P está associado ao menor valor desta relação (1,59).



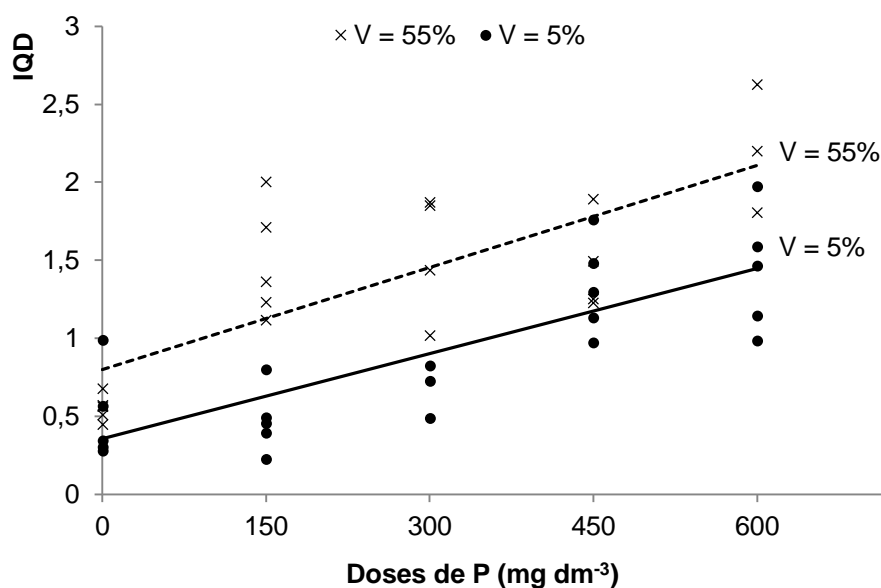
V (%)	Equação	$r^2$
5	$MSPA/MSR = 2,2124 - 0,0039P \text{ (} p < 0,05 \text{)} + 0,000006P^2 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$	0,2125
55	$MSPA/MSR = RMSPA/MSR = 1,5$	-

Figura 6 – Equações de regressão com a significância pelo teste F ( $p < 0,05$  significativo a 5 % de probabilidade), para relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*) avaliadas aos 145 dias após a semeadura, em resposta às doses de P, em diferentes saturações por bases (V) do substrato.

Ausência de resposta à adubação fosfatada para a relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz foi observada em mudas cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.) e canafístula (*Cassia ferruginea*), aos 120 e 130 dias da semeadura, respectivamente, produzidas em tubetes com 55 cm<sup>3</sup> de substrato comercial (vermiculita, casca de pinus e turfa) (ANDRADE et al., 2018). Garcia e Souza (2015) avaliando a qualidade de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) sob diferentes doses de P (0, 800, 1600 e 2400 mg dm<sup>-3</sup>) em saco plástico com dimensões de 21x11 cm preenchidos com solo coletado em área agrícola decorridos 96 dias após a semeadura, também observaram ausência de resposta à adubação fosfatada para a relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz.

Esta relação embora seja eficiente e segura para caracterizar a qualidade de mudas, em campo pode não significar nada para o crescimento (GOMES e PAIVA, 2013). Ainda de acordo com estes autores, em um encontro de pesquisadores, o valor 2,0 é o melhor para esta relação.

A adubação fosfatada contribuiu positivamente para o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de sete-cascas, aos 145 dias após a semeadura (Figura 7). As respostas foram lineares e significativas ( $p < 0,05$ ), com os maiores valores obtidos na dose de 600 mg dm<sup>-3</sup> de P.



V (%)	Equação	r <sup>2</sup>
5	$\text{IQD} = 0,35649815 + 0,00181646P$ ( $p < 0,05$ )	0,6437
55	$\text{IQD} = 0,79798096 + 0,00218510P$ ( $p < 0,05$ )	0,5817

Figura 7 – Equações de regressão com a significância pelo teste F ( $p < 0,05$  significativo a 5 % de probabilidade), para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata*) avaliadas aos 145 dias após a semeadura, em resposta às doses de P, em diferentes saturações por bases (V) do substrato.

Resposta linear positiva para o Índice de Qualidade de Dickson, também foi encontrada por Cruz et al. (2012) estudando mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*), em vasos de polietileno rígido com 2,1 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho Amarelo álico, 120 dias após a semeadura, com a mesma dose recomendada para o presente estudo (600 mg dm<sup>-3</sup> de P). Garcia e Souza (2015) avaliando a qualidade de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) sob diferentes doses de P (0, 800, 1600 e 2400 mg dm<sup>-3</sup>) em saco plástico com dimensões de 21x11 cm preenchidos com um solo coletado em área agrícola, 96 dias após a semeadura encontraram os melhores Índice de Qualidade de Dickson na dose de 800 mg dm<sup>-3</sup> de P.

Respostas positivas à adubação fosfatada para o Índice de Qualidade de Dickson também foram encontradas em outras espécies. Freitas et al. (2017a), estudando diferentes níveis de adubação fosfatada em mudas de cássia-rosa (*Cassia grandis*), 65 dias após a repicagem, em vaso de polietileno rígido com 1,8 dm<sup>3</sup> do substrato Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, encontraram o maior valor de Índice de Qualidade de Dickson, na dose 600 mg dm<sup>-3</sup> de P (mesma dose do presente

estudo) e na saturação por bases de 25%, enquanto que para as mesmas condições em vinhático-da-mata (*Plathymenia foliolosa* Benth.), aos 118 dias após a repicagem a dose foi 300 mg dm<sup>-3</sup> de P. A cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.) também foi estudada por Andrade et al. (2018), que avaliaram o efeito da adubação fosfatada no Índice de Qualidade de Dickson nas mudas produzidas em tubetes com 55 cm<sup>3</sup> de substrato comercial (vermiculita, casca de pinus e turfa). Aos 120 dias da semeadura, o maior Índice de Qualidade de Dickson, foi obtido na dose de 500 mg dm<sup>-3</sup> de P, valor inferior ao encontrado por Freitas et al. (2017a) para a mesma espécie e ao presente estudo.

A densidade de mudas e a composição nutricional do substrato influenciam nos valores que determinam o Índice de Qualidade de Dickson (CARNEIRO, 1995). Segundo Fonseca et al. (2002), o Índice de Qualidade de Dickson é considerado bom indicador de qualidade das mudas, pois pondera os resultados de diversos parâmetros importantes utilizados para a avaliação da qualidade. Maior valor deste índice indica melhor qualidade da muda (GOMES e PAIVA, 2013).

A elevação da saturação por bases do substrato foi significativa ( $p < 0,05$ ) e apresentou resposta negativa para a relação altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) e relação entre altura da parte aérea e massa de matéria seca de raiz (MSPA/MSR), em mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*) avaliadas aos 145 dias após a semeadura. Os menores valores foram observados no substrato com calagem.

Para a relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*) aos 120 dias após a semeadura, cultivadas em vaso de polietileno rígido com Latossolo Vermelho-Amarelo álico, os menores valores desta relação foram obtidos com a elevação da saturação por bases do substrato a 45% (SOUZA et al., 2008). Neste estudo citado, para a relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz nos substratos Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo álico, Latossolo, Vermelho-Amarelo distrófico, não houve resposta à calagem.

Assim como o estudo de Souza et al. (2008), a ausência de resposta à calagem foi observada por Freitas (2013) para a relação entre altura de parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea e relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz, em mudas de cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus



f.), utilizando vaso de polietileno rígido com 1,8 dm<sup>3</sup> do substrato Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

De acordo com Gomes e Paiva (2013), em um encontro de pesquisadores, ficou estabelecido que 2,0 é o melhor valor para a relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz. Diante o exposto, as médias do substrato sem calagem (1,85) e com calagem (1,56), não se encontram no valor ideal para esta relação. A relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca de raiz embora caracterize a qualidade de mudas, com as mudas em campo ela pode não ter significado para o crescimento das mesmas (GOMES e PAIVA, 2013).

Para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), a elevação da saturação por bases do substrato foi significativa ( $p < 0,05$ ) apresentando efeito positivo.

Bernardino et al. (2005) ao avaliarem mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) 100 dias após a semeadura, cultivadas em vasos de polietileno rígido, observaram que a espécie foi responsiva à calagem nos substratos Latossolos distrófico e álico, nas doses 70% e 60%, respectivamente, para o Índice de Qualidade de Dickson. Contudo, ao utilizarem o substrato Argissolo, houve ausência de resposta à calagem.

Souza et al. (2008), ao avaliarem a influência da saturação por bases em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), aos 120 dias após a semeadura, em vaso de polietileno rígido, sobre o Índice de Qualidade de Dickson, encontraram diferentes respostas. Quando se utilizou como substrato o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico os maiores valores do Índice de Qualidade de Dickson foram encontrados na dose de elevação da saturação por bases do substrato à 70%, contudo quando se utilizou um Latossolo Vermelho-Amarelo álico, obteve-se a dose ótima de elevação da saturação por bases do substrato de 40%.

### **3.4. Conclusões e recomendação**

A hipótese H<sub>0</sub> (1), de que as características avaliadas independem da saturação por bases (V) foi rejeitada ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis, sendo recomendada a elevação da saturação por bases do substrato a 55% para a produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*).

A hipótese H0 (2), de que as características avaliadas independem dos níveis do fator (P) foi rejeitada ( $p < 0,05$ ) para todas variáveis, exceto para MSPA/MSR.

A hipótese H0 (3), de que as características avaliadas independem da interação V x P foi rejeitada para a variável H.

As respostas das variáveis à adição de P, sugerem que a dose ótima deste nutriente para a produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*) está acima da máxima estudada  $600 \text{ mg dm}^{-3}$ .

A adubação fosfatada e a calagem contribuem positivamente para o crescimento e a qualidade de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*).

## Referências bibliográficas

- ADAMI, C.; HEBLING, S. Efeitos de diferentes fontes de fosfato no crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake. **Natureza on line**, v. 03, n. 01, p. 13-18. 2005.
- ALVAREZ V., H. V.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., H. V. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-61.
- ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; LEITE, P. B.; SOUZA R. B.; RIBEIRO JUNIOR, E. S. Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 111-119. 2006.
- ALVES, J. D. N.; SOUZA, F. C. A.; OLIVEIRA, M. L.; OLIVEIRA, M. C. M. A. OKUMURA, R. S. Fontes de fósforo no crescimento inicial de mudas de jatobá-docerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Nucleus**, Ituverava, v. 12, n. 2, p. 299-308. 2015.
- ANDRADE, R. H. M.; FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; MEDEIROS, R. A. Adubação fosfatada na produção de mudas de *Cassia ferruginea* e *Cassia grandis*. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 41-50. 2018.
- BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 863-870. 2005.
- CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, jun. 2012.
- CARDOSO, A. A. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; FARIAS, E. P.; MOURA, R. P. M. Influência da acidez e do teor de fósforo do solo no crescimento inicial do mogno. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 81, p. 1-10, jan./mar. 2015.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995. 451 p.
- CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, jul./set. 2006.
- CRUZ, C. A. F., PAIVA, H. N. CUNHA, A. C. M. C. M., NEVES, J. C. L. Produção de mudas de canafístula cultivadas em latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. **Cerne**, Lavras, vol. 18, n. 1, p. 87-98, jan./mar. 2012.

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

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; CUNHA, A. C. M. C. M. Resposta de mudas de *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H.S. Irwin & Barnaby) (fedegoso) cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico a macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 13-24. 2010.

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

**Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 01 ago. 2019.

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

FREITAS, E. C. S. **Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f., *Plathymenia foliosa* Benth. e *Dipteryx alata* Vogel em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato.** 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.

FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal** (UFSM. Impresso), v. 27, p. 509-519. 2017a.

FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N. Effect of phosphate fertilization and base saturation of substrate on the seedlings growth and quality of *Plathymenia foliolosa* Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 1-9. 2017b.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12. 1999.

GARCIA, E. A.; SOUZA, J. P. Avaliação da qualidade de mudas de *Schizolobium parahyba* em função de diferentes aplicações de adubo fosfatado. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 6, p. 51-59. 2015.

GIACHINI, R.M.; LOBO, F.A.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; ORTÍZ, C.E.R. Influência da escarificação e da temperatura sobre a germinação de sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes (sete cascás). **Acta Amazonica**, v. 40, p. 75-80. 2010.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 116p.

GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; SILVA, S. R. Crescimento de mudas de garapa em resposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 387-394. 2008.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1029-1040. 2008.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Crescimento de mudas de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes doses de macronutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 599-609, dez. 2010.

JORDÃO, C. P.; ALVES, N. M.; PEREIRA, J. L.; BELLATO, C. R.; ALVAREZ V., V. H. Adsorção de íons  $\text{Cu}^{2+}$  em latossolo vermelho-amarelo húmico. **Química nova**, v. 23, n. 1, p. 5-11. 2000.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebenthifolia* RADDI). **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 3, p. 73-86, jan/mar. 2009.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: Uma Revisao. **Geonomos**, Belo Horizonte - MG, v. 5, n. 1, p. 17-40. 1997.

PEDROSO, E. J. **Enraizamento de miniestacas e ecofisiologia de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidades de radiação solar**. 2016. 49 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; BOGNOLA, I. A.; POMIANOSKI, D. J. W.; SOARES, P. R. C.; BARROS, L. T. S. Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de paricá em viveiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 227-234. 2013.

SANTIN, D. BENEDETTI, E. L., BRONDANI, G. E.; REISMANN, C. B.; ORRUTÉA, A. G.; ROVEDA, L. F. Crescimento de mudas de erva-mate fertilizadas com N, P e K. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 56-66. 2008.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 799-807. 2008.

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p.149-155. 2004.

SENA, J. S.; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N., HARA, F. A. S. Efeito da calagem e da correção dos teores de Ca e Mg do solo sobre o crescimento de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 2, p. 309-317, abr./jun. 2010.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R.B.; FILHO, S.M.; LIMA, J.S.S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249. 2006.

SOUZA, P. H.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, L. S. Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas de *Machaerium nictitans* (Vell.) Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 193-201. 2008.

TUCCI, C.A.F.; LIMA, H. N.; GAMA, A.S.; COSTA, H.S.; SOUZA, P. A. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw., Bombacaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 543-548. 2010.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Saturação por bases e doses de P no crescimento e nutrição de mudas de cerejeira (*Amburana acreana* Ducke). **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 1-9. 2015.