

CRYSLANE GONÇALVES COTA

**ATRIBUTOS DO SOLO, CRESCIMENTO INICIAL E TEOR DE
FLAVONOIDES EM MUDAS DE FAVA-D'ANTA SOB NÍVEIS DE
SATURAÇÃO POR BASES**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Ernane Ronie Martins
Coorientador: Prof. Luiz Arnaldo Fernandes

Montes Claros-MG
2017

CRYSLANE GONÇALVES COTA

**ATRIBUTOS DO SOLO, CRESCIMENTO INICIAL E TEOR DE
FLAVONOIDES EM MUDAS DE FAVA-D'ANTA SOB NÍVEIS DE
SATURAÇÃO POR BASES**

Prof. Ernane Ronie Martins
Orientador (ICA/UFMG)

Aprovada em 06 de março de 2017.

Montes Claros - MG
2017

Cota, Cryslane Gonçalves.

C843a 2017 Atributos do solo, crescimento inicial e teor de flavonoides em mudas de fava-d'anta sob níveis de saturação por bases / Cryslane Gonçalves Cota. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias/UFMG, 2017. 67 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

Orientador: Prof. Ernane Ronie Martins.

Banca examinadora: Janini Tatiane Lima Souza Maia, Leidivan Almeida Frazão, Ernane Ronie Martins.

Referências: f: 57-67.

1. *Dimorphandra mollis*. 2. Nutrição. 3. Cerrado. 4. Alumínio. I. Martins, Ernane Ronie. II. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. III. Título.

CDU: 633.88

Elaborada pela Biblioteca Comunitária em Ciências Agrárias do ICA/UFMG

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom Deus, por guiar-me na busca de escolhas sensatas e transmitir-me forças nos inúmeros momentos difíceis, permitindo que este trabalho fosse realizado com êxito.

Aos meus pais, José Édson e Maria Glaciete, as palavras de conforto nos momentos difíceis, por todo incentivo e amor.

Aos meus orientadores, Prof. Ernane Martins e Prof. Luiz Arnaldo Fernandes, as importantes contribuições, paciência e confiança. Deixo aqui meu agradecimento e admiração.

Aos funcionários do Viveiro que nunca mediram esforços para me auxiliar, a atenção, o cuidado e a amizade.

Aos membros da banca examinadora, que gentilmente aceitaram o convite e contribuíram para uma melhor elaboração deste trabalho.

Aos colegas e amigos da pós-graduação, os momentos de estudo e a descontração compartilhados durante esses dois anos, tornando essa caminhada mais leve e divertida. Especialmente às amigas Shirley e Aline o auxílio na condução do experimento e coleta de dados. Também agradeço à amiga Karol o auxílio na realização das análises estatísticas e aos alunos da graduação, Silvanete e Júlio César, o grande auxílio na realização das análises laboratoriais.

Aos professores do Instituto de Ciências Agrárias os ensinamentos e a amizade.

A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), ao Instituto de Ciências Agrárias e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal a oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) a bolsa de estudos concedida.

Aos amigos de longa data Diego e Nina que sempre estiveram ao meu lado, comemorando as vitórias e me amparando nos momentos difíceis, compreendendo a minha ausência em diversos momentos.

Aos muitos outros amigos que, embora não citados aqui, não deixam de ser importantes e merecer o meu agradecimento.

Enfim, a todos que colaboraram, de forma direta ou indireta, na realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) é uma espécie medicinal, nativa do cerrado, coletada pelas populações locais. A sua principal importância econômica está no fruto, de onde a indústria farmacêutica extrai a rutina e a quercetina. Os frutos são obtidos por meio do extrativismo. A falta de conhecimento e do manejo sustentável tem colocado em risco a sobrevivência da espécie em longo prazo. Diante do potencial econômico e medicinal dessa espécie, e do pequeno número de informações sobre aspectos da nutrição mineral, objetivou-se avaliar a influência de níveis de saturação por bases sobre os atributos químicos do solo e o crescimento inicial e produção de flavonoides totais em mudas de fava-d'anta. O trabalho foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, em delineamento de blocos casualizados, com sete tratamentos: saturação por base natural do solo (3%), e os demais tratamentos com 10, 20, 30, 40, 50 e 60 % de saturação, com cinco repetições. A elevação da saturação de bases foi realizada por meio da aplicação de doses de óxido de cálcio e magnésio. As sementes utilizadas foram submetidas à superação de dormência com ácido sulfúrico concentrado por 1 hora e, posteriormente, tratadas com fungicida carbendazim 15% + tiram 35% e semeadas em vasos. Após 130 dias da semeadura, foram tomadas as medidas de altura e diâmetro do coleto. Avaliaram-se, ainda, a matéria seca da parte aérea e da raiz, o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), o teor de flavonoides totais, o teor e o acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea. A elevação da saturação de bases refletiu na melhoria dos atributos químicos do solo por meio do aumento do pH, da CTC e das concentrações dos cátions trocáveis Ca^{+2} e Mg^{+2} , e redução da acidez trocável, acidez potencial e saturação por alumínio. A altura, biomassa seca e o teor de flavonoides totais das plântulas de fava-d'anta não foram influenciados pela elevação da saturação por bases, entretanto houve decréscimo do diâmetro do coleto. Assim, as condições naturais do solo do Cerrado propiciam o melhor desenvolvimento da espécie, evidenciando a sua tolerância à acidez do solo.

Palavras-chave: *Dimorphandra mollis*. Nutrição. Cerrado. Alumínio.

ABSTRACT

The fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) is a medicinal species, native to the cerrado, collected by local populations. Its main economic importance is in the fruit, from which the pharmaceutical industry extracts rutin and quercetin. The fruits are obtained by means of extractivism. Lack of knowledge and sustainable management has put the long-term survival of the species at risk. In view of the economic and medicinal potential of this species and the small number of information on aspects of mineral nutrition, the objective was to evaluate the influence of base saturation levels on the soil chemical attributes and the initial growth and the production of total flavonoids in seedlings of fava-d'anta. The work was conducted at Institute of Agrarian Sciences of UFMG, in a randomized block design with seven treatments: saturation by natural soil base (3%), and the other treatments with 10, 20, 30, 40, 50 and 60% of saturation with five replications. The increase of the base saturation was accomplished through the application of doses of calcium oxide and magnesium. The seeds used were submitted to dormancy overcoming with concentrated sulfuric acid for 1 hour and then treated with fungicide carbendazim 15% + thiram 35% and seeded in pots. After 130 days of sowing, measurements of height and collecting diameter were taken. Were still evaluated the dry matter of shoot and root, Dickson quality index (IQD), total flavonoid content, nutrient content and accumulation of shoot dry matter. The increase of the base saturation reflected in the improvement of soil chemical attributes by increasing the pH, of the CEC and concentrations of exchangeable cations Ca^{+2} and Mg^{+2} , and reducing of exchangeable acidity, potential acidity and aluminum saturation. The height, dry biomass and total flavonoid content of fava-d'anta seedlings were not influenced by the increase in base saturation, however, there was a decrease in the collection diameter. Thus, the soil natural conditions of the Cerrado provide the best development of the species, evidencing its tolerance to soil acidity.

Keywords: *Dimorphandra mollis*. Nutrition. Cerrado. Aluminum.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μL	Microlitro
Al	Alumínio
Al^{+3}	Acidez trocável
AlCl_3	Cloreto de Alumínio
B	Boro
Ca	Cálcio
cmol_c	Centimol de carga
Cu	Cobre
DC	Diâmetro do coleto
dm^3	decímetro cúbico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EQ.	Equação
Fe	Ferro
H	Altura
H + Al	Acidez Potencial
H_2PO_4^-	Diidrogenofosfato
ICA	Instituto de Ciências Agrárias
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
K	Potássio
m	Saturação por alumínio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MSPA	Matéria Seca da Parte Aérea
MSR	Matéria Seca da Raiz
N	Nitrogênio
nm	Nanômetro
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PRNT	Poder Relativo de Neutralização Total
S	Enxofre
SB	Soma de Bases
t	Capacidade de Troca de Cátions Efetiva

T	Capacidade de Troca de Cátions Potencial
TFT	Teor de Flavonoides Totais
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
V	Saturação por bases
Zn	Zinco

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Vista parcial das plântulas de fava-d'anta (<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.) em diferentes estágios de desenvolvimento.	26
---	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Análise química e textural do solo utilizado no cultivo de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.), em Montes Claros-MG 24
- Tabela 2- Equações de regressão ajustadas entre os componentes da acidez em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico coletado em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%)..... 30
- Tabela 3- Equações de regressão ajustadas entre fósforo disponível e cátions trocáveis em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico coletado em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%)..... 33
- Tabela 4- Equações de regressão ajustadas entre CTC efetiva, CTC potencial e saturação por bases em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico coletado em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%)..... 36
- Tabela 5- Equações de regressão ajustadas entre as características morfológicas e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das plantas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio 38
- Tabela 6- Teores de macronutrientes e de micronutrientes presentes nas plantas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros-MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%) 42
- Tabela 7- Acúmulo de macronutrientes nas plantas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%).... 45
- Tabela 8- Acúmulo de micronutrientes nas plantas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%).... 46
- Tabela 9- Análise de correlação entre Ca, Mg, Al e V(%), os caracteres morfológicos, Índice de Qualidade de Dickson e o teor de flavonoides totais em plantas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros- MG 51
- Tabela 10- Coeficientes de correlação de Pearson entre os macro e micronutrientes e os caracteres morfológicas das plantas de fava- d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros-MG 54

SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
2	Referencial Teórico.....	14
2.1	A Espécie: <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	14
2.1.1	Características botânicas.....	14
2.2	Propagação e produção de mudas.....	15
2.2.1	Determinação do padrão de qualidade das mudas.....	17
2.3	Aspectos da nutrição.....	17
2.4	Alumínio.....	19
2.5	Correção do solo: Benefícios para o desenvolvimento das plantas..	21
3	Material e métodos.....	23
3.1	Descrição da área experimental.....	23
3.2	Solo.....	23
3.3	Descrição dos tratamentos e delineamento experimental.....	25
3.4	Semeadura e tratos culturais.....	25
3.5	Coleta dos dados.....	26
3.6	Determinação do teor de flavonoides totais.....	27
3.6.1	Preparo das amostras.....	27
3.6.2	Preparo da curva padrão de rutina.....	28
3.7	Análises estatísticas.....	28
4	Resultados e discussão.....	29
4.1	Efeito das doses de corretivo sobre os atributos químicos do solo..	29
4.1.2	Componentes da acidez do solo.....	29
4.1.3	Teores de fósforo disponível e cátions trocáveis.....	31
4.1.4	CTC efetiva, CTC potencial e Saturação por bases.....	35
4.2	Crescimento e desenvolvimento da espécie.....	39
4.3	Teores foliares e acúmulo de macro e de micronutrientes.....	41
4.4	Análise de flavonoides totais.....	48
4.5	Análises de correlação.....	50
4.6	Influência dos macronutrientes e dos micronutrientes sobre caracteres morfológicos das plantas.....	53
5	Conclusões.....	56
	Referências.....	57

1 Introdução

A fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) é uma espécie medicinal, nativa do cerrado, explorada pelas populações locais. A principal importância econômica da espécie está no fruto, de onde a indústria farmacêutica extrai a rutina e a quercetina (DÔRES, 2007; SUDRÉ *et al.*, 2011).

O estado de Minas Gerais é responsável pelo fornecimento de 23% de toda a rutina produzida no Brasil, com destaque para a região norte do estado, especialmente para os municípios de Montes Claros, Mirabela, Japonvar, Francisco Sá, Jequitaiá, Lontra, Patis e Brasília de Minas, onde a fava-d'anta é explorada e comercializada em maior escala (DÔRES, 2007). Dessa forma, a comercialização dos frutos constitui uma importante fonte de renda adicional aos extrativistas do Norte de Minas Gerais, evidenciando a importância econômica da espécie para essa região.

O extrativismo é responsável pela totalidade da produção de frutos de fava-d'anta que abastecem a indústria farmacêutica. Todavia o aumento da demanda por esses frutos faz com que a sua coleta seja intensificada antes da maturação. Além disso, é comum a quebra dos galhos durante o processo de coleta dos frutos, o que pode comprometer a produção do ano seguinte. Desse modo, a falta de conhecimento e do manejo sustentável da espécie tem colocado em risco sua sobrevivência em longo prazo (PAULA *et al.*, 2007).

Diante desse cenário, Souza e Martins (2004) avaliaram os riscos de perda da diversidade genética em 32 populações de *D. mollis* localizadas no Norte de Minas Gerais. O seu estudo evidencia que 13 das populações estudadas apresentavam risco de perda da diversidade genética igual ou superior a 40%. Segundo esses autores, o extrativismo, a falta de proteção de habitats e a propensão a incêndios constituem os fatores de maior risco de erosão da espécie na região estudada.

O estabelecimento de plantios comerciais, aliado ao manejo sustentável da espécie surgem como uma alternativa para atender à demanda industrial por rutina e quercetina, e ainda diminuir a pressão sobre

as populações naturais. Entretanto as técnicas de cultivo da fava-d'anta são pouco conhecidas, principalmente quanto às exigências nutricionais e às respostas aos corretivos e fertilizantes (LORENZI, 2002). Além disso, os solos brasileiros geralmente são ácidos, ocasionando a diminuição da disponibilidade de nutrientes, como cálcio, magnésio e potássio e o aumento na solubilidade de alguns íons que, em concentração elevada, são tóxicos para a maioria das plantas cultivadas, como o alumínio e o manganês (FRANCHINI et al., 2001), necessitando, assim, da adoção de práticas corretivas que possibilitem o uso destes solos para o cultivo de espécies agrícolas e florestais.

A maioria das pesquisas relacionadas à nutrição de espécies é voltada às culturas agrícolas ou, no caso de espécies florestais, é direcionada para as espécies exóticas, principalmente o eucalipto e o pinus. Visto o potencial econômico e medicinal dessa espécie, e o pequeno número de informações nutricionais sobre a mesma, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar a influência de níveis de saturação por bases sobre os atributos químicos do solo e o crescimento inicial e teor de flavonoides totais em mudas de *Dimorphandra mollis* Benth.

2 Referencial Teórico

2.1 A Espécie: *Dimorphandra mollis* Benth.

2.1.1 Características botânicas

A *Dimorphandra mollis* Benth pertence à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae, e é popularmente conhecida por fava-d'anta, favela, faveira, falso barbatimão e farinha (LORENZI, 2002).

É uma planta decídua, heliófila, pioneira, seletiva xerófita, característica do Cerrado Sensu Stricto e Campo Cerrado. Apresenta densidade populacional moderada e pode ser encontrada tanto em formações primárias, como secundárias (LORENZI, 2002). São encontradas principalmente em terrenos altos e bem drenados, com altitudes que variam entre 500 e 1700 metros (GOMES, 1998; LORENZI, 2002). Caracteriza-se por ser uma espécie de porte arboreo, com altura variando de 8 a 14 metros, apresenta copa alta e rala (LORENZI, 2008; LORENZI; MATOS, 2002).

Possui folhas alternas, recompostas e bipinadas, apresentando de 6 a 14 pares de pinas e medindo de 8 a 11 cm de comprimento (LORENZI, 2008; LORENZI; MATOS, 2002). A inflorescência possui espigas cilíndricas terminais, somando mais de 500 flores (ALMEIDA *et al.*, 1988). As flores são hermafroditas, actinomorfas, sésseis e têm aproximadamente 3 mm de comprimento (ALMEIDA *et al.* 1988; LORENZI, 2002), com coloração que varia de branco a creme (LORENZI, 2002; LORENZI, 2008). Apresenta sistema reprodutivo classificado como alógama facultativa (MENDES *et al.*, 2013).

Os frutos são legumes achatados, lenhosos, indeiscentes, de superfície irregular, rugosos, com coloração escura, comprimento variando de 16 a 26 cm e mesocarpo adocicado, porém de sabor desagradável (DÔRES, 2007; FERREIRA *et al.*, 2001; LORENZI, 2008). Cada fruto pode conter até 20 sementes de coloração castanho-avermelhadas (FERREIRA *et al.*, 2001; LORENZI, 2008).

Almeida *et al.* (1988) e Ferreira *et al.* (2001) relatam que a floração ocorre no período de outubro a fevereiro e a maturação dos frutos é de janeiro a julho. Para a obtenção das sementes, deve-se colher os frutos

diretamente da árvore e, posteriormente secá-los ao sol, para facilitar a abertura manual e a liberação das sementes (SANTOS, 2006).

2.2 Propagação e produção de mudas

A produção de mudas florestais, em qualidade e em quantidade é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais (ARAÚJO *et al.*, 2007). Dessa maneira, é importante conhecer as condições que promovam rápida germinação e o desenvolvimento homogêneo de plântulas, visando a reduzir em partes o trabalho dos viveiristas e proporcionar o estabelecimento de povoamentos mais uniformes (PACHECO *et al.*, 2011).

Segundo Pacheco *et al.* (2006), as espécies florestais nativas apresentam poucas metodologias padronizadas em estudos de propagação, quando comparadas às espécies agrícolas, principalmente na determinação das condições ótimas de germinação em relação ao substrato, à temperatura e à luminosidade. Nesse contexto, Pacheco (2008) avaliou o efeito da temperatura sobre o crescimento inicial das mudas de *D. mollis* em viveiro florestal, verificando que a faixa de temperatura ideal para a germinação da espécie está entre 30 e 35°C.

A qualidade das sementes não é melhorada pelo armazenamento, mas pode ser mantida com um mínimo de deterioração possível, por meio do armazenamento adequado visando manter o vigor e o poder germinativo pelo maior período possível (MARTINS, 2008). Ao estudarem o armazenamento controlado de sementes de fava-d'anta, Chaves e Usberti (2003) obtiveram taxa média de germinação das sementes de 85,5% nas contagens de 7 e 10 dias após a semeadura em rolo de papel. Scalon *et al.* (2007) avaliaram o potencial germinativo de sementes de fava-d'anta e concluíram que o potencial germinativo da espécie decresce durante o armazenamento e que a semeadura, logo após a colheita, proporciona maior germinação quando as sementes são tratadas com acetona por 20 minutos e incubadas a 25°C ou em casa de vegetação.

A superação da dormência da semente de *D. mollis* pode ser feita por meio de escarificação mecânica ou química, e, após a escarificação, as

sementes podem ser imersas em água por um período de 8 a 12 horas, para entumescimento (FILIZOLA, 2013). Em testes que avaliaram o método mais eficiente para superação de dormência de sementes de fava-d'anta, Pacheco *et al.* (2011) verificaram que a escarificação mecânica com lixa nº 50 ou imersão por 10 segundos em água em ebulição, proporciona melhores resultados de germinação. Todavia a espécie pode apresentar germinação variada em função da época de coleta das sementes, diferentes procedências e aos variados métodos de escarificação (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Em relação ao efeito de substratos e da fertilização sobre a produção de mudas na fase de viveiro, Pacheco *et al.* (2011) constataram que o pó de coco e a vermiculita, combinados com composto orgânico, são bons substratos para a produção de mudas da espécie. Entretanto esses autores relatam a necessidade de novos estudos sobre a utilização desses substratos, combinada com doses adequadas de nutrientes que permitam que as mudas se desenvolvam com qualidade, garantindo a sobrevivência das mesmas.

Ao testar os substratos solo de mata seca, solo arenoso de cerrado e solo de cerrado argiloso sobre a germinação e desenvolvimento de fava-d'anta, Camargos *et al.* (2007) concluíram que o solo arenoso de cerrado proporcionou maior germinação para as sementes dessa espécie.

O plantio de sementes de fava-d'anta pode ser realizado diretamente no solo, em canteiros ou em sacos de polietileno, enterrando-se a semente a 2 cm de profundidade. Para o plantio em canteiros, as mudas devem ser removidas para os sacos de polietileno ou outros recipientes quando atingirem 4 cm de altura. Após 8 a 10 meses, de preferência no período das chuvas, as mudas devem ser transplantadas para o solo. Já para o plantio direto no campo, as sementes devem ser enterradas com profundidade de 2 a 3 cm, mantendo distância de cerca de 5 metros entre plantas (FILIZOLA, 2013). Ainda, segundo o autor, plantas de *D. mollis* podem ser consorciadas com outras espécies nativas e em sistemas agroflorestais, reduzindo, assim, o ataque de pragas e de doenças.

2.2.1 Determinação do padrão de qualidade das mudas

A sobrevivência, o estabelecimento e o crescimento inicial das espécies florestais estão diretamente relacionados à qualidade das mudas (GOMES *et al.*, 1991). A determinação do padrão de qualidade das mudas normalmente ocorre por meio da medição de altura, diâmetro do coleto e o peso de matéria seca total, podendo esse ser dividido em peso da matéria seca da parte aérea e peso da matéria seca das raízes (CARNEIRO, 1995). De acordo com Gomes *et al.* (2002), além da análise dessas características, alguns índices também são utilizados para avaliar a qualidade das mudas. São eles: Índice de Qualidade de Dickson (IQD), a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto, a relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea e a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é reconhecido como bom indicador de qualidade de mudas, porque são utilizados no seu cálculo a robustez (relação H/DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação MSPA/MSR) (TRAZZI, 2011), visto que as características morfológicas utilizadas para a avaliação da qualidade das mudas não devem ser utilizadas isoladamente, a fim de que não sejam selecionadas mudas altas, porém fracas, ou que as mudas menores, mas com vigor sejam descartadas (FONSECA *et al.*, 2002).

Ao avaliar a qualidade das mudas por meio dessas características e índices, objetiva-se tentar mostrar uma relação entre eles e o sucesso do desempenho das mudas em campo (BINOTTO *et al.*, 2010).

2.3 Aspectos da nutrição

A correção da acidez do solo é fundamental para o desenvolvimento de muitas culturas, por reduzir a disponibilidade de alguns elementos cujos níveis altos poderiam ser tóxicos para a maioria das plantas cultivadas, como alumínio e manganês, na elevação do pH do solo, no aumento da disponibilidade de nutrientes e na melhoria do ambiente radicular para o desenvolvimento de microrganismos (VELOSO *et al.*, 2001).

A correção da acidez do solo pode ser realizada por meio da calagem, usando-se unicamente o cálcio como elemento na correção da acidez e neutralização do alumínio trocável (VELOSO *et al.*, 2011). No entanto a adição somente de cálcio irá provocar desequilíbrio na relação cálcio e magnésio do solo. Portanto, recomenda-se a aplicação de doses de calcário com Ca e Mg, em proporções adequadas, proporcionando o equilíbrio desses nutrientes no solo, o que, por sua vez, favorecerá o desenvolvimento das plantas (VELOSO *et al.*, 2001). O mesmo é enfatizado por Albuquerque *et al.* (2002), que sugerem que a escolha dos corretivos agrícolas deve ser baseada não apenas no seu poder de neutralização, mas também na proporção entre os cátions acompanhantes, principalmente a relação entre cálcio e magnésio do produto.

O desequilíbrio entre nutrientes ocorre por diversos fatores, como a disponibilidade dos mesmos no solo e a absorção desses pelas plantas. Os principais fatores que afetam a disponibilidade e a absorção de nutrientes são, principalmente, o tipo de solo, o pH, a concentração e o equilíbrio entre a fração trocável e em solução do solo, além de interações iônicas (MALAVOLTA, 1997)

Cruz *et al.* (2006) admitem que, em virtude do grande número de espécies, é difícil fazer recomendações de fertilização específicas para cada uma. Entretanto conhecer o comportamento nutricional peculiar a cada espécie permite a adoção de práticas que promovam um melhor desenvolvimento da planta, garantindo, assim, maior produtividade, economia e menores impactos negativos ao meio ambiente (CARLOS, 2013).

A maioria dos estudos sobre a nutrição mineral de plantas nativas do cerrado enfoca os aspectos de baixa fertilidade dos solos ácidos do bioma, sem levar em consideração os sistemas de adaptação que essas plantas desenvolvem, as reservas de nutrientes na biomassa vegetal e os processos envolvidos na ciclagem de nutrientes que acontecem nos ecossistemas naturais (HARIDASAN, 2000). Contudo, o fato dessas espécies serem tolerantes à baixa fertilidade, não elimina a possibilidade de resposta à fertilização (DUBOC; GUERRINI, 2007).

As espécies nativas têm apresentado divergências em relação às exigências nutricionais (CARNEVALI, 2014; COSTA *et al.*, 2007a), visto que variam entre espécies pouco exigentes até aquelas com crescimento totalmente limitado na ausência de determinado nutriente (CARNEVALI, 2014). Fagundes *et al.* (2011) avaliaram o efeito da qualidade do solo na germinação das sementes e no desenvolvimento de plântulas de *D. mollis* e obtiveram resultados que indicam que as sementes dessa espécie apresentam maior porcentagem de germinação em solos arenosos. Todavia as plântulas desenvolvem melhor em solos com melhores qualidades nutricionais.

Fernandes *et al.* (2008), avaliando os níveis de N, P e K para a produção de mudas de fava-d'anta em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, recomendaram a aplicação de 237, 390 e 227 mg dm⁻³ de N, P, e K, respectivamente. Esses autores relatam que, para este estudo, o aumento dos níveis desses macronutrientes proporcionou um aumento do crescimento das plantas e a redução dos teores de flavonoides totais.

Ao avaliar a influência do silicato no crescimento inicial e na produção de metabólitos secundários em fava-d'anta, Paula *et al.* (2007) verificaram que o crescimento em diâmetro do caule foi afetado de forma significativa pela variação de doses de silicato. Além disso, o silicato de cálcio aumenta a produção de biomassa e de flavonoides totais dessa espécie.

Em estudos sobre a nutrição mineral da fava-d'anta, Costa *et al.* (2007 b) concluíram que a espécie mostrou-se tolerante à acidez e sensível à elevação da saturação por bases do solo a 70% e à omissão de P e K. Por outro lado, os teores de flavonoides totais não foram influenciados pelos tratamentos estudados, relatando ainda que a elevação da saturação por bases a 70% pode ter prejudicado o desenvolvimento das plantas, necessitando de estudos que evidenciem o valor ideal de saturação de bases para o cultivo da fava-d'anta.

2.4 Alumínio

Os solos do cerrado apresentam um problema complexo de baixa fertilidade natural, que está relacionada à presença de Al, acidez e ainda à

sazonalidade das chuvas, o que prejudica o desenvolvimento das plantas (RAMPIM; LANA, 2013).

O alumínio é constituinte das partículas de argila do solo, sendo que, em solos com pH abaixo de 5,0, ocorre a sua migração para a fração trocável ou para a solução do solo. A prática da calagem pode diminuir ou eliminar a acidez do solo nas camadas superficiais, entretanto os efeitos nocivos do alumínio podem permanecer no subsolo, impedindo que as raízes das plantas penetrem até a maior profundidade, além disso, a toxicidade de alumínio não é o único fator limitante em solos ácidos (MISTRO *et al.* 2001), posto que os níveis tóxicos de manganês e a deficiência de fósforo, cálcio e magnésio, muitas vezes, também podem limitar o crescimento das plantas em solos ácidos (FERNANDES, 1989).

Além de inibir o crescimento e o desenvolvimento das raízes, o alumínio tóxico presente na solução do solo pode ainda alterar a absorção de água e nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, afetar o seu desenvolvimento (HARTWIG *et al.*, 2007). Esses autores descrevem que, apesar da maioria dos trabalhos evidenciar os efeitos negativos do alumínio, há relatos de efeitos benéficos em algumas espécies.

De acordo com Salvador *et al.* (2000), mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) cultivadas em solução nutritiva com concentrações de Al abaixo de 10,0 mg L⁻¹, quando comparadas ao tratamento sem adição de Al, apresentaram valores superiores para as variáveis altura da planta e área foliar, aos 30 e 90 dias de cultivo. Outras espécies, como trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) e chá (*Camellia sinensis* L.), apresentam mecanismos de tolerância ao Al, por meio da capacidade de inativação e armazenamento de Al em formas não tóxicas nas folhas (MARIANO *et al.*, 2005).

Segundo Kochian *et al.* (2004), a presença dos mecanismos de tolerância e resistência ao Al⁺³ é uma força seletiva importante na natureza, tornando diversas espécies adaptadas ao estresse abiótico. Esses mecanismos de resistência ao Al⁺³ baseiam-se na formação de complexos com carboxilatos (KOCHIAN *et al.*, 2005) e, dentre os diversos mecanismos

de resistência das espécies vegetais contra o alumínio no solo, destacam-se aqueles em que os flavonoides estão envolvidos, atuando na formação de complexo estável, que diminui o efeito tóxico desse metal (BARCELÓ; POSCHENRIEDER, 2002).

O sistema de raízes é um parâmetro importante para a seleção de genótipos tolerantes ao alumínio, uma vez que essa é a parte mais afetada da planta, quando submetido a este tipo de estresse (MOSSI *et al.*, 2011). Estudos têm mostrado que a inibição do crescimento radicular é o primeiro sintoma visível em resposta à toxicidade do Al em plantas, podendo ainda ocasionar deficiência mineral e estresse hídrico (DEGENHARDT *et al.*, 1998). Em condições moderadas de toxidez por alumínio, o crescimento das raízes laterais é inibido, embora a raiz principal possa se desenvolver de forma aparentemente normal. Entretanto, em condições de toxidez mais elevada, as raízes principais também são afetadas e podem se apresentar curtas e entortadas, e, com isso, o sistema radicular fica reduzido e explora um menor volume de solo (HELYAR, 1978).

O grau de tolerância ao alumínio varia extensivamente de acordo com cada espécie de planta, sendo que aquelas plantas tolerantes apresentam diferentes mecanismos de sobrevivência à presença desse metal. Sabe-se que a tolerância das plantas ao alumínio está associada à capacidade dessas em suportar altos níveis de Al no simplasto ou por se desintoxicarem do mesmo após a sua entrada na célula. Todavia os mecanismos de tolerância são extremamente complexos e necessitam ainda ser mais estudados (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001).

2.5 Correção do solo: benefícios para o desenvolvimento das plantas

A maioria dos solos do Cerrado apresentam características químicas inadequadas ao cultivo, como elevada acidez, altos níveis de Al trocável e deficiência de nutrientes, principalmente de Ca e Mg. Todavia, quando corrigidos, nota-se o aumento na disponibilidade da maioria dos nutrientes, melhoria na fixação simbiótica de N pelas leguminosas, além do

estimulo à atividade microbiana e aumento do teor de matéria orgânica (RIBEIRO *et al.*, 1999).

As espécies pioneiras geralmente têm seu potencial de crescimento mais restringido quando se desenvolvem em solos pobres, apresentando respostas satisfatórias à fertilização. Entretanto, com o avanço do grupo sucessional, o estímulo proporcionado pela adubação é menos pronunciado e, algumas vezes, inexistente, o que pode ser justificado pelo crescimento mais lento, característico das espécies clímax (RESENDE *et al.*, 1999). Em conformidade com Marschner (1991), espécies de crescimento lento apresentam baixa resposta ao fornecimento de nutrientes.

Nesse sentido, é necessária a adoção de algumas práticas de manejo que visam adequar o solo às necessidades das plantas (BENEDETTI *et al.*, 2009). A calagem é uma prática adotada para a correção dos solos e tem seus efeitos já conhecidos (Sousa *et al.*, 2007), principalmente para culturas anuais (BENEDETTI *et al.*, 2009). Todavia os estudos com espécies florestais vêm demonstrando resultados diversos, com respostas geralmente positivas (BRAGA *et al.*, 2015; CRUZ *et al.*, 2004; FURTINI NETO *et al.*, 1999) à aplicação de calagem.

A correção de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, de textura muito argilosa, para o cultivo de cedro-australiano, influenciou, positivamente, o crescimento em altura, o diâmetro do coleto e a matéria seca das raízes, da parte aérea e total das mudas (BRAGA *et al.*, 2015). De acordo com esses autores, na ausência da calagem, foram observados sintomas visuais de deficiência de Ca e Mg, limitação no crescimento e na produção de matéria seca das mudas.

Ao realizarem a correção do solo por meio da elevação da saturação por bases para produção de mudas de ipê-roxo, Cruz *et al.* (2004) observaram incrementos em altura, diâmetro do coleto e biomassa seca total quando a saturação do solo foi elevada para 50%.

3 Material e métodos

3.1 Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de novembro de 2015 a março de 2016, no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA- UFMG), localizado no município de Montes Claros- MG, cujas coordenadas geográficas são 16° 41' S e 43° 50' W.

3.2 Solo

O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de acordo com Embrapa (2013). A coleta foi realizada na camada superficial do solo (0-0,2 m), na comunidade Abóboras, município de Montes Claros-MG, sob vegetação de Cerrado, cujas coordenadas geográficas são 16° 54' 14,99" S e 43° 57' 41,28" W. Os resultados das análises químicas e físicas do solo, determinadas conforme Embrapa (1997), encontram-se na TABELA 1. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw tropical quente úmido, apresentando duas estações bem definidas, inverno frio e seco, e o verão quente e chuvoso.

Tabela 1- Análise química e textural do solo utilizado no cultivo de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.), em Montes Claros-MG

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	COS	
H ₂ O	mg dm ⁻³		-----		cmol _c dm ⁻³ -----		---- % ----				
4,5	0,6	20	0,2	0,1	0,9	9,8	0,4	1,3	3	1,16	
Textura (g Kg ⁻¹)											
Argila				Silte				Areia			
160				60				780			

Fonte: Da autora, 2016.

3.3 Descrição dos tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com sete tratamentos e cinco repetições, sendo cada parcela formada por um vaso com duas plantas. Os tratamentos constituíram-se de níveis crescentes de saturação por bases, sendo esses: saturação por base natural do solo (3%) e os demais tratamentos com 10, 20, 30, 40, 50 e 60 % de saturação, correspondendo às doses de 0; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0 e 2,4 toneladas hectare⁻¹ de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%), com PRNT de 180%.

O cálculo da quantidade de corretivo necessária para a elevação da saturação por bases em cada tratamento, foi realizado conforme a análise química do solo, seguindo a equação apresentada a seguir (EQ. 1).

$$NC = \frac{T \times (V_E - V_A)}{PRNT} \quad \text{EQ. 1}$$

Em que: NC = necessidade de calagem em toneladas por hectare (t ha⁻¹); T = CTC a pH 7,0; V_E = saturação por bases desejada, em %; V_A = saturação por bases atual, em %; PRNT= PRNT do corretivo a ser utilizado.

Após a aplicação do corretivo, foi realizada uma adubação de plantio com 20 mg dm³ de N, 150 mg dm³ de P e 50 mg dm³ de K, utilizando-se o adubo formulado 4-30-10.

3.4 Semeadura e tratamentos culturais

Para a produção das mudas, foram selecionadas 350 sementes de fava-d'anta, coletadas nas árvores, provenientes da comunidade Olhos D'água, município de Montes Claros – MG.

As sementes foram submetidas à superação de dormência com ácido sulfúrico concentrado por uma hora e, posteriormente, lavadas em água corrente por 20 minutos. Em seguida, as mesmas foram tratadas com o fungicida comercial carbendazim 15% + tiram 35% e semeadas nos vasos. Para cada vaso, utilizaram-se 10 sementes e, aos 30 dias após a semeadura, realizou-se o desbaste, mantendo duas plântulas por vaso. Durante o período

experimental, manteve-se a umidade do solo, por meio da irrigação com água destilada, sempre que necessário.

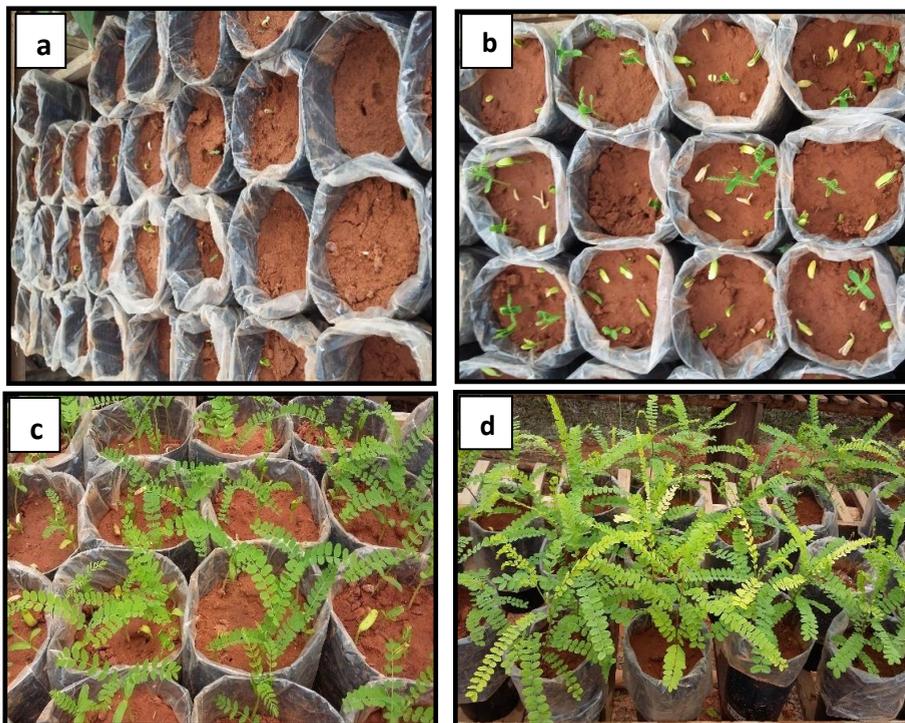


Figura 1- Vista parcial das plântulas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) em diferentes estágios de desenvolvimento.

Legenda: a) início do processo de germinação (3 dias)

b) processo de germinação após 9 dias

c) plântulas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) 40 dias após a sementeira

d) vista parcial das mudas de fava-d'anta 90 dias após a sementeira.

Fonte: Da autora, 2016.

3.5 Coleta dos dados

Após 130 dias da sementeira, foram tomadas as medidas de altura (H), com régua com precisão de 1mm; e diâmetro do coleto (DC), com paquímetro digital com precisão de 0,01mm. As plantas, então, foram coletadas e separadas em raízes e parte aérea. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel pardo e levados para estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até obter massa constante, para a

determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR), por meio de balança analítica com precisão de 0,01 g. Posteriormente, determinou-se o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em função da H, DC, MSPA e MSR, por meio da seguinte fórmula (DICKSON *et al.*, 1960):

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

Na MSPA, foram determinados os teores de todos os nutrientes essenciais, conforme Malavolta *et al.* (1997). A partir dos resultados da MSPA e dos teores de nutrientes na MSPA, calcularam-se as quantidades de nutrientes acumuladas.

Para a etapa de caracterização do solo, retirou-se uma amostra de cada vaso, que foi posteriormente encaminhada ao Laboratório de Análises de Solo do ICA, onde foram realizadas as análises, de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

3.6 Determinação do teor de flavonoides totais

3.6.1 Preparo das amostras

Para determinação dos flavonoides totais, utilizaram-se os foliólulos secos em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até peso constante, que, posteriormente, foram trituradas em moinho de facas e armazenadas em tubos tipo falcon a -20 °C.

Os extratos vegetais foram preparados conforme a metodologia de Liu *et al.* (2008), com adaptações. Os foliólulos secos e moídos foram pesados (0,25 g) e colocados em tubos de ensaio, seguido da adição de 20 mL da solução de etanol 60%. Os extratos foram colocados em agitador orbital por 24 horas, filtrados em papel filtro quantitativo e, posteriormente, armazenados em tubos tipo falcon, ao abrigo da luz. Esses extratos foram mantidos em geladeira por quatro meses, quando então se realizou a análise do teor de flavonoides.

O teor de flavonoides foi determinado pelo método do cloreto de alumínio proposto por Liu *et al.* (2008), com algumas modificações. Retirou-

se alíquota de 50 µL de cada extrato, que foi transferida para tubo de ensaio correspondente. Em seguida, fez-se a diluição do extrato, por meio da adição de 2 mL de etanol (60%), seguida da adição de 2 mL de cloreto de alumínio (2%). O material foi submetido à agitação em vórtex e deixado em repouso por 30 minutos ao abrigo da luz. Então, fez-se leitura em espectrofotômetro a 405 nm, utilizando-se o etanol 60% mais AlCl_3 como branco. Os resultados foram expressos em teor (%) de flavonoides totais.

3.6.2 Preparo da curva padrão de rutina

Na construção da curva de calibração, foi preparada solução estoque de rutina (1mg mL^{-1}) como solução padrão, na qual foram utilizadas cinco concentrações distintas (0,01; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; mg mL^{-1}). Posteriormente, foi feita a leitura em espectrofotômetro a 405 nm, utilizando-se o etanol 60% como branco para a obtenção da curva padrão ($y = 0,0042+0,1005x$ $R^2 = 0,99$).

3.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativo o teste F, foram ajustadas equações de regressão para as variáveis, em função das doses de corretivo aplicadas para elevar a saturação por bases. Quando houve efeito significativo pelo teste F, mas sem ajuste de equações, aplicou-se o teste de Dunnett ($P < 0,05$) para comparar o tratamento natural (sem aplicação de corretivo) com cada uma das doses de corretivo aplicadas. As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o software R, versão 3.3.1.

4 Resultados e discussão

4.1 Efeito das doses de corretivo sobre os atributos químicos do solo

4.1.2 Componentes da acidez do solo

Os níveis de saturação por bases influenciaram, significativamente, os componentes da acidez do solo (TABELA 2). De acordo com as equações ajustadas, verificou-se que o pH apresentou resposta linear positiva à elevação da saturação por bases, aumentando de 4,2 (testemunha sem aplicação de corretivo) para 6,7. Com isso, a acidez do solo passou de muito elevada para fraca (ALVAREZ *et al.*, 1999). O pH do solo encontra-se relacionado ao nível de saturação de bases, aumentando à medida que este aumenta (RAIJ *et al.*, 1968).

Tabela 2- Equações de regressão ajustadas entre os componentes da acidez em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico coletado em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%)

Atributos	Equação	R ²	Valor mínimo da variável	Dose de corretivo (t ha ⁻¹) para o valor mínimo da variável
pH	$y = 4,1946 + 1,1985^{**}x$	0,99	6,64	2,04
m (%)	$y = 61,897 - 83,086^{**}x + 27,679^{**}x^2$	0,99	0	1,5
Al³⁺ (cmol_cdm⁻³)	$y = 0,875 - 1,195^{**}x + 0,3847^{**}x^2$	0,99	0	0,92
H + Al (cmol_cdm⁻³)	$y = 2,5123 - 0,7798^{**}x$	0,94	0,92	2,04

** significativo a 1%

Fonte: Da autora, 2016.

Nota: ** significativo a 1%.

Quanto à acidez trocável (Al^{+3}) e à saturação por alumínio (m%) (TABELA 2), percebe-se que houve resposta quadrática à elevação da saturação por bases. O tratamento testemunha apresentou $0,89 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para a acidez trocável, valor considerado médio, sendo neutralizado com a aplicação de $0,92 \text{ t ha}^{-1}$ do corretivo. Já para a saturação por alumínio, o tratamento testemunha apresentou 60,6%, valor considerado alto, neutralizado com a dose equivalente a $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ do corretivo.

De acordo com Alvarez *et al.* (1999), o Al^{+3} do solo é considerado relativamente alto quando atinge concentrações acima de $1,01 \text{ cmol}_c$. Apesar de, neste estudo, a acidez trocável do solo natural não atingir esse valor, a mesma apresentou-se muito próxima ($0,9 \text{ cmol}_c$), indicando a necessidade da adoção de práticas corretivas. Os resultados obtidos evidenciam que a redução máxima da acidez trocável já foi obtida com a aplicação de doses baixas de corretivo (TABELA 2).

A acidez potencial (H + Al) (TAB. 2) apresentou resposta linear negativa, atingindo valor mínimo de $0,92 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, após a aplicação da dose máxima de corretivo ($2,4 \text{ t ha}^{-1}$). Desse modo, a elevação da saturação por bases promoveu o aumento do pH do solo, bem como a neutralização da acidez trocável e da saturação por alumínio, e ainda promoveu a redução da acidez potencial. Esses resultados corroboram os obtidos por Alleoni *et al.* (2005), ao avaliarem o efeito de doses de calcário dolomítico aplicadas em superfície ou incorporadas, nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado. Os resultados referentes à acidez do solo obtidos neste trabalho também são compatíveis com aqueles encontrados por Sena *et al.* (2010), ao avaliarem as respostas de angelim pedra (*D. excelsa*) à aplicação de calcário como corretivo do substrato.

4.1.3 Teores de fósforo disponível e cátions trocáveis

A adição de doses crescentes do corretivo resultou no comportamento quadrático em relação ao teor de fósforo disponível do solo (TABELA 3), atingindo valor máximo de $14,97 \text{ mg dm}^{-3}$ quando aplicada a

dose de corretivo equivalente a 1,58 t ha⁻¹. Apesar desse incremento no teor de P, o valor máximo alcançado após a aplicação do corretivo ainda é considerado muito baixo, de acordo com a classificação de Alvarez *et al.* (1999).

Tabela 3- Equações de regressão ajustadas entre fósforo disponível e cátions trocáveis em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico coletado em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%)

Atributos	Equação	R ²	Valor máximo da variável	Dose de corretivo (t ha ⁻¹) para o valor máximo da variável
P (mg dm⁻³)	$y=12,237+3,4742^{**}x-1,1024^{**}x^2$	0,86	14,97	1,58
Ca⁺² (cmol_cdm⁻³)	$y = 0,3595 + 0,67^{**}x$	0,99	1,97	2,4
Mg⁺² (cmol_c dm⁻³)	$y = 0,1794 + 0,3364^{**}x$	0,93	0,99	2,4
K⁺ (mg dm⁻³)	$y=27,5$	ns	-	-

Fonte: Da autora, 2016.

Notas: **Significativo a 1% e ^{ns} não significativo.

Esse aumento no teor de P, ainda que insuficiente para atingir outro nível de classificação, pode ser atribuído à elevação do pH do solo, visto que os solos predominantes do cerrado se caracterizam pelos baixos teores de P na forma disponível para as plantas, e ainda o incremento de Mg promovido pela aplicação do corretivo. Malavolta et al. (1997) admitem que a absorção do P é influenciada pela concentração de Mg no meio, e que esse pode ser “carregador” do P para dentro da planta (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Em solos muito ácidos, o P está predominantemente na forma de íons de H_2PO_4^- , que, frequentemente, reagem com o Fe e Al, presentes em altas concentrações, e podem provocar a precipitação do P como fosfatos de Fe e Al, que apresentam baixa solubilidade (DECHEN; NACHITIGALL, 2007). Além disso, há relatos de que as plantas podem acidificar a rizosfera com substâncias, como o malato e o citrato, disponibilizando fósforo para o meio (RYAN *et al.*, 2001). Outra resposta pode estar associada às relações de absorção e à utilização do fósforo com outros fenômenos, como a fixação biológica de nitrogênio (VANCE *et al.*, 2001).

Ao cultivar fava-d’anta em solos do cerrado de Minas Gerais, Costa *et al.* (2007a) observaram que as plantas não apresentaram sintomas visuais de deficiência de fósforo e descrevem que a espécie pode ter desenvolvido mecanismos de adaptação a essa condição, ressaltando que a forma de absorção de fontes fosfatadas pela espécie pode não ser a forma mais comum que consta na literatura (H_2PO_4^-), e sim formas menos disponíveis, como os fosfatos de Fe e Al típicos dos solos do Cerrado.

Mendes *et al.* (2005) avaliaram a produção de biomassa e de flavonoides totais em mudas de fava-d’anta cultivadas sob diferentes níveis de fósforo em solução nutritiva e verificaram maior produção de biomassa para as mudas crescidas em baixos níveis de fósforo. Segundo esses autores, esse comportamento evidencia a adaptação da espécie aos solos do Cerrado, que, geralmente, apresentam baixa disponibilidade de fósforo.

Com relação aos cátions trocáveis, percebe-se que houve aumento linear dos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} , entretanto o teor de K^+ não foi influenciado (TABELA 3), o que corrobora o trabalho de Albuquerque *et al.* (2003), em que

a calagem elevou os teores de Ca e Mg trocáveis e não influenciou nos teores de K^+ . O aumento dos teores de Ca e Mg resultam da presença desses nutrientes no corretivo utilizado, estando em concordância com Sena *et al.* (2010), que verificaram que a adição de Ca e Mg, provenientes dos calcários ou das fontes não corretivas da acidez, promoveu o aumento dos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis no solo.

Segundo Alvarez *et al.* (1999), as concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} são consideradas ideais quando apresentam valores acima de 2,4 e 0,9 $cmol_c dm^{-3}$ respectivamente. Embora a concentração ideal de cálcio não tenha sido alcançada, mesmo após a aplicação da dose máxima de corretivo (TABELA 3), o aumento da concentração de Ca e Mg no solo, em resposta ao aumento das doses de corretivo, evidencia que as doses desses nutrientes fornecidas pelo corretivo foram superiores às demandadas pelas plantas, resultando na elevação dos níveis desses no solo.

Apesar de ter sido realizada adubação de plantio com o formulado NPK 4-30-10, a concentração de K no solo nas condições originais e após adubação, seguida do cultivo da espécie ainda é considerada baixa (TABELA 3), entre 16 e 40 $mg dm^{-3}$ (ALVAREZ *et al.*, 1999). Esse autor relata que a concentração de K pode ser considerada ideal quando atinge valores superiores a 71 $mg dm^{-3}$. Dessa forma, possivelmente a concentração de K no solo se manteve baixa, mesmo após a adubação, devido à baixa dose aplicada e à absorção dos íons K^+ pelas plantas.

Todavia, os estudos referentes à nutrição dessa espécie ainda são escassos, sugerindo a necessidade da realização de estudos mais aprofundados que possam indicar a necessidade de adubação da mesma.

4.1.4 CTC efetiva, CTC potencial e Saturação por bases

A análise de regressão mostra que a CTC efetiva (t), a CTC potencial (T) e a saturação por bases ($V\%$) aumentaram linearmente em resposta à adição das doses crescentes do corretivo (TABELA 4).

Tabela 4- Equações de regressão ajustadas entre CTC efetiva, CTC potencial e saturação por bases em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico coletado em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%)

Atributos	Equação	R ²	Valor máximo da variável	Dose de corretivo (t ha ⁻¹) para o valor máximo da variável
t (cmol _c dm ⁻³)	y = 1,2542 + 0,6653**x	0,93	2,85	2,4
T (cmol _c dm ⁻³)	y = 3,1149 + 0,3502**x	0,88	3,96	2,4
V (%)	y = 21,909 + 23,487**x	0,96	78,28	2,4

Fonte: Da autora, 2016

Nota: **Significativo a 1%.

A aplicação da dose máxima de corretivo (2,4 t ha⁻¹), elevou a CTC efetiva para 2,85 cmol_c dm⁻³ (TABELA 4), o que corresponde ao aumento de 52%, quando comparado à CTC inicial do solo. De acordo com Alvarez *et al.* (1999), valores de CTC efetiva entre 2,31 e 4,60 cmol_c dm⁻³ são classificados como médios. Esse aumento se deve à precipitação dos íons Al³⁺ em hidróxido de alumínio, liberando, assim, as cargas antes ocupadas pelo íons H⁺ e Al³⁺ e possibilitando que essas cargas sejam ocupadas pelos íons Ca⁺² e Mg⁺².

Observa-se, também, que, para a CTC potencial, houve aumento de 18% em relação aos valores verificados antes da aplicação do corretivo, sendo que essa atingiu 3,96 cmol_c dm⁻³.

A aplicação de 2,4 t ha⁻¹ de corretivo elevou a saturação por bases de 18 para 78% (TABELA 5), o que seguindo a classificação de Alvarez *et al.* (1999), é suficiente para alterar o nível de classificação de muito baixo para alto. A elevação da saturação por bases, para mais de 70%, é um valor acima do esperado para a realização deste experimento, indicando que a maioria das cargas do solo estavam ocupadas por H + Al que foram neutralizados após a correção do solo.

Tabela 5- Equações de regressão ajustadas entre as características morfológicas e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das plantas de fava- d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio

Características	Equação	R²	Valor máximo da variável	Dose de corretivo (t ha⁻¹) para o valor máximo da variável
Altura (cm)	y= 13,3	ns	-	-
Diâmetro coleto (mm)	y = 3,1546 - 0,4423**x	0,78	2,25	2,04
Massa seca parte aérea	y= 1,33	ns	-	-
Massa seca das raízes	y = 0,67	ns	-	-
IQD	y= 0,3	ns	-	-

Fonte: Da autora, 2016.

Notas: **Significativo a 1% e ^{ns} não significativo.

Ao avaliar as alterações nas características químicas de um solo ácido após a aplicação de fontes corretivas, Balbinot Junior *et al.* (2006) observaram que o aumento das doses de corretivo elevou a capacidade de troca de cátions do solo (CTC). Estes autores descrevem que o aumento das doses de corretivo também proporcionou o aumento na saturação por bases que decorre, especialmente, pelo aumento dos teores de Ca e Mg presentes na composição dos corretivos utilizados.

4.2 Crescimento e desenvolvimento da espécie

A altura das plantas não apresentou resposta significativa aos tratamentos aplicados (TABELA 5), sendo a altura média, nessa fase de crescimento, de 13,3 cm, divergindo dos resultados encontrados por Costa *et al.* (2007b), que, ao avaliarem o efeito da saturação por bases no crescimento da fava-d'anta, verificaram que a espécie apresentou comportamento quadrático em relação ao incremento de altura, atingindo a máxima altura (26,30 cm), quando a saturação por bases no solo foi de 32%.

Essa divergência entre os resultados encontrados pode ser associada à alta variabilidade genética encontrada para a espécie em estudos realizados por Gonçalves *et al.* (2010). Estes autores descrevem que, em condições naturais de reprodução sexual, a alta diversidade genética encontrada para a fava-d'anta indica a possibilidade da ocorrência de diversas outras combinações genotípicas, capazes de manter o potencial evolutivo e a capacidade de adaptação da espécie às possíveis mudanças ambientais. Além disso, a divergência encontrada entre os resultados também pode ser associada às diferenças entre as características físicas e químicas dos solos utilizados na realização dos estudos, que podem ter influenciado no crescimento e no desenvolvimento da espécie.

De acordo com Cruz *et al.* (2004), mudas de ipê-roxo, quando submetidas a níveis de saturação por bases, também não apresentaram resposta significativa para a variável altura. Os resultados obtidos neste

trabalho também divergem de outros trabalhos encontrados na literatura para diferentes espécies florestais, onde a calagem exerceu efeito positivo para o crescimento em altura, conforme observado para *Senna multijuga*, *Stenolobium stans* e *Anadenanthera falcata* (FURTINI NETO *et al.*, 1999), *Anadenanthera macrocarpa* (BERNARDINO *et al.*, 2005).

Quanto ao diâmetro do coleto, observa-se decréscimo linear (TABELA 5), em função dos níveis crescentes de V%, estando em concordância com Stoqueiro *et al.* (2012), que observaram que a elevação da saturação de bases para o cultivo do algodoeiro implicou a redução do diâmetro caulinar das plantas.

Favare *et al.* (2012) relatam que os níveis crescentes de saturação por bases influenciaram o desenvolvimento em altura e diâmetro do coleto da teca (*Tectona grandis*), somente a partir dos 150 dias após o plantio.

Em relação à produção de biomassa, os níveis de saturação por bases não influenciaram, significativamente, a matéria seca da parte aérea e raízes das plantas de fava-d'anta (TABELA 5). Balieiro *et al.* (2001) avaliaram a formação de mudas de *A. holosericea* e *A. auriculiformis* em resposta à calagem e à adição de fósforo, potássio e enxofre, concluindo que as espécies apresentaram comportamento semelhante, em que as variáveis altura, diâmetro do coleto e peso da matéria seca da parte aérea não refletiram respostas significativas para a adição do corretivo.

O maior peso de matéria seca das folhas é demonstrado por Cruz *et al.* (2004) como fator interessante para o melhor desenvolvimento das mudas por representar maior capacidade fotossintética e maior vigor.

Não houve diferença estatística entre o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para os tratamentos estudados. Os valores observados variaram entre 0,1 e 0,7 \pm 0,1 (TABELA 5). Vale ressaltar que quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda (CALDEIRA *et al.*, 2012). Todavia diversos estudos vêm demonstrando que o IQD é um atributo que pode sofrer variações em função da espécie, do manejo, do tipo de substrato, do volume do recipiente e da idade em que as mudas foram avaliadas (CALDEIRA *et al.*, 2005; TRAZZI, 2011).

Ao analisar a correlação entre algumas características morfológicas com o Índice de Qualidade de Dickson em *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliotti*, Binotto *et al.* (2010) observaram que o diâmetro do coleto foi a variável que melhor se correlacionava à qualidade das mudas, pois apresenta um maior grau de relação com o Índice de Qualidade de Dickson, enquanto que a variável altura da parte aérea mostrou-se eficiente para aferir a qualidade das mudas, quando analisada em conjunto com o diâmetro

Na avaliação do crescimento e da qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, em resposta à saturação por bases do substrato, Bernardino *et al.* (2005) observaram que a elevação da saturação por bases influenciou, positivamente, o IQD, sendo que a saturação de 70% promoveu melhores resultados para as mudas cultivadas em latossolo distrófico, enquanto que as mudas cultivadas em latossolo álico apresentaram maiores valores de IQD quando a saturação foi elevada para 50%. Vale ressaltar que, quanto maior o Índice de Qualidade de Dickson, melhor a qualidade das mudas (GOMES, 2001).

Ao verificar o efeito de níveis de saturação por bases no desenvolvimento e na qualidade de mudas de ipê-roxo, Cruz *et al.* (2004) concluíram que as mudas dessa espécie respondem, positivamente, à elevação da saturação por bases do substrato até certo limite, visto que os indicadores de qualidade das mudas alcançavam os melhores valores quando a saturação por bases foi elevada para 50%.

4.3 Teores foliares e acúmulo de macro e de micronutrientes

Embora tenham sido detectadas algumas variações nos teores dos nutrientes em função dos tratamentos (TABELA 6), não foi observado, no presente estudo, nenhum sintoma visual típico de deficiência de macro e de micronutrientes em nenhuma das unidades experimentais.

Tabela 6- Teores de macronutrientes e de micronutrientes presentes nas plantas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%)

		Quantidade de corretivo aplicada em t ha ⁻¹							
	Unidade	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	CV (%)
N		20,3 a	21 a	21 a	21,7 a	19,6 a	19 a	23,1 a	9,5
P		2,0 a	1,6 a	1,1 b	1,3 b	1,4 b	1,3 b	1,3 b	14,6
K	g kg ⁻¹	5,9 a	8,2 b	7,0 a	7,5 b	5,8 a	6,8 a	6,6 a	9,8
Ca		8,4 a	11,9 b	12,4b	13,9 b	10,7 b	13,1b	13,2 b	6,9
Mg		2,8 a	4,2 b	5,2 b	6,3 b	5,6 b	6,5 b	6,0 b	10,3
S		2,4 a	2,7 a	2,1 a	1,9 a	2,2 a	2,3 a	2,2 a	16,3
B		26 a	24 a	18 b	18 b	15 b	20 a	17 b	13,6
Zn	mg kg ⁻¹	36 a	30 a	28 a	26 b	28 a	31 a	28 a	15,0
Fe		1218 a	863 b	785 b	1024 a	1651 b	1353 a	1591 a	19,3
Mn		397 a	344 a	111 b	59 b	59 b	42 b	21 b	16,7
Cu		6,0 a	5,0 a	5,0 a	5,0 a	6,0 a	6,0 a	6,0 a	15,3

Fonte: Da autora, 2016

Notas: letras minúsculas na linha comparam o tratamento natural (sem aplicação de corretivo) com cada uma das doses de corretivo aplicadas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnett (P<0,05).

A partir do teste de médias, é possível inferir que não houve diferença entre o tratamento sem aplicação de corretivo e os tratamentos com corretivo para os teores de N, S e Cu nas plantas, apresentando valores médios de 20,8 g kg⁻¹; 2,3 g kg⁻¹ e 5,6 mg kg⁻¹, respectivamente (TABELA 6).

Favare *et al.* (2012) relatam que, com o aumento das doses de corretivo, espera-se a redução na absorção de Cu e Fe, uma vez que a elevação do pH tende a aumentar a possibilidade de precipitação desses nutrientes no solo. No entanto percebe-se de maneira geral, que o mesmo não foi verificado no presente estudo.

Os teores de Ca e Mg nas plantas em que o solo foi corrigido diferiram daqueles encontrados no tratamento testemunha (sem aplicação do corretivo) (TABELA 6). O aumento do teor desses nutrientes nos tratamentos em que foram aplicadas doses crescentes de corretivo já era esperado, porque o corretivo utilizado apresenta Ca e Mg em sua composição, disponibilizando esses nutrientes para as plantas. Além disso, a aplicação do corretivo também proporcionou a neutralização do alumínio, que pode debilitar e reduzir o crescimento das raízes, interferindo na absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, ocasionando desequilíbrio nutricional.

Silva *et al.* (2013) discorrem que há relação entre o nível de tolerância ao alumínio com a capacidade de absorção de Ca e Mg pelas plantas, estando em consonância com Mossi *et al.* (2011) que também descrevem que, para muitas espécies, a absorção do Ca pode ser prejudicada pelo estresse por Al.

Quanto ao teor de Mn (TABELA 6), observa-se decréscimo a partir da aplicação da dose de 0,4 t ha⁻¹ do corretivo. O teor de Mn nas plantas reduziu de 344 mg kg⁻¹ (aplicação de 0,4 t ha⁻¹ de corretivo) para 21 mg kg⁻¹ (aplicação da dose máxima de 2,4 t ha⁻¹). Tal fato ocorreu pelo aumento do pH promovido pela aplicação do corretivo em solos ácidos, que ocasionou o decréscimo na disponibilidade de Mn e, conseqüentemente, reduziu o teor desse nutriente nos tecidos da planta (LEITE *et al.*, 2003).

De modo geral, a ordem decrescente dos nutrientes acumulados pela *D. mollis* foi: N>Ca>K>Mg>S>P>Fe>Mn>Zn>B e Cu (TABELAS 7 e 8).

Tabela 7- Acúmulo de macronutrientes nas plantas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%)

t ha⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg⁻¹						
0	33,5 a	3,3 a	9,7 a	13,8 a	4,6 a	4,0a
0,4	24,4 a	2,0 b	9,0 a	13,0 a	4,5 a	3,1 a
0,8	29,8 a	1,6 b	9,9 a	17,6 b	7,4 b	3,0 a
1,2	32,9 a	2,0 b	11,4 a	21,1 b	9,6 b	2,9 b
1,6	89,2 b	6,4 b	26,4 b	48,7 b	25,5 b	10,0 b
2,0	116,1 b	7,9 b	41,5 b	80,0 b	39,7 b	14,1 b
2,4	25,5 a	1,4 b	7,3 a	14,6 b	6,6 b	2,4 a
CV(%)	10,4	8,9	7,3	5,9	10,4	18,7

Fonte: Da autora, 2016

Notas: letras minúsculas na coluna comparam o tratamento natural (sem aplicação de corretivo) com cada uma das doses de corretivo aplicadas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Tabela 8- Acúmulo de micronutrientes nas plantas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros- MG, em resposta à adição de doses crescentes de óxido de cálcio (60%) e magnésio (30%)

t ha⁻¹	B	Zn	Fe	Mn	Cu
mg kg⁻¹					
0	42,8 a	59,3 a	2007,3 a	654,3 a	9,9 a
0,4	28,7 b	36,9 b	1112,3 b	418,2 b	6,1 b
0,8	25,5 b	39,7 b	1113,1 b	157,4 b	7,1 a
1,2	27,3 b	39,4 b	1552,4 a	89,4 b	7,6 a
1,6	68,3 a	127,4 b	7512,1 b	268,5 b	27,3 b
2,0	122,2 b	189,4 b	8266,8 b	256,6 b	36,7 b
2,4	18,8 b	30,9 b	1756,5 a	23,2 b	6,6 b
CV(%)	14,5	6,9	13,6	16,8	13,5

Fonte: Da autora, 2016.

Notas: Letras minúsculas na coluna comparam o tratamento natural (sem aplicação de corretivo) com cada uma das doses de corretivo aplicadas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

Com base na maior exigência nutricional da espécie, percebe-se que o Ca foi o segundo nutriente mais exigido, evidenciando que, para o desenvolvimento inicial da mesma, a disponibilidade de cálcio em solo deve ser alta, por se tratar do nutriente que mais se acumulou nas plantas.

De acordo com Ritchey *et al.* (1982), o Ca é o nutriente de maior importância no crescimento radicular das plantas. Bennet *et al.* (1990) relatam que a secreção de mucilagem presente nas extremidades das raízes é dependente da concentração extracelular de cálcio e que a remoção do cálcio extracelular reduz drasticamente a atividade secretora das células das extremidades das raízes, além de bloquear o geotropismo.

Geralmente, as plantas jovens do ambiente Cerrado apresentam rápido crescimento radicular em profundidade, atingindo cerca de 50 cm em menos de 10 meses (PALHARES; SILVEIRA, 2007). Todavia, ao final do primeiro ano de vida, essas raízes ainda se encontram em camadas de solo em que há redução da disponibilidade hídrica na estação seca (PALHARES; FRANCO; ZAIDAN, 2010). Esses autores relatam, ainda, que as raízes das árvores adultas do cerrado podem atingir profundidades superiores a 8 metros e, ainda, captar água, horizontalmente, a mais de 12 metros de distância.

Em relação ao acúmulo de N e K, nutrientes nos quais verificou-se a ocupação do primeiro e terceiro lugar na ordem de maiores acúmulos, a maior absorção de um também pode ter contribuído para uma eficiência de absorção do outro (CARDOSO *et al.*, 2014). Em estudos testando níveis de N e K no desenvolvimento de plantas de *Capsicum chinense*, cultivada em solo de baixa fertilidade, Lara *et al.* (2008) observaram que houve sinergismo entre as absorções de N e K.

Percebe-se que todos os tratamentos em que houve a adição de corretivo diferiram estatisticamente da testemunha nos valores referentes ao acúmulo de P, de Zn e de Mn (TABELAS 7 e 8). Todavia observa-se decréscimo acentuado no acúmulo desses nutrientes, quando se aplica a dose de 2,4 t ha⁻¹ do corretivo.

O decréscimo no acúmulo de Mn (TABELA 8) pode ser associado ao fato de que a aplicação do corretivo elevou o pH, precipitando, assim, o excesso de Mn disponível e, conseqüentemente, reduziu a absorção pela planta, refletindo na quantidade acumulada do nutriente.

Para o acúmulo de P (TABELA 7), as médias variaram entre 1,4 e 7,9 g kg⁻¹, valores superiores àqueles encontrados por Costa *et al.* (2007a), para o acúmulo de fósforo em folhas de fava-d'anta, que variaram entre 0,6 e 1,34 g kg⁻¹, sendo o menor valor observado para as plantas cujo solo não recebeu calagem e nenhuma aplicação de nutrientes.

O acúmulo de Ca e Mg (TABELA 7) seguiu a mesma tendência de aumento observada para o teor. Observou-se que, a partir da aplicação de 0,4 t ha⁻¹ de corretivo, houve aumento no acúmulo destes. Contudo foi observado que, quando se aplica a dose de 2,4 t ha⁻¹ de corretivo, ocorre o decréscimo acentuado para os valores referentes ao acúmulo desses nutrientes.

De acordo com Oliveira Júnior *et al.* (2006), o acúmulo de determinado nutriente pela planta é função do seu teor no tecido e, principalmente, da produção de massa seca. Todavia, neste estudo, as variações encontradas entre o tratamento testemunha e os demais tratamentos para o acúmulo dos nutrientes não podem ser atribuídas à produção de massa seca, visto que não houve variação significativa para essa variável, nos diferentes tratamentos.

4.4 Análise de flavonoides totais

Os teores de flavonoides totais não foram influenciados significativamente pelo aumento da saturação de bases, variando entre 0,18% e 0,37% ±0,04. Tal resultado confirma a adaptabilidade da espécie a solos ácidos, pobres em nutrientes e com elevada saturação por alumínio.

Costa *et al.* (2007a) avaliaram a influência da calagem no desenvolvimento inicial dessa mesma espécie e verificaram que o aumento das doses de calcário resultou na redução do desenvolvimento total da

planta, mas não afetou o teor médio (0,36%) de flavonoides totais encontrado.

Diversos fatores ambientais podem influenciar a produção de metabólitos secundários nas plantas, como, por exemplo, temperatura, radiação solar e disponibilidade hídrica (BLANK, 1947). A radiação solar é um dos fatores que está relacionado à variação quantitativa na produção de flavonoides (SANTOS; BLAT, 1998). Gobbo-Netto e Lopes (2007) relatam que há uma correlação positiva entre a intensidade de radiação solar e a produção de compostos fenólicos como os flavonoides.

De acordo com Sosa *et al.* (2005), as diferenças encontradas na produção de flavonoides para a mesma espécie podem ser atribuídas a fatores genéticos. Todavia variações quantitativas e qualitativas entre as populações podem ser determinadas pelas diferentes funções ecológicas que esses compostos exercem nas plantas em resposta às condições ambientais. A síntese de flavonoides está associada a estímulos ambientais, especialmente os climáticos, podendo ser considerada como um mecanismo de defesa da planta à toxicidade de metais tóxicos, como, por exemplo, o Al (SOSA *et al.*, 2005).

Mossi *et al.* (2011) estudaram o efeito da concentração de alumínio sobre o crescimento e a produção de metabólitos secundários em poejo (*Cunila galioides* Benth.), concluindo que a concentração de Al ocasionou redução no rendimento de biomassa nas plantas, mas, por outro lado, aumentou o teor de flavonoides nos acessos resistentes ao metal. Ainda, de acordo com esses autores, a relação entre a tolerância ao Al e a produção de flavonoides pode ser considerada como uma característica de interesse do ponto de vista medicinal.

Segundo Simões *et al.* (2000), os flavonoides encontrados nas folhas podem ser diferentes daqueles presentes nas flores, nos galhos, nas raízes ou nos frutos, podendo apresentar diferentes concentrações, dependendo do órgão vegetal em que se encontra.

4.5 Análises de correlação

A partir dos dados obtidos neste estudo, é possível inferir que os teores de Ca, Mg, Al do solo e a saturação de bases não apresentam correlação com o crescimento em altura, peso seco de parte aérea, peso seco de raiz, Índice de Qualidade de Dickson e com o teor de flavonoides totais (TABELA 9). Entretanto, percebe-se uma exceção para a variável diâmetro do coleto que apresenta correlação negativa com os teores de Ca, Mg e a saturação de bases; e correlação positiva com o teor de Al (TABELA 9).

Tabela 9- Análise de correlação entre Ca, Mg, Al e V(%), os caracteres morfológicos, Índice de Qualidade de Dickson e o teor de flavonoides totais em plantas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros- MG

Variável	H	DC	PSPA	PSR	IQD	TFT
Ca	-0,28 ns	-0,86 *	-0,16 ns	-0,29 ns	0,35 ns	-0,32 ns
Mg	-0,38 ns	-0,86 *	-0,28 ns	-0,41 ns	0,36 ns	-0,53 ns
Al	0,01 ns	0,94 **	0,18 ns	0,45 ns	0,36 ns	0,36 ns
V (%)	-0,24 ns	-0,89 **	-0,22 ns	-0,37 ns	0,32 ns	-0,36 ns

Fonte: Da autora, 2016.

Notas: H- Altura, DC- Diâmetro do coleto, PSPA- Peso seco parte aérea, PSR- Peso seco das raízes, TFT- Teor de flavonoides totais, ^{ns} não significativo, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente

A alta correlação entre o teor de alumínio e o diâmetro do coleto (0,94**) (TABELA 9) indica que o aumento do teor de alumínio no solo favorece o crescimento em diâmetro da espécie, o que mais uma vez evidencia que os níveis tóxicos de Al, em solos não corrigidos, não prejudica o desenvolvimento da espécie. De acordo com Oliveira (1992), plantas de *D. mollis* são consideradas tolerantes a solos ácidos e à toxicidade do alumínio.

Goodland e Ferri (1979) discorrem que a tolerância de algumas espécies às condições adversas está intimamente relacionada à alta saturação por Al (m%), ou seja, a tolerância aumenta com os valores de m% dos solos.

Em estudos sobre a influência do alumínio no crescimento de mudas de goiabeira, Salvador *et al.* (2000) observaram que as plantas presentes em solução contendo 5 e 10 mg L⁻¹ de Al apresentaram incrementos para as variáveis altura, comprimento e largura da folha, área foliar e diâmetro do caule, quando comparadas com o tratamento sem adição de Al (testemunha). Porém esses autores destacam que, com a elevação das doses de Al, para 20 e 25 mg L⁻¹, ocorre a redução de todas essas variáveis em comparação com a testemunha.

Segundo Gonçalves *et al.* (1997), algumas espécies florestais, como o pinus e o eucalipto, são pouco sensíveis à acidez do solo e tolerantes a altos níveis de Al e Mn, apresentando comportamento semelhante a *D. mollis*. Entretanto outras espécies como a teca têm o seu crescimento afetado severamente pela acidez do solo (FAVARE *et al.*, 2012).

Assim, nas condições deste estudo, a correção do solo mostrou-se desnecessária para o crescimento da fava-d'anta na fase de mudas, uma vez que, de maneira geral, não influenciou nas suas características morfológicas. Esses resultados encontram-se em consonância com o exposto por Goodland e Ferri (1979), sobre o crescimento das plantas nativas do Cerrado. Contudo, para a exploração comercial da fava-d'anta, ou qualquer outra atividade que objetive maior crescimento da espécie, é necessária a realização de estudos mais detalhados sobre os aspectos relacionados à sua nutrição.

4.6 Influência dos macronutrientes e dos micronutrientes sobre caracteres morfológicos das plantas

De acordo com os resultados obtidos na análise de correlação (TABELA 10), as características morfológicas altura (H) e diâmetro do coleto (DC) não apresentam relação com os teores de macronutrientes e de micronutrientes na planta. Já para o peso seco de parte aérea (PSPA) observa-se correlação positiva entre essa variável e os nutrientes P, B e Mn, enquanto que o peso seco da raiz (PSR) apresentou correlação positiva apenas com os nutrientes N, Zn e Cu.

Tabela 10- Coeficientes de correlação de Pearson entre os macro e micronutrientes e os caracteres morfológicas das plantas de fava- d'anta (*Dimorphandra mollis*) cultivadas em Montes Claros-MG

Variável	H	DC	PSPA	PSR
N	0,46 ns	0,56 ns	0,27 ns	0,92 *
P	0,22 ns	0,03 ns	0,78 *	0,65 ns
K	0,61 ns	0,75 ns	0,15 ns	0,67 ns
Ca	0,63 ns	0,64 ns	-0,42 ns	0,6 ns
Mg	0,55 ns	0,41 ns	-0,67 ns	0,43 ns
S	0,63 ns	0,31 ns	0,74 ns	0,7 ns
B	0,47 ns	0,29 ns	0,76 *	0,7 ns
Zn	0,58 ns	0,3 ns	0,67 ns	0,84 *
Fe	0,25 ns	-0,42 ns	-0,05 ns	0,48 ns
Mn	-0,02 ns	0,02 ns	0,95 *	0,23 ns
Cu	0,62 ns	0,18 ns	0,38 ns	0,90*

Fonte: Da autora, 2016

Notas: H- Altura, DC- Diâmetro do coleto, PSPA- Peso seco parte aérea, PSR- Peso seco das raízes, TFT- Teor de flavonoides totais, ^{ns} não significativo e * significativo a 5% de probabilidade.

A correlação positiva entre N e PSR contraria os resultados descritos por Anandacoomaraswamy *et al.* (2002), para plantas de chá (*Camellia sinenses*), em que a deficiência de N promove o aumento do alongamento e do número de raízes laterais e da densidade de pelos radiculares, podendo incrementar, significativamente, o peso seco das raízes.

De acordo com Silva e Delattorre (2009), a ocorrência de respostas opostas ao mesmo nutriente indica a complexidade do mecanismo necessário para as plantas adaptarem-se à disponibilidade do nutriente e otimizarem os seus sistemas radiculares ao ambiente em constante mudança.

Mazurana *et al.* (2013) verificaram que, de maneira geral, os macronutrientes apresentaram correlação positiva com a massa das raízes de milho, enquanto que os micronutrientes apresentaram correlação negativa para essa mesma característica.

5 Conclusões

A elevação da saturação por bases promoveu o aumento do pH do solo, bem como a neutralização da acidez trocável e da saturação por alumínio, além de reduzir a acidez potencial.

A altura, biomassa seca e o teor de flavonoides totais das plântulas de fava-d'anta não foram influenciados pela elevação da saturação por bases, entretanto houve decréscimo do diâmetro do coleto. Assim, as condições naturais do solo do Cerrado propiciam o melhor desenvolvimento da espécie, evidenciando a sua tolerância à acidez do solo.

Referências

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; FONTANA, E. C.; COSTA, F. S.; RECH, T. D. Propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1065-1073, 2002.

ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 799-806, 2003.

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 923-934, 2005.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1988. 464 p.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: 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. p.25-32.

ANANDACOOMARASWAMY, A.; COSTA, W. A. J.; TENNAKOON, P. L. K.; WERF, A. V. D. The physiological basis of increased biomass partitioning to roots upon nitrogen deprivation in young clonal tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz). **Plant and Soil**, Netherlands, v. 238, n.1, p. 1-9, 2002.

ARAÚJO, G. M.; ARAÚJO, E. L.; SILVA, K. A. de; RAMOS, E. M. N. F.; LEITE, F. V. A.; PIMENTEL, R. M. M. Resposta germinativa de plantas leguminosas da caatinga. **Revista de Geografia**, Recife, v. 24, n. 2. p. 139-153, 2007.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; TÔRRES, A. N. L.; FONSECA, J. A.; TEIXEIRA, J. R.; NESI, C. N. Alteração em características químicas de um solo ácido pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p. 16-25, 2006.

BALIEIRO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *A. auriculiformis*: resposta a calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n.2, p. 183-191, 2001.

BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminum

toxicity and resistance: a review. **Environmental and Experimental Botany**, Nova Iorque, v. 48, n. 1, p. 75-92, 2002.

BENEDETTI, E.L.; SERRAT, B.M.; SANTIN, D.; BRONDANI, G.E.; REISSMANN, C.B.; BIASI, L.A. Calagem e adubação no crescimento de espinheira-santa [*Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch.] em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.11, n.3, p.269-276, 2009.

BENNET, R. J.; BREEN, C. M.; BANDU, V. H. A role for Ca^{2+} in the cellular differentiation of root cap cells: a re-examination of root growth control mechanisms. **Environmental and Experimental Botany**, Nova Iorque, v. 30, n. 4 p. 515-523, 1990.

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.

BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D. C.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **CERNE**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.

BLANK, F. The anthocyanin pigments of plants. **The Botanical Review**, v. 13, n. 5, p. 241-317, 1947.

BRAGA, M. M.; FURTINI NETO, A. E.; OLIVEIRA, A. H. Influência da saturação por bases na qualidade e crescimento de mudas de Cedro-Australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *Australis*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 49-58, 2015.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A. F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 77 - 84, 2012.

CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELF, P.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V. Effect of different doses of vermicompost on the growth of *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. seedlings. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 3, p. 11-17, 2005.

CAMARGOS M. G.; CHAVES. A. P. G.; FAGUNDES, M. Efeitos de diferentes substratos na germinação das sementes e no estabelecimento de plântulas de *Dimorphandra mollis* Benth. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8. 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: USP, 2007. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/397.pdf>>. Acesso em 15 set. 2015.

CARDOSO, A. A. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; BARBOSA, T. M. B. Acúmulo de nutrientes e crescimento da pimenta-de-cheiro em função de doses de calcário. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa vista, v. 8, n. 2, p. 165-174, 2014.

CARLOS, L. **Crescimento inicial de *Dalbergia nigra* sob calagem e adubação com N, P e K em condições controladas e em campo**. 2013, 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2013.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: 1995.

CARNEVALI, N. H. S. **Efeito de gesso agrícola e fósforo no crescimento inicial e eficiência nutricional de *Schinus terebinthifolius* Raddi (anacardiaceae)**. 2014, 64 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2014.

CHAVES, M. M. F., USBERTI, R. Previsão da Longevidade de Sementes de Faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth.) **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 4, p. 557-564, 2003.

COSTA, C. A.; ALVES, D. S.; FERNANDES, L. A.; MARTINS, E. R.; SOUZA, I. G. B.; SAMPAIO, R. A.; LOPES, P. S. N. Nutrição mineral da fava-d'anta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, 2007a.

COSTA, C. A.; SOUZA, G. A.; ALVES, D. S.; ARAÚJO, C. B. O. A.; FERNANDES, L. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A.; LOPES, P. S. N. Base saturation affecting the initial growth and production of total flavonoids of *Dimorphandra mollis*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 49-52, 2007b.

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 mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 21, n. 66, p. 100 - 107, 2004.

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.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Fósforo**. In NOVAIS *et al.* **Fertilidade do solo**. 1 ed. 2007, p. 96-99.

DEGENHARDT, J., LARSEN, P.B., HOWELL, S.H., et al. Aluminum resistance in the Arabidopsis mutant alr-104 is caused by an aluminum-induced increase in rhizosphere pH. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.117, p.19-27, 1998.

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

DÔRES, R. G. R. D. **Análise morfológica e fitoquímica da fava d anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)**. 2007. 375 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Desenvolvimento inicial e nutrição da Cagaita em áreas de cerrado degradado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, EMBRAPA Cerrado**, Planaltina- DF, 2007. 24 p.

ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 31, n. 3, 2001.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório: Reconhecimento de solos do Norte de Minas Gerais: Área de atuação da SUDENE**. Recife: Embrapa SNLCS, 2013. 407p. Boletim Técnico, 60; SUDENE – DRN. Série Recursos de Solos, 12).

FAGUNDES, M.; CAMARGOS, M. G.; COSTA, F. V. A qualidade do solo afeta a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae: Mimosoideae). **Acta Botanica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 25, n. 4, p. 908-915, 2011.

FAVARE, L. G.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Níveis crescentes de saturação por bases e desenvolvimento inicial de teca em um Latossolo de textura média. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 693-702, 2012.

FERREIRA R. A.; BOTELHO S. A.; DAVIDE A. C.; MALAVASE M. M. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Dimorphandra mollis* Benth. - faveira (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, p. 303-309, 2001.

FERNANDES, F. F. **Fatores relacionados a acidez de solos e sua influência no desenvolvimento e absorção de cálcio, magnésio, manganês e alumínio por feijão e milho**. 1989. 140 f. Dissertação (Mestrado em Solos) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.1989.

FERNANDES, L. A.; ALVES, D. S.; SILVA, L. F.; SILVA, N. C. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A.; COSTA, C. A. Níveis de nitrogênio, fósforo e potássio para a produção de mudas de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.10, n.1, p.94-99, 2008.

FERREIRA, R. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Dimorphandra mollis* Benth. – faveira (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.3, p.303-309, 2001.

FILIZOLA, B. C. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da fava d'anta**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2013. 76 p.

FONSECA, E.P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, E.; 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, p. 515-523, 2002.

FRANCHINI, J. C.; MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.357-360, 2001.

FURTINI NETO, A. E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas na fase de mudas. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p.1-12, 1999.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GOODLAND R. J. A; FERRI M. G. 1979. **Ecologia do cerrado**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo. 193p. (Reconquista do Brasil, v. 52).

GOMES, J. M. et al. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "Win-Strip". **Revista Árvore**, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, L. J. **Extrativismo e comercialização da fava-d'anta (*Dimorphandra* sp.): um estudo de caso na região de cerrado de Minas Gerais**. 1998. 158f.Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1998.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de**

tubete e de dosagens de N-P-K. 2001.166f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GOMES, J. M. et al. Morphological parameters quality for the evaluation of *Eucalyptus grandis* seedling. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B. V.; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 258-259.

GONÇALVES, A. C.; REIS, C. A. F.; VIEIRA, F. A.; CARVALHO, D. Estrutura genética espacial em populações naturais de *Dimorphandra mollis* (Fabaceae) na região norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.33, n.2, p.325-332, 2010.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, n. 1, p.54-64, 2000.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F.; BERTAN, I.; SILVA, J. A. G.; MALLMANN SCHMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; MAIA, L. C.; FONSECA, D. A. R.; REIS, C. E. S. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 219-228, 2007.

HELYAR, K. R. Effects of aluminum and manganese toxicities on legume growth. In: ANDREW, C. S.; KAMPRATH, E. J. **Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils**. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 203-32.

KOCHIAN L.V.; HOEKENGA, O. A.; PINEROS, M. A. How do crop plants tolerate acid soils Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency? **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 459-493, 2004.

KOCHIAN, L.V.; PINEROS, M. A.; HOEKENGA, O. A. The Physiology, Genetics and Molecular Biology of Plant Aluminum Resistance and Toxicity. **Plant and Soil**, v. 274, n. 1-2 p. 175 – 195, 2005.

LARA, F. M.; MACHADO, I. E.; ARJONA, R. P.; LAU, N. R.; GUZMÁN-ANTONIO, A.; ESTEVEZ, M. M. Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). **Hort Science**, v. 43, p. 1549-1554, 2008.

LEITE, U. T.; AQUINO, B. F.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, J. Níveis críticos foliares de Boro, Cobre, Manganês e Zinco em milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 115-125, 2003.

LIU, H; QIU, AB; NONGXUE, D.B.; HUIHUANG, Y.R. Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical or food uses. **Food Research International**, v.41, p. 363-370, 2008.

LORENZI H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.2. 4 ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2002. 368 p.

LORENZI H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.1. 5 ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2008. 368 p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J. A. **Plantas Medicinais do Brasil: Nativas e Exóticas Cultivadas**. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. 511p.

MARSCHNER, H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. *Plant and Soil*, The Hague, v.134, n.1, p.1-20, 1991.

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

MARIANO, E.D.; JORGE, R.A.; KELTJENS, W. G. Metabolismo e exsudação de ânions de ácidos orgânicos sob estresse de alumínio. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n.1, p. 157-172, 2005.

MARTINS, J. M. D. T. **Fungos associados às sementes de feijão (*Dimorphandra mollis* BENTH.) submetidas a tratamentos pré-germinativos e antifúngicos**. 2008. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados- MS, 2008.

MAZURANA, M.; FINK, J. R.; SILVEIRA, V. H.; LEVIEN, R.; ZULPO, L.; BREZOLIN, D. Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 1185-1195, 2013.

MENDES, A. D. R; MARTINS, E. R.; FERNANDES, L. A.; MARQUES, C. C. L. Produção de biomassa e de flavonóides totais por fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth) sob diferentes níveis de fósforo em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 7, n. 2, p. 7-11, 2005.

MENDES, A. D. R.; MARTINS, E. R.; FIGUEIREDO, L. S. Estudo do sistema de reprodução da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.15, n.4, p.607-608, 2013.

MISTRO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; PETTINELLI JUNIOR, A. Avaliação de genótipos de trigo, de diferentes origens, em relação à toxicidade de alumínio. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 177-184, 2001.

MOSSI, A. J.; PAULETTI, G. F.; ROTA, L.; ECHEVERRIGARAY, S.; BARROS, I. B. I.; OLIVEIRA, J. V.; PAROUL, N.; CANSIAN, R. L. Effect of aluminum concentration on growth and secondary metabolites production in three chemotypes of *Cunila galioides* Benth. Medicinal plant. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 71, n. 4, p. 1003-1009, 2011.

NUNES, J. D.; NERY, P. S.; FIGUEIREDO, L. S.; COSTA, C. A.; MARTINS, E. R. O extrativismo da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) na região do Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n.2, p. 370-375, 2012.

OLIVEIRA, L. M. Q. **Estudo comparativo do crescimento em *Dimorphandra mollis* Benth e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**. 1992. 239 f. Tese Doutorado em Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

OLIVEIRA, D. A.; NUNES, Y. R. F.; ROCHA, E. A.; BRAGA, R. F.; PIMENTA, M. A. S.; VELOSO, M. D. M. potencial germinativo de sementes de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth. – fabaceae: mimosoideae) sob diferentes procedências, datas de coleta e tratamentos de escarificação. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.6, p.1001-1009, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. C.; Faquin, V.; Pinto, J. E. B. P. Efeitos de calagem e adubação no crescimento e nutrição de arnica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n. 3, 2006.

PACHECO, M. V. **Dormência, germinação e produção de mudas de *Dimorphandra mollis* Benth**. 2008. 80 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes Pelotas, UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, Pelotas, 2008.

PACHECO, M. V.; MATOS, V. P.; FERREIRA, R. L. C.; FELICIANO, A. L. P.; PINTO, K. M. S. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 359- 367, 2006.

PACHECO, M. V.; MATTEI, V. L.; MATOS, V. P.; SENA, L. H. M.; SALES, A. G. F. A. Dormência de sementes e produção de mudas de *Dimorphandra mollis* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 689-697, 2011.

PALHARES, D.; SILVEIRA, C. E. S. Aspectos morfológicos de plantas jovens de *Brosimum gaudichaudii* produzidas em condições alternativas de cultivo.

Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 93-96, 2007.

PALHARES, D.; FRANCO, A. C.; ZAIDAN, L. B. P. Respostas fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 213-220, 2010.

PAULA, T. O. M. *et al.* Influência do Silicato no Crescimento Inicial e Produção de Flavonóides Totais em *Dimorphandra mollis* Benth. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 552-554, 2007.

RAIJ, B. V.; SACCHETTO, M. T. D.; IGUE, T. Correlações entre o pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. **Bragantia**, v. 27, n.17, 1968.

RAMPIM, L.; LANA, M. C. Mecanismo de tolerância interna das plantas ao alumínio. **Colloquium Agrariae**, v. 9, n.2, p.72-89, 2013.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; NILTON CURI, N.; FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2071-2081, 1999.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. CFSEMEG - Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa, MG, 1999.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savanna oxisols. **Soil Science**, v.133, p.378- 382, 1982.

RYAN, P. R.; DELHAIZE, E.; JONES, D. L. Function and mechanism of organic anion exudation from plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 527–560, 2001.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.787-796, 2000.

SANTOS, E. A. M. **Obtenção de rutina de *Dimorphandra* sp: do processamento dos frutos à obtenção de extrato enriquecido**. 2006. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-MG.

SANTOS, M. D.; BLAT, C. T.T. Teor de flavonóides e fenóis totais em folhas de *Pyrostegia venusta* Miens. de mata e de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, vol. 21 n. 2, 1998.

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; MUSSURY, R. M.; MACEDO, M. C.; KISSMANN, C. Potencial germinativo de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth. em armazenamento, tratamentos pré-germinativos e temperatura de incubação. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 321-328, 2007.

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**, v. 40, n.2, p. 309 - 318, 2010.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 2ª ed. rev. Porto Alegre/ Florianópolis: Ed. Universidade /UFRGS/ Ed. Universidade/ UFSC, 2000.

SILVA, J. A. G.; REIS, C. E. S. R.; CRESTANI, M.; SOUSA, R. O.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F. Absorção de cálcio e magnésio por cultivares de aveia submetidas a níveis de toxidez por alumínio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, Supl. 1, p. 3563. 2013.

SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.8, n.2, p. 152-163, 2009.

SOSA, T.; ALÍAS, J. C.; ESCUDERO, J. C.; CHAVES, N. Interpopulational variation in the flavonoid composition of *Cistus ladanifer* L. *exudate*. **Biochemical Systematics and Ecology**, Nova Iorque, v. 33, n. 4, p. 353-364, 2005.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-74.

SOUZA, G. A.; MARTINS, E. R. Análise de risco de erosão genética de populações de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 6, p. 42-47, 2004.

STOQUEIRO, A.; SILVA, J. H.; FREDDI, O. S. Saturação por bases na produtividade e qualidade da fibra do algodoeiro. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2012, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: 2012. Disponível em: <
http://www.agrisus.org.br/arquivos/congresso_ciencia_soloona_algodao.pdf>. Acesso em 23 out. 2015.

SUDRÉ, C. P.; **Recursos genéticos de fava-d'anta: caracterização morfológica e molecular, e conservação in vitro de acessos coletados**

em diferentes regiões brasileiras. 2009. 110f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2009.

SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; MARTINS E. R, PEREIRA, M. G.; SANTOS, M. H. Genetic divergence among *Dimorphandra* spp. accessions using RAPD markers. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 4, p. 608- 613, 2011.

TRAZZI, P. A. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis* Linn F.** 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

VANCE, C. P. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition: plant nutrition in a world of declining renewable resources. **Plant Physiology**, v. 127, p. 390 - 397, 2001.

VELOSO, C. A. C.; SOUZA, F. R. S.; PEREIRA, W. L. M.; TENÓRIO, A. R. M. Relações cálcio, magnésio e potássio sobre a produção de matéria seca de milho. **Acta Amazônica**, v. 31, n.2, p. 193-204, 2001.