UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

EFEITO DE GESSO AGRÍCOLA E FÓSFORO NO CRESCIMENTO INICIAL E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE *Schinus terebinthifolius* RADDI (ANACARDIACEAE)

NATÁLIA HILGERT DE SOUZA CARNEVALI

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2014

EFEITO DE GESSO AGRÍCOLA E FÓSFORO NO CRESCIMENTO INICIAL E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE *Schinus terebinthifolius* RADDI (ANACARDIACEAE)

NATÁLIA HILGERT DE SOUZA CARNEVALI
Bióloga

ORIENTADORA: PROF.ª DR.ª MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da UFGD, Dourados, MS, Brasil

C289e Carnevali, Natália Hilgert de Souza.
Efeito de gesso agrícola e fósforo no crescimento inicial e eficiência nutricional de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) / Natália Hilgert de Souza Carnevali – Dourados-MS : UFGD, 2014.
56 f.

Orientadora: Profa. Dra. Marlene Estevão Marchetti.
Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Aroeirinha (Schinus terebinthifolius). 2. Adubação de planta. 3. Gesso agrícola. 5. Fósforo. I. Marchetti, Marlene Estevão. II. Título.

CDD: 631.8

Responsável: Vagner Almeida dos Santos. Bibliotecário - CRB.1/2620

EFEITO DE GESSO AGRÍCOLA E FÓSFORO NO CRESCIMENTO INICIAL E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE *Schinus terebinthifolius* RADDI

por

Natália Hilgert de Souza Carnevali

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção de título de DOUTORA EM AGRONOMIA.

Aprovada em: 17/12/2013

Prof.ª. Dr.ª Marlene Estevão Marchetti
Orientadora – UFGD/FCA

Prof.ª. Dr.ª Silvana de Paula Q. Scalon
UFGD/FCA

Prof.ª. Dr.ª Alessandra Mayumi Tokura
UFGD/FCA

Prof.ª. Dr.ª Liana Baptista de Lima
UFMS/CCBS

Prof. Dr. Etenaldo Felipe Santiago
UEMS/CInAM

"A vida é sonho, torna-o realidade."

Madre Teresa de Calcutá

Aos meus pais, Dogival e Marli

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à todos que direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse realizado, em especial:

À professora Marlene, pela paciência, compreensão e orientação dadas para que este trabalho fosse realizado da melhor maneira possível.

Ao Thiago, meu companheiro de todas as horas, meu amigo, meu amado. Este trabalho teria sido muito mais árduo sem você. Obrigada por existir na minha vida.

Aos meus pais, pela compreensão e apoio em todos esses anos. Tenho muito a agradecer à estes que tornaram possível minha realização pessoal e profissional.

À CAPES, pela bolsa concedida.

À UFGD pelo oferecimento do curso.

SUMÁRIO

RESUMO x
ABSTRACT xi
INTRODUÇÃO GERAL 1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 5
CAPÍTULO 1 9
FÓSFORO E GESSO AGRÍCOLA NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Schinus terebinthifolius* RADDI. 9
1 INTRODUÇÃO 10
2 MATERIAL E MÉTODOS 12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 14
4 CONCLUSÕES 25
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 26
CAPÍTULO 2 29
FÓSFORO E GESSO AGRÍCOLA NA EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE *Schinus terebinthifolius* RADDI. 29
1 INTRODUÇÃO 30
2 MATERIAL E MÉTODOS 32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 34
4 CONCLUSÕES 49
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50
CONSIDERAÇÕES FINAIS 53
APÊNDICES 54

RESUMO

Carnevali, Natália Hilgert de Souza. Efeito de gesso agrícola e fósforo no crescimento inicial e eficiência nutricional de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD.

A aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma espécie nativa do Brasil, produtora da pimenta rosa, um condimento alimentar difundido internacionalmente, mas seus frutos e outros derivados ainda são obtidos de modo extrativista, não havendo recomendações para o cultivo. A planta apresenta alta resposta de crescimento e eficiência nutricional quando aplicadas elevadas doses de fósforo no solo, porém, inviáveis econômica e ambientalmente. Neste sentido, objetivou-se verificar o efeito da combinação de gesso agrícola e fósforo no crescimento inicial, na qualidade de plantas, na composição e eficiência nutricional da aroeirinha, bem como o efeito destes em diferentes profundidades no solo. O estudo foi desenvolvido em ambiente protegido, montado em lisímetros. Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de gesso agrícola (0; 750; 1500 e 2250 mg kg^{-1}) e quatro doses de P_2O_5 (0; 41,72; 83,44 e 125,16 mg kg^{-1}), arranjados em esquema fatorial 4x4, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Após 165 dias do transplante, as avaliações consistiram de: altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar, massa seca da parte aérea e da raiz, relação área foliar/massa seca total; relação altura/diâmetro, relação massa seca da parte aérea/massa seca raiz; Índice de Qualidade de Dickson; teor e conteúdo de macro e micronutrientes na parte aérea e na raiz e análises químicas do solo. A utilização das variáveis morfológicas e suas relações são adequadas para avaliar o crescimento inicial da aroeirinha e demonstrar suas necessidades nutricionais. O gesso pode ser indicado como complemento da adubação e sua associação com fósforo favorece maior qualidade das plantas e desempenho nutricional. Assim, recomenda-se a utilização conjunta de gesso e fósforo, pois a interação entre esses reduz a necessidade de aplicação de doses mais elevadas de P_2O_5.

Palavras-chave: Aroeirinha; Índice de Dickson; Absorção de nutrientes; Química do solo.

ABSTRACT

Carnevali, Natália Hilgert de Souza. Effect of gypsum and phosphorus in the initial growth and nutritional efficiency of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). Federal University of Grande Dourados - UFGD.

The aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) is a native species to Brazil, a pink pepper producer, a food condiment spreaded internationally, but its fruits and other derivatives are also obtained from extractive mode, with no recommendations for cultivation. The plant has a high growth response and nutrient efficiency when high doses of phosphorus are applied to the soil, however, economically and environmentally unviable. In this sense, it is aimed to verify the effect of the combination of gypsum and phosphorus on the growth, quality of plants, composition and nutritional efficiency of aroeirinha as well as the effect of these in different soil depths. The study was conducted in greenhouse and mounted on lysimeters. The treatments consisted of four levels of gypsum (0, 750, 1500 and 2250 mg kg^{-1}) and four levels of P_2O_5 (0, 41.72, 83.44 and 125.16 mg kg^{-1}), arranged in 4x4 factorial in completely randomized design with four replications. After 165 days after transplantation, the evaluations consisted of plant height, stem diameter, leaf area, dry weight of shoot and root, the leaf area/total dry mass ratio, height/diameter ratio, dry weight of shoot/root dry mass ratio; Dickson Quality Index; concentration and contents of macro and micronutrients in plant and soil chemical analysis. The use of morphological variables and their relationships are appropriate to evaluate the initial growth of aroeirinha and demonstrate their nutritional needs. The plaster can be used alongside fertilization and its association with phosphate favors higher quality plants and nutritional performance. Thus, the joint use of gypsum and phosphorus is recommended, because the interaction between these reduces the need for application of high doses of P_2O_5.

Keywords: Aroeirinha; Dickson index, Absorption of nutrients, Soil Chemistry.

INTRODUÇÃO GERAL

O estabelecimento de um plantio florestal inicia-se com o preparo do solo, e dentre os fatores preponderantes encontram-se a correção dos níveis de acidez e adubação. Nos solos brasileiros é comum acidez e teor de alumínio em níveis elevados, tanto em superfície como nas camadas mais profundas do solo. Possuem ainda baixa capacidade de troca catiônica e reduzida disponibilidade de nutrientes. Nesses solos altamente intemperizados predominam os minerais de argila 1:1, como a caulinita e os óxidos de Fe (hematita e goethita) e Al (gibbsita) com alta capacidade de adsorção de P (SOUZA et al., 2006).

A calagem é a prática mais comumente utilizada para neutralizar a acidez, restaurando a capacidade produtiva dos solos, aumentando a disponibilidade de nutrientes e diminuindo os elementos tóxicos (SORATTO et al., 2008). Bernardino et al. (2005) demostraram que a correção de solos distróficos e álicos através da calagem é muito benéfica, inclusive para espécies nativas. Os autores verificaram que no Latossolo distrófico, o aumento dos níveis de saturação (30, 50 e 70%) promoveu aumento linear das características de crescimento, exceto diâmetro, e da qualidade das mudas de *Anadenanthera macrocarpa*. No Latossolo álico o melhor crescimento e qualidade foram obtidos quando a saturação por bases estava próxima de 50%.

Em estudo realizado por Furtini Neto et al. (1999) foram investigados os fatores limitantes ao crescimento inicial e a influência da acidez na aquisição e utilização de nutrientes por espécies nativas (*Senna multijuga, Stenolobium stans*, *Anadenanthera falcata* e *Cedrela fissilis*). Verificou-se que a aplicação de 15 $mmol_c$ Al dm^{-3} no solo limitou sensivelmente o desenvolvimento de todas as espécies, enquanto as maiores produções de matéria seca foram obtidas nos tratamentos com calagem e aplicação de Ca e Mg, os quais favoreceram a aquisição e a utilização dos nutrientes.

Nem todas as espécies respondem positivamente à calagem, como é o caso da fava d'anta (*Dimorphandra mollis*). Sob a técnica do elemento faltante em Latossolo Vermelho distrófico e álico, Costa et al. (2007) verificaram que a fava d´anta tem capacidade de tolerar a acidez do solo e os altos teores de Al trocável, além disso, os resultados indicam a presença de eficiente mecanismo de absorção de nutrientes, haja vista que em solos ácidos a maioria dos elementos essenciais ao aparato fisiológico das plantas está indisponível.

Considerando que a calagem em superfície pode ter ação limitada às camadas superficiais, a aplicação de gesso agrícola em superfície é apontada como uma alternativa para a melhoria do ambiente radicular, diminuindo a toxidez do Al^{3+} para as plantas, além de fornecer Ca, S e Mg para as plantas em profundidade (CAIRES et al., 2003). Tais fatores resultam em melhor crescimento radicular e maior absorção de água e nutrientes pelas raízes (CARVALHO e RAIJ, 1997), em decorrência do aumento da concentração de Ca, da formação de espécies menos tóxicas de Al ($AlSO_4^+$) e da precipitação de Al^{3+} (SHAINBERG et al., 1989).

Devido à escassez de estudos com espécies nativas ainda há dúvidas sobre as condições em que se podem esperar efeitos favoráveis do gesso e sobre o método de recomendação do produto, que é utilizado somente como complemento da adubação, como nos trabalhos realizado por Moreira (2004) e Alves e Souza (2008). Em estudo realizado por Silva et al. (2006) sobre eficiência no uso de nutrientes por espécies pioneiras na Amazônia Central, verificou-se aumento no valor do pH e redução na concentração de Al nas camadas superficiais do solo (0-15 e 15-30 cm) nos tratamentos que continham fósforo + calcário e fósforo + calcário + gesso (P+Cal e P+Cal+G). Porém, o mesmo resultado não foi observado nas camadas mais profundas (abaixo de 30 cm) com aplicação do tratamento de gesso.

Associado a acidez e toxidez por Al, a baixa fertilidade natural compromete o desenvolvimento de diversas espécies. Nas condições de reação ácida a moderadamente ácida, os óxidos de ferro e alumínio apresentam-se preferencialmente com cargas positivas, capazes de reter fortemente vários tipos de ânions, principalmente os fosfatos (VALLADARES et al., 2003). Assim, em solos deficientes em fósforo (P) e com grande quantidade de argilominerais e óxidos, a adsorção de P é maior e, para o atendimento da exigência das culturas, são exigidos níveis de adubação fosfatada mais elevados do que para solos mais arenosos (MOTTA et al., 2002). O fósforo é imprescindível para o metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, além de ser componente estrutural dos ácidos nucléicos, coenzimas, entre outros (MARSCHNER, 1997), sendo que limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições ao desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados.

Apesar da rica biodiversidade brasileira, grande parte de nossas atividades agrícolas está baseada em espécies exóticas. Na silvicultura, as principais espécies

introduzidas e atualmente mais cultivadas são o *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e espécies do gênero Eucalyptus. Algumas espécies brasileiras são destacadas pela Embrapa Floresta (2013) quanto à produção de madeira, energia, revegetação e reflorestamento, encontrando-se entre essas o guanandi (*Calophyllum brasiliense*), como madeireira potencial, a pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*) para reflorestamento ambiental e a aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*) para energia e revegetação.

A *S. terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) é uma espécie pioneira, arbustiva, de 2 a 3 m de altura, ou arborescente, alcançando até 8 m de altura, com copa bem desenvolvida (TOTTI e MEDEIROS, 2006). Lorenzi e Matos (2008) descrevem as plantas com copa larga e tronco que pode alcançar 60 cm de diâmetro; as folhas são compostas, com 3 a 10 pares de folíolos imparipinados, medindo de 3 a 5 cm de comprimento por 2 a 3 cm de largura; as flores são pequenas, díclinas, em panículas piramidais; os frutos são drupas vermelhas, de 4 a 5 mm diâmetro.

Existem muitos nomes populares para *S. terebinthifolius*, como descrito por Mazza et al. (2011), mas é comumente chamada de aroeirinha, aroeira-pimenteira ou aroeira-vermelha. Mundialmente, a espécie é conhecida como pimenta rosa (pink pepper, baies roses), pois seu fruto é um condimento alimentar muito difundido no mercado internacional (GRISI, 2010). Além de propriedades alimentícias, a aroeirinha possui importância comercial por apresentar propriedades medicinais, tais como anti-inflamatória (JAIN et al., 1995), antibacteriana (MARTINEZ et al., 1996; AMORIM e SANTOS, 2003; EL-MASSRY et al., 2009), antifúngica (JOHANN et al., 2007, 2010); antialérgica (MEDEIROS et al., 2007); antiulcerogênica (CARLINI et al., 2010) e cicatrizante (COUTINHO et al., 2006). Além disso, também é indicada em programas de reflorestamento servindo como sombreadora de espécies secundárias tardias e clímax e seus frutos servem como alimento para avifauna (ANDRADE e BOARETTO, 2012).

A aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) destaca-se no mercado internacional como condimento alimentar (Pink Pepper), entretanto, ainda é pouco estudada quanto aos aspectos agronômicos. É uma planta pioneira que possui alta plasticidade ecológica, ocorrendo desde beira de rios, córregos e várzeas de formações secundárias a dunas e terrenos secos e pedregosos, mas geralmente coloniza áreas abertas, especialmente margens de rios e terrenos aluviais, suportando inundações e encharcamento do solo (DURIGAN et al., 2002). Sua morfologia varia muito em função das adaptações ao ambiente, apresentando-se como arbusto rasteiro e retorcido até a forma de árvore com caule desenvolvido e copa globosa (BACKES e IRGANG, 2002).

No Brasil a aroeirinha se desenvolve, principalmente em solos de baixa fertilidade, secos e arenosos (DUBOC e GUERRINI, 2007), sendo um indicativo que esta é tolerante à condições limitantes, porém, em solos bem drenados, de textura argilosa e areno-argilosa de fertilidade média a alta a espécie apresenta maior crescimento (CARVALHO, 2003).

Em Latossolo Vermelho distrófico de textura média, Souza et al. (2006) avaliaram, em condições de campo, o comportamento de quatro espécies florestais (dentre elas a aroeirinha), submetidas a diferentes adubações orgânicas e minerais. Aos 120 dias após o transplante das mudas, a aroeirinha apresentou maior altura e diâmetro de plantas – 50,2 cm de altura e 9,4 mm de diâmetro, respectivamente, nos tratamentos com a adição de esterco de galinha (1 L/cova) e com esterco de boi (2 L/cova) + Hidroplan (7 g/cova) – 49,2 cm de altura e 10,2 mm de diâmetro do caule. No entanto, o solo do experimento já apresentava níveis de P e K elevados (42 mg dm^{-3} e 114 mg dm^{-3}, respectivamente) antes da adição dos tratamentos. Os autores discutem que, provavelmente, os adubos orgânicos promoveram maior condicionamento físico do solo, beneficiando o crescimento da aroeirinha.

Diferentes doses de P, em um Latossolo Variação Una, foram estudadas por Fernandes et al. (2000) para avaliar o crescimento e níveis críticos do elemento em diferentes espécies florestais. A aroeirinha mostrou-se exigente quanto a P, apresentando massa seca total e diâmetro próximos a zero na ausência de adubação fosfatada. Quando os níveis foram aumentados para 600 mg kg^{-1}, as mudas apresentaram 40 cm de altura; 14,5 mm de diâmetro e massa seca total de 32 g.

Rossa et al. (2013) estudaram os efeitos de doses do fertilizante de liberação lenta (FLL) Basacote® sobre o crescimento e qualidade de mudas de aroeirinha e verificaram que aos 189 dias após o transplante a dose de 10 kg m^{-3} do FLL proporcionou maior altura de planta (60,6 cm), diâmetro do caule (4,11 mm) e massa seca total (34 g).

Os resultados apresentados a respeito da aroeirinha ainda são incipientes, não deixando claro as recomendações sobre a nutrição da espécie. Neste sentido, este estudo teve como objetivo geral verificar as respostas morfológicas e nutricionais da aroeirinha sob influência de doses crescentes de gesso agrícola e fósforo, bem como a influência destes nas características químicas do solo em diferentes profundidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2505-2516, 2008.

AMORIM, M. M. R; SANTOS, L. C. Tratamento da vaginose bacteriana com gel vaginal da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi): ensaio clínico randomizado. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 25, n. 2, p. 95-10, 2003.

ANDRADE, M. L. F.; BOARETTO, A. E. Deficiência nutricional em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Scientia Forestalis**, v. 40, p. 383-392, 2012.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul**: guia de identificação e interesse ecológico. As principais espécies nativas sul-brasileiras. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2002. 326p.

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**, v. 29, n. 6, p. 863-870, 2005.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 275-286, 2003.

CARLINI, E. A.; DUARTE-ALMEIDA, J. M.; RODRIGUES, E.; TABACH, R. Antiulcer effect of the pepper trees *Schinus terebinthifolius Raddi* (Aroeira-da-praia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão, Anacardiaceae (Aroeira-do-sertão). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, p. 140- 146, 2010.

CARVALHO, M.C.S.; RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, v. 192, p. 37-48, 1997.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, 2003. 1039p.

COSTA, C. A; SOUZA, G. A.; ALVES, D. S.; ARAÚJO, C. B. O.; FERNANDES, L. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A.; LOPES, P. S. N. Nutrição mineral da fava d'anta. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 24-28, 2007.

COUTINHO, I. H. I. L. S.; TORRES, O. J. M.; MATIAS, J. E. F.; COELHO, J. C. U.; STAHLKE JUNIOR, H. J.; AGULHAM, M. A.; BACHLE, E.; CAMARGO, P. A. M.; PIMENTEL, S. K.; FREITAS, A. C. T. Efeito do extrato hidroalcoólico de aroeira

(*Schinus terebinthifolius Raddi*) na cicatrização de anastomoses colônicas. Estudo Experimental em ratos. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 21, p. 49-54, 2006.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. **Desenvolvimento inicial da aroeirinha em áreas de Cerrado degradado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 21p.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Instituto Florestal, 2002. 65p.

EL-MASSRY, K.F.; EL-GHORAB, A.H.; SHAABAN, H.A. E SHIBAMOTO, T. Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of various samples prepared from *Schinus terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 5265-5270, 2009.

EMBRAPA FLORESTA. Colombo: EMBRAPA FLORESTA, 2013. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/tabela1.htm>. Acesso em: 21 de outubro de 2013.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

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

GRISI, F. A. **Aspectos fisiológicos de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), sob níveis distintos de saturação hídrica em ambiente protegido, e área ciliar em processo de recuperação**. 2010, 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

JAIN, M. K.; YU, B. Z.; ROGERS, J. M.; SMITH, A. E.; BOGER, E. T.A.; OSTRANDER, R. L.; RHEINGOLD, A. L. Specific competitive inhibitor of secreted phospholipase A2 from berries of *Schinus terebinthifolius*. **Phytochemistry**, v. 39, p. 537-547, 1995.

JOHANN, S.; PIZZOLATTI, M. G.; DONNICI, C. L.; RESENDE, M. A. Antifungal properties of plants used in Brazilian traditional medicine against clinically relevant fungal pathogens. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 38, p. 632-637, 2007.

JOHANN S.; CISALPINO, P. S.; WATANABE, G. A.; COTA, B. B.; SIQUEIRA, E. P.; PIZZOLATTI, M. G.; ZANI C. L.; RESENDE, M. A. Antifungal activity of extracts of some plants used in Brazilian traditional medicine against the pathogenic fungus *Paracoccidioides brasiliensis*. **Pharmaceutical Biology**, v. 48, p. 388-96, 2010.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. 2008 - **Plantas Medicinais no Brasil**. 2ª edição. Instituto Plantarum, Nova Odessa.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic,

1997. 889 p.

MARTINEZ, M. J.; BETANCOURT, J.; ALONSO-GONZALEZ, N.; JAUREGUI, A. Screening of some Cuban medicinal plants for antimicrobial activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 52, p. 171-174, 1996.

MAZZA, M. C. M.; MAZZA, C. A. S.; NADOLNY, G. A.; CARVALHO, P. E. R. *Schinus terebinthifolius* - Aroeira-pimenteira. IN: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região sul**. Brasília: MMA, 2011. 934p.

MEDEIROS, K. C. P.; MONTEIRO, J. C.; DINIZ, M. F. F. M.; MEDEIROS, I. A.; SILVA, B. A.; MÁRCIA R.; PIUVEZAM, M. R. Effect of the activity of the Brazilian polyherbal formulation: Eucalyptus globulus Labill, Peltodon radicans Pohl and *Schinus terebinthifolius* Raddi in inflammatory models. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 23-28, 2007.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita**. 2004. 155 f. Tese Doutorado (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro-SP.

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; VAN RAIJ, B.; FURTII NETO, A. E.; LIMA, J. M. Adsorção e formas de fósforo em Latossolos: Influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 349-359, 2002.

ROSSA, Ü. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; WESTPHALEN, D. J.; BASSACO, M. V. M.; MILANI, J. E. F.; BIANCHIN, J. E. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. **FLORESTA**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 93-104, 2013.

SHAINBERG, I.; SUMNER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W.; PAVAN, M.A.; FEY, M.V. Use of gypsum on soils: A review. **Advances in Soil Science**, v. 9, p. 1-111, 1989.

SILVA, C. E. M.; GONÇALVES, J. F. C.; FELDPAUSCH, T. R.; LUIZÂO, F. J.; MORAIS, R. R.; RIBEIRO, G. O. Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia Central. **Acta da Amazônia**, Manaus, v. 36, n. 4, p. 503-512, 2006.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 675-688, 2008.

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

TOTTI, L. C.; MEDEIROS, A. C. S. **Maturação e época de colheita de sementes de aroeira vermelha**. Comunicado técnico, Colombo-PR, Dezembro, 2006.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de Fósforo em Solos de Argila de Atividade Baixa. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p.111-118, 2003.

CAPÍTULO 1

FÓSFORO E GESSO AGRÍCOLA NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Schinus terebinthifolius* RADDI.

RESUMO

A aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma espécie nativa do Brasil com grande importância econômica devido a produção da pimenta rosa, um condimento alimentar difundido internacionalmente. Mesmo diante de sua importância, ainda existe uma carência de informações agronômicas para seu cultivo, assim, objetivou-se avaliar os efeitos da combinação entre doses de gesso agrícola e fósforo no crescimento inicial e qualidade das plantas, em Latossolo Vermelho distroférrico. Variáveis morfológicas, tais como altura e diâmetro de plantas, área foliar, massa seca de raiz e parte aérea, e avaliações nutricionais (teor na planta e no solo) foram utilizadas para comprovar a hipótese de que a espécie é exigente em P. Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de gesso agrícola (0; 750; 1500 e 2250 mg kg^{-1}) e quatro doses de P_2O_5 (0; 41,7; 83,4 e 125,1 mg kg^{-1}), arranjados em esquema fatorial 4x4, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cento e sessenta e cinco dias após o transplante verificou-se que utilização das variáveis morfológicas e suas relações são adequadas para avaliar o crescimento inicial da aroeirinha e demonstrar suas necessidades nutricionais, evidenciando que a espécie é responsiva ao fósforo, mas não exigente; a associação de 2250 mg kg^{-1} de gesso e 125,1 mg kg^{-1} de P_2O_5 promoveu maior vigor de plantas.

Palavras-chave: Aroeirinha; Índice de Dickson; Área foliar; Nutrição.

1 INTRODUÇÃO

As exigências nutricionais das espécies nativas têm sido bastante diferenciadas, variando entre espécies pouco exigentes a outras com crescimento totalmente limitado na ausência de determinado nutriente. Tais fatores dificultam a escolha dos silvicultores em investir no plantio de espécies nativas, pois suas informações agronômicas, especialmente as nutricionais, ainda são imprecisas. Assim, trabalhos que visem esclarecer tais informações são imprescindíveis para o aumento da diversidade de espécies arbóreas implantadas na silvicultura.

A aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae) é uma espécie brasileira que apresenta alta plasticidade ecológica, ocorrendo em solos de baixa fertilidade a férteis, úmidos a secos, arenosos ou argilosos (DUBOC e GUERRINI, 2007), no entanto, cresce melhor em solos bem drenados, de textura argilosa e areno-argilosa de fertilidade média a alta (CARVALHO, 2003). É importante tanto para fins ecológicos quanto para econômicos. Mundialmente, a espécie é conhecida como pimenta rosa (pink pepper, baies roses), pois seu fruto é um condimento alimentar muito difundido no mercado internacional (GRISI, 2010). Além de propriedades alimentícias, a aroeirinha ainda possui propriedades medicinais (JAIN et al., 1995; AMORIM e SANTOS, 2003; JOHANN et al., 2010). Além disso, também é indicada em programas de reflorestamento servindo como sombreadora de espécies secundárias tardias e clímax e seus frutos servem como alimento para avifauna (ANDRADE e BOARETTO, 2012).

Nos solos brasileiros é comum acidez e teor de alumínio em níveis elevados, tanto em superfície como nas camadas mais profundas do solo. Possuem ainda baixa capacidade de troca catiônica e reduzida disponibilidade de nutrientes. Nesses solos altamente intemperizados predominam os minerais de argila 1:1, como a caulinita e os óxidos de Fe (hematita e goethita) e Al (gibbsita) com alta capacidade de adsorção de P (SOUZA et al., 2006). Em muitos casos, a utilização de gesso agrícola é recomendada para a melhoria do ambiente radicular, diminuindo a toxidez do Al^{3+} para as plantas, além de fornecer Ca, S e Mg para as plantas em profundidade (CAIRES et al., 2003). No entanto, devido à escassez de estudos com espécies nativas ainda há dúvidas sobre as condições em que se podem esperar efeitos favoráveis do gesso e sobre o método de recomendação do produto, que é utilizado somente como complemento da adubação, como nos trabalhos realizado por Moreira (2004) e Alves e Souza (2008).

As informações sobre as exigências nutricionais da aroeirinha ainda são escassas, dificultando-se recomendações para seu cultivo. Neste sentido, objetivou-se verificar o efeito de gesso agrícola e fósforo no desenvolvimento inicial da aroeirinha assim como o efeito destes em diferentes profundidades no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no período de agosto/2011 a janeiro/2012 em Dourados/MS (22º11’53.52”S e 54º56’02.25”O), em altitude de 461 m, clima tropical de estação seca no inverno (Aw) (KÖPPEN, 1948), e temperatura média de 23,6ºC.

Os frutos de aroeirinha foram coletados no Horto de Plantas Medicinais da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados/MS (22º11’43.30”S e 54º56’08.67”O) e macerados manualmente para retirada das sementes. A semeadura ocorreu, sem nenhum tratamento prévio nas sementes, em bandejas de poliestireno de 128 células, contendo substrato agrícola Bioplant®, que foram mantidas em 50% de sombreamento e irrigadas diariamente. Quando as mudas apresentaram aproximadamente 10 cm de altura realizou-se o transplante.

Utilizou-se amostras de um Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa coletado do horizonte B, que foi caracterizado química e fisicamente conforme metodologia proposta por Silva et al. (2009): pH em água= 4,5; pH em $CaCl_2$= 4,2; matéria orgânica= 8,0 g kg^{-1}; P= 1,1 mg dm^{-3} (Mehlich 1); K= 0,05 $cmol_c$ dm^{-3} (Mehlich 1); Ca= 0,4 $cmol_c$ dm^{-3}; Mg= 0,2 $cmol_c$ dm^{-3}; Al= 1,4 $cmol_c$ dm^{-3}; H+Al= 7,6 $cmol_c$ dm^{-3}; SB= 0,65 $cmol_c$ dm^{-3}; T= 8,2 $cmol_c$ dm^{-3}; V %= 7,9; Cu= 5,2 mg dm^{-3}; Mn= 3,6 mg dm^{-3}; Fe= 38,2 mg dm^{-3}; Zn= 0,7 mg dm^{-3}; argila= 644 g kg^{-1}, silte= 203 g kg^{-1} e areia= 153 g kg^{-1}.

Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de gesso agrícola (0; 750; 1500 e 2250 mg kg^{-1}, correspondentes a 0; 1200; 2400 e 3600 kg ha^{-1}) e quatro doses de P_2O_5 (0; 41,7; 83,4 e 125,1 mg kg^{-1}, correspondentes a 0; 100, 200 e 300 kg ha^{-1}), utilizando como fonte superfosfato triplo. Estes foram arranjados em esquema fatorial 4x4, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O estudo foi conduzido em lisímetros com 150 mm de diâmetro x 60 cm de altura, divididos em seis anéis de 10 cm (Apêndice A). Foi realizada adubação complementar com 62,5 mg kg^{-1} de N (fonte ureia), parcelada em duas aplicações, 25 mg kg^{-1} K_2O (fonte o KCl), e 100 mg kg^{-1} do formulado comercial de micronutrientes FTE-BR12, aplicados cinco dias antes do transplante.

Os lisímetros foram preenchidos com as amostras do solo peneirado em malha de 4 mm, compactado para atingir densidade 1,1 g cm^{-3}. A compactação foi

efetuada somente nas camadas de 20 – 60 cm, para imitar as condições de densidade e preparo do solo em plantios convencionais. A calagem, as doses de gesso e P_2O_5, bem como os demais nutrientes foram aplicados e incorporados na camada de 0 – 10 cm. Para elevar a saturação por bases a 60%, utilizou-se calcário dolomítico com PRNT 100%, incorporado manualmente 30 dias antes do transplante. Cada coluna foi revestida internamente com saco plástico para evitar a perda de água e nutrientes pela drenagem. A irrigação foi efetuada a cada dois dias, atendendo à necessidade da planta.

O experimento foi conduzido durante 165 dias em ambiente protegido com cobertura de polietileno transparente e laterais com tela de sombrite de 50% de sombreamento (Apêndice B). Após esse período, avaliaram-se a altura de plantas (cm), desde o nível do solo até a gema apical; o diâmetro do caule (mm), a ± 1,0 cm do nível do solo; a área foliar (cm^2), estimada com analisador de imagens Windias (Windias, Delta-T Devices, Cambrigde, UK); a massa seca (g) da parte aérea e da raiz, procedendo-se a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 60° ± 5°C. A partir dos dados morfológicos efetuaram-se as seguintes relações: área foliar/massa seca total (RAF); altura/diâmetro (RAD), massa seca da parte aérea/massa seca raiz (RPAR). Para a avaliação da qualidade das plantas empregou-se o Índice de Qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960), obtido pela fórmula IQD= Massa seca total/(RAD+RPAR).

O tecido vegetal foi analisado quimicamente quanto aos teores de macronutrientes na parte aérea das plantas, seguindo método proposto por Malavolta et al. (1997). Esses teores foram transformados em conteúdo por meio do produto com a massa seca da parte aérea. Do solo avaliou-se: pH em água e em $CaCl_2$; P, K e os micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) extraídos com solução de Mehlich 1; Ca, Mg, e Al extraídos com KCl (1,0 mol L^{-1}); $S\text{-}SO_4^{2-}$, extraído por íons fosfato dissolvidos em ácido acético (2,0 mol L^{-1}); H+Al; soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V), todas seguindo a metodologia de Silva et al. (2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e para os fatores significativos realizou-se análise de regressão. Adicionalmente, as médias de massa seca de raízes foram testadas pelo teste de Tukey, para verificar diferenças na distribuição do sistema radicular em cada profundidade. Todos os dados foram testados até 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características de crescimento e qualidade de plantas

Houve efeito significativo da interação gesso e P_2O_5 para todos os parâmetros morfológicos e relações avaliadas, com exceção da relação altura/diâmetro que foi influenciada apenas pela variável gesso. As máximas doses de gesso e P_2O_5 proporcionaram maior altura (61,8 cm), enquanto que, o maior diâmetro do caule foi obtido com a maior dose de P_2O_5 sem a adição de gesso agrícola (9,36 mm) (Figura 1). Na relação altura/diâmetro, observa-se que houve alongamento das plantas com o aumento das doses de gesso [6,99 cm/mm (Figura 2)]. A maior altura em detrimento ao diâmetro pode ter sido ocasionado pelo aumento da absorção e concentração de N e S-SO_4^{2-} na parte aérea das plantas (Quadro 1). Os teores médios desses nutrientes na parte aérea foram de 16 g kg^{-1} de N e 14,4 g kg^{-1} de S, enquanto outros autores verificaram 13 g kg^{-1} de N e 1,95 g kg^{-1} de S em solução nutritiva completa (ANDRADE e BOARETTO, 2012) e 13,24 g kg^{-1} de N e 1,1 g kg^{-1} de S com doses de 800 mg dm^{-3} de P (RESENDE et al., 1999). Resende et al. (1999) verificaram que doses elevadas de P (800 mg dm^{-3} de P) proporcionaram maior altura (60,84 cm) e diâmetro (11,05 mm) da *S. terebinthifolius*, constatando alta resposta ao nutriente, quando comparada a outras espécies florestais.

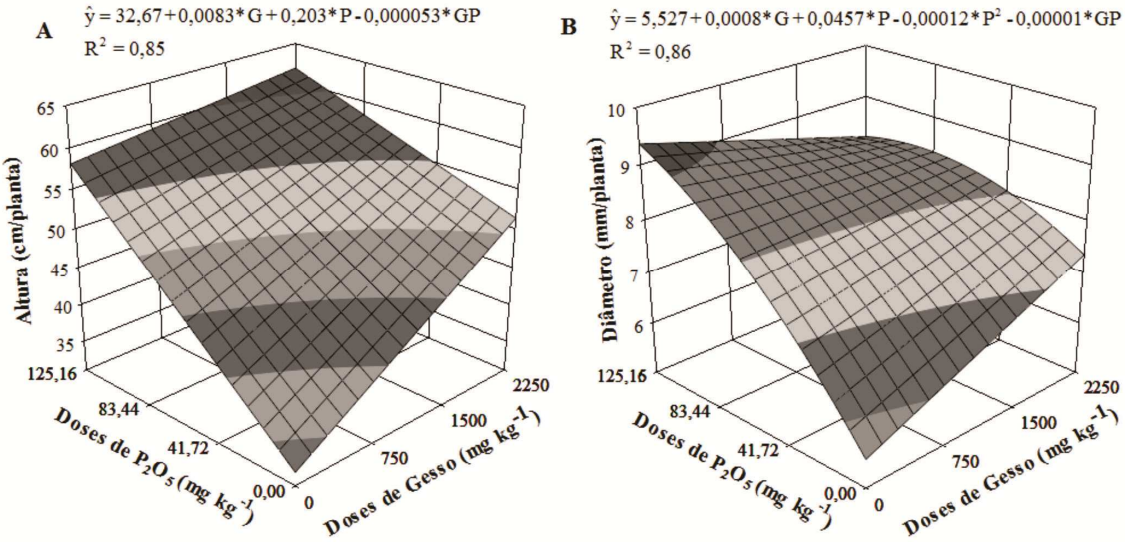

FIGURA 1. Altura de plantas (A) e diâmetro do caule (B) da aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

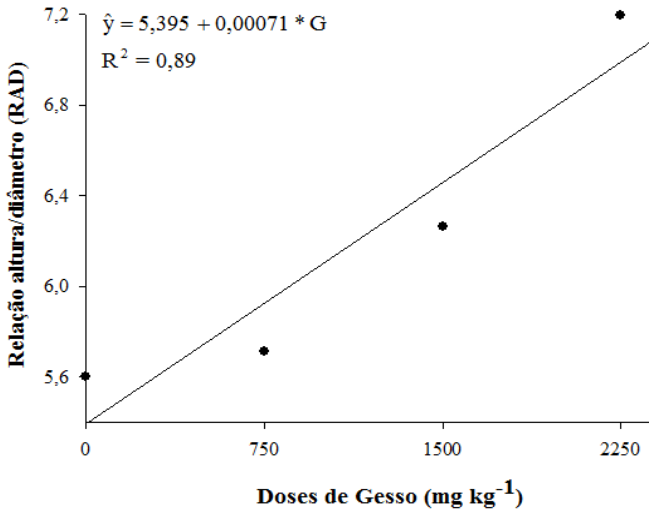

FIGURA 2. Relação altura/diâmetro da aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso. Dourados/MS, 2013.

QUADRO 1. Conteúdo macronutrientes (mg/planta) na parte aérea da aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Nutriente	Equação de regressão	R^2	Dose P	Dose gesso	Valor máximo
N	$\hat{y}$ = 109,124+0,0322*G+1,602*P-0,006*P^2	0,60	125,1	2250	288,1
P	$\hat{y}$ = 41,5102+0,0178*G+0,3231*P	0,62	125,1	2250	121,9
K	$\hat{y}$ = 69,77+0,046*G+1,134*P-0,0035*P^2-0,003*GP	0,61	66,7	2250	188,0
Ca	$\hat{y}$ = 37,504+0,0146*G+0,896*P-0,0039*P^2	0,75	125,1	2250	121,4
Mg	$\hat{y}$ = 12,25+0,0043*G+0,113*P	0,74	125,1	2250	36
S	$\hat{y}$ = 63,68+0,054G+3,09*P-0,0102P^2-0,00036GP	0,60	125,1	2250	312,6

* coeficientes da regressão significativos a 5% de probabilidade. Conteúdo expresso em mg/planta.

As maiores doses de gesso e P_2O_5 proporcionaram maior área foliar (1023,7 cm^2), porém, a razão da área foliar foi menor (31,46 cm^2 g^{-1}) na ausência de gessagem e com a maior dose de P_2O_5 (Figura 3). Essa razão expressa a quantidade de unidade de área foliar necessária para produção de 1 g de massa seca, e os resultados indicaram que com maior fornecimento de P a planta necessita de menor área foliar para produção de biomassa. O estudo da área foliar permite correlacioná-la ao potencial produtivo da planta, pois as folhas são os órgãos responsáveis por 90% da massa seca acumulada nas plantas, devido sua atividade fotossintética (BENINCASA, 2003). Fatores estressantes que possam reduzir a produção de folhas, ocasionarão menor desenvolvimento e produtividade, sendo assim, essa relação evidenciou-se como um parâmetro importante para afirmar que a espécie é bem responsiva ao fósforo.

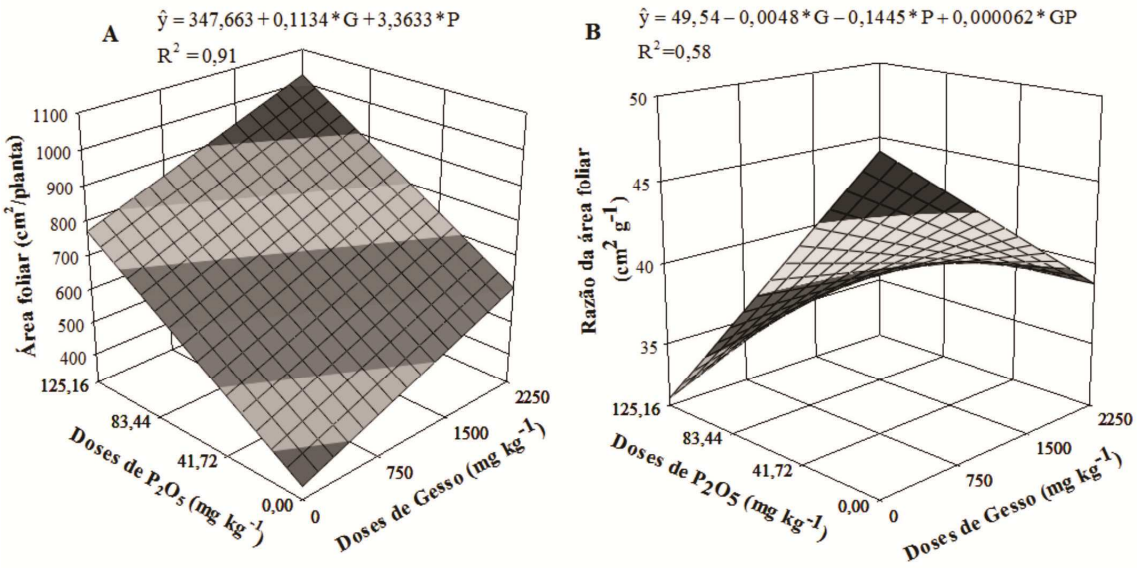

FIGURA 3. Área foliar (A) e Razão da área foliar (B) da aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

A maior massa seca da parte aérea (18,2 g) foi obtida com as máximas doses de gesso e P_2O_5 (Figura 4A). A resposta da aroeirinha ao P apresentou-se elevada, fato que também foi demonstrado por Santos et al. (2008), que utilizaram dose de 800 mg dm^{-3} de P, e ainda assim a resposta da espécie foi linear, indicando não ser a dose de máximo acúmulo de biomassa. Aos 90 dias nesta condição, eles verificaram que as plantas apresentaram massa seca da parte aérea de 51,9 g, um incremento de 250%, comparado a dose zero.

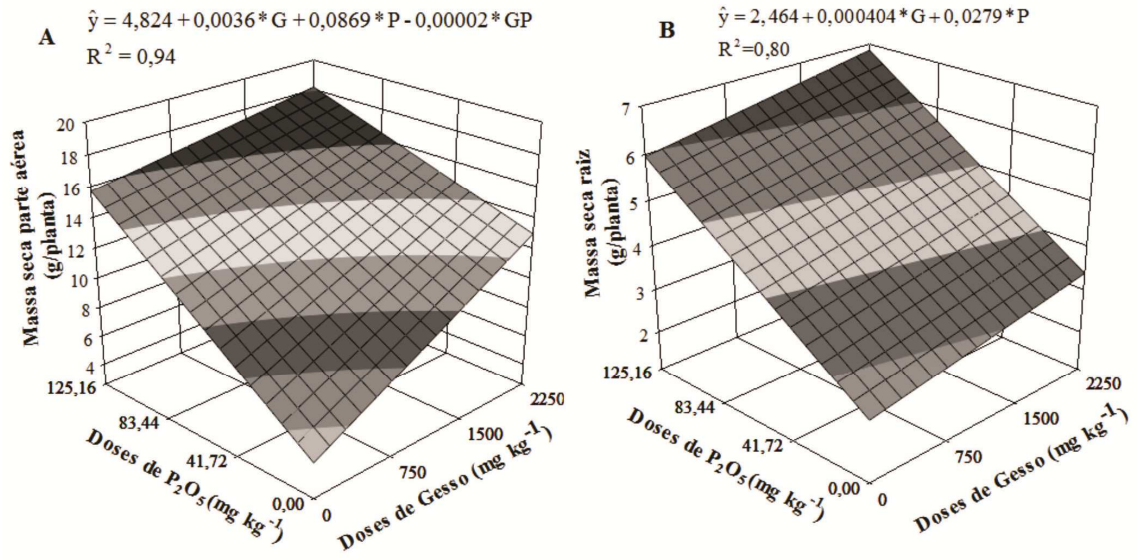

FIGURA 4. Massa seca da parte aérea (A) e de raiz (B) da aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

As máximas doses de gesso e P_2O_5 também proporcionaram maior massa seca da raiz, de 6,8 g (Figura 4B). Observa-se que a distribuição das raízes nas camadas mais profundas do solo foi favorecida pelo aumento das doses de gesso, que atenuaram as diferenças entre os tratamentos que não receberam P_2O_5 (Quadro 2; Figura 5; Apêndice C). O melhor crescimento radicular na presença de gesso pode estar associado ao aumento do teor de Ca e $S\text{-}SO_4^{2-}$ no solo, tanto com o aumento das doses quanto em profundidade (Figura 8).

QUADRO 2. Distribuição da massa seca radicular da aroeirinha em cada nível de profundidade, aos 165 dias após transplante, em função da interação entre as doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

DOSES	PROFUNDIDADE (cm)					
(GxP)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
0 x 0	0,809 Ag	0,173 Bh	0,078 Bc	0,052 Bc	0,046 Ba	0,059 Ba
0 x 41,7	3,047 Ad	0,687 Bcde	0,401 Cab	0,269 DEabc	0,175 Da	0,092 Ea
0 x 83,4	3,127 Ad	0,435 Befgh	0,262 CDbc	0,202 Dabc	0,162 Da	0,113 DEa
0 x 125,1	3,787 Ab	0,725 Bbcd	0,403 Cab	0,230 CDabc	0,190 CDa	0,169 Da
750 x 0	2,061 Af	0,253 Bh	0,182 Bbc	0,181 Babc	0,146 Ba	0,101 Ba
750 x 41,7	3,239 Acd	0,336 Bgh	0,258 Bbc	0,223 Babc	0,163 Ba	0,147 Ba
750 x 83,4	3,829 Ab	1,029 Ba	0,581 Ca	0,406 Cda	0,208 Da	0,145 Ea
750 x 125,1	4,324 Aa	0,975 Bab	0,666 Ca	0,340 Dab	0,231 Da	0,221 Da
1500 x 0	1,905 Af	0,372 Bfgh	0,192 CDbc	0,154 CDbc	0,126 Da	0,112 Da
1500 x 41,7	2,354 Ae	0,329 Bgh	0,242 Bbc	0,190 Babc	0,144 Ba	0,141 Ba
1500 x 83,4	3,947 Ab	1,012 Ba	0,431 Cab	0,369 CDab	0,244 Ca	0,182 Da
1500 x 125,1	3,494 Ac	0,950 Babc	0,607 Ca	0,363 Dab	0,243 Da	0,229 Da
2250 x 0	2,619 Ae	0,352 Bfgh	0,228 Bbc	0,213 Babc	0,208 Ba	0,202 Ba
2250 x 41,7	3,141 Ad	0,552 Bdefg	0,287 Cbc	0,218 Cabc	0,146 Ca	0,137 Ca
2250 x 83,4	3,931 Ab	0,617 Bdef	0,445 BCab	0,314 CDabc	0,203 Da	0,168 Da
2250 x 125,1	3,876 Ab	1,013 Ba	0,648 Ca	0,354 Dab	0,260 Da	0,242 Da

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Doses de gesso e P em mg kg^{-1}.

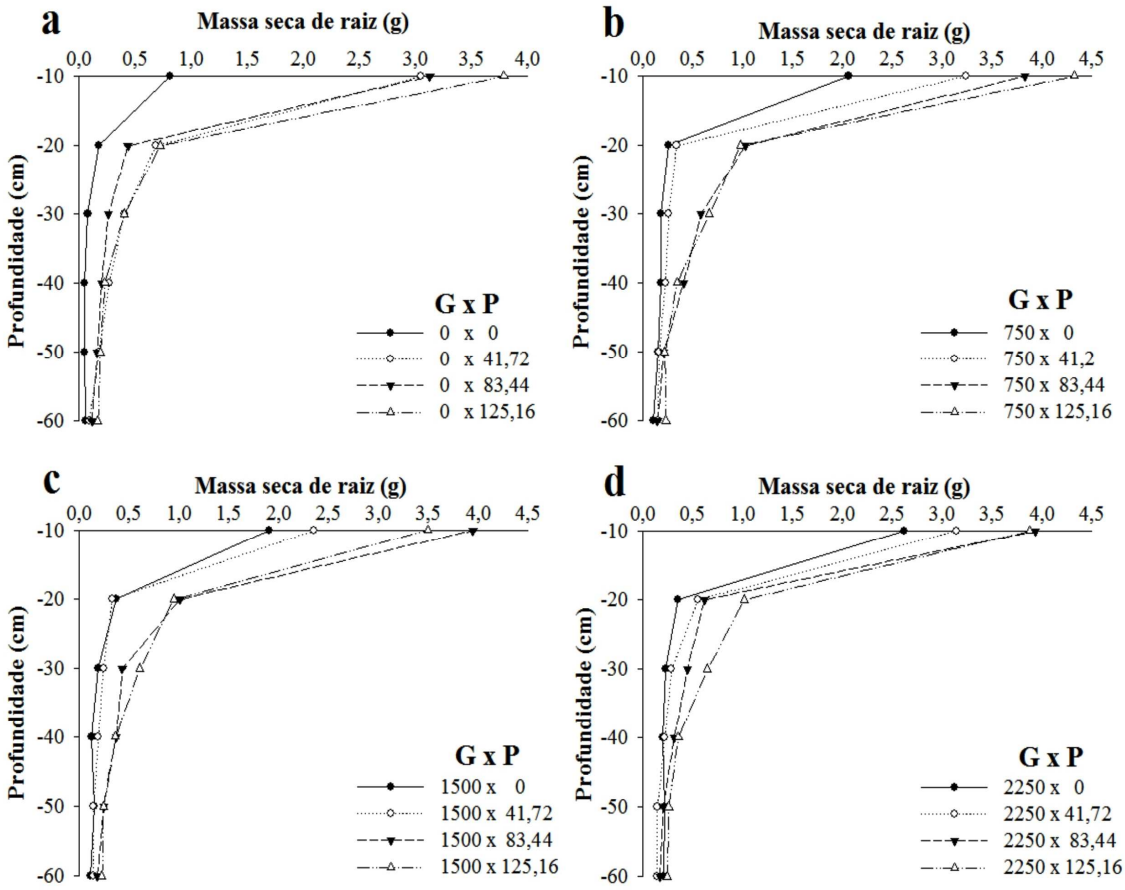

FIGURA 5. Distribuição de raiz da aroeirinha no perfil do solo, aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5 em cada profundidade. Dourados/MS, 2013.

A relação massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (RPAR) foi influenciada significativamente pela interação entre as doses de gesso e P_2O_5, porém não foi possível ajustar um modelo de regressão, obtendo-se média de tratamentos de 2,88. Fernandes et al. (2000) verificaram que a aroeirinha desenvolveu mais a parte aérea quando ocorreu adubação fosfatada. Testando quatro doses de P (0, 150, 300 e 600 mg dm^{-3} de P), em Latossolo Variação Una, esses autores verificaram que com 600 mg dm^{-3} de P a massa seca da parte aérea aproximou-se de 20 g e a raiz de 8 g. Na ausência de P, a raiz apresentou massa seca de 1,58 g enquanto a parte aérea apresentou 0,23 g. Outras espécies florestais como *Peltophorum dubium* (SOUZA et al, 2013) e *Dimorphandra mollis* (FERNANDES et al., 2008; FONSECA et al., 2010) aumentaram a relação parte aérea/raiz conforme acréscimo dos níveis de P.

O maior valor do IQD (2,52) foi obtido com a utilização das maiores doses de gesso e P_2O_5, indicando maior qualidade das plantas (Figura 6). Este índice mostrou-

se como importante parâmetro a ser empregado na avaliação da qualidade da aroeirinha, pois leva em conta o equilíbrio da distribuição da biomassa. A avaliação das características morfológicas das plantas é uma ferramenta muito importante em estudos de nutrição; por meio dessas análises verificamos que a aroeirinha apresenta alta resposta de crescimento quando adubada com P e que o gesso aumenta a disponibilidade de Ca e S e assim, melhoria na absorção de nutrientes.

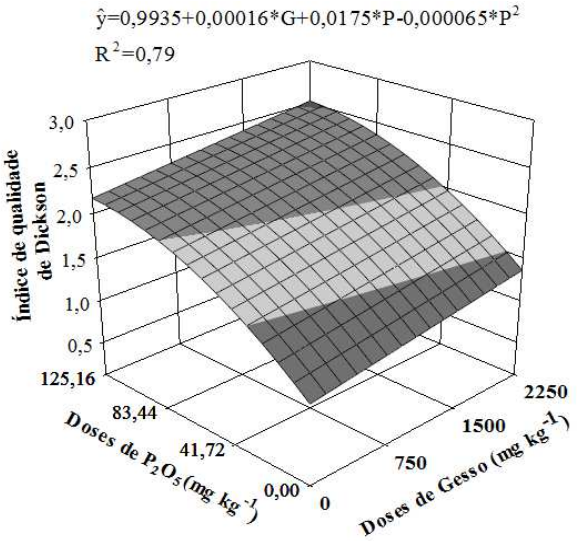

FIGURA 6. Índice de qualidade de Dickson de plantas de aroeirinha aos 165 DAT, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Características químicas do solo

Os teores de P, Al^{3+}, H+Al e $pH_{água}$ foram alterados significativamente pelo efeito da profundidade (Figura 8). O teor de Al^{3+} apresentou ponto de máximo na profundidade 42,8 cm, a partir da qual houve redução (Figura 8a). Nesta mesma profundidade, o teor de P apresentou ponto de mínimo (1,13 mg dm^{-3}; Figura 8b), onde possivelmente, em função da maior acidez (Figura 9) e teor de alumínio trocável, ocorreu efeito de precipitação do fósforo. Por outro lado, a acidez potencial diminuiu em profundidade, de 13,9 $cmol_c$ dm^{-3} na camada de 0-10 cm para 13,4 $cmol_c$ dm^{-3} aos 60 cm (Figura 8c). Aos 37,6 cm de profundidade o $pH_{água}$ do solo apresentou ponto de mínimo de 4,59, (Figura 8d). Esta mudança vertical em tais características químicas do solo pode ser explicada pelo efeito residual da calagem. Amaral et al. (2004) citam que pode ocorrer deslocamento vertical de partículas finas de calcário e consequentemente sua mobilização química em subsuperfície, podendo amenizar os efeitos da acidez,

mesmo em curto período. Isto explicaria a redução nos teores de Al^{3+} e H+Al e o aumento nos níveis de pH e P, em profundidades acima de 40 cm.

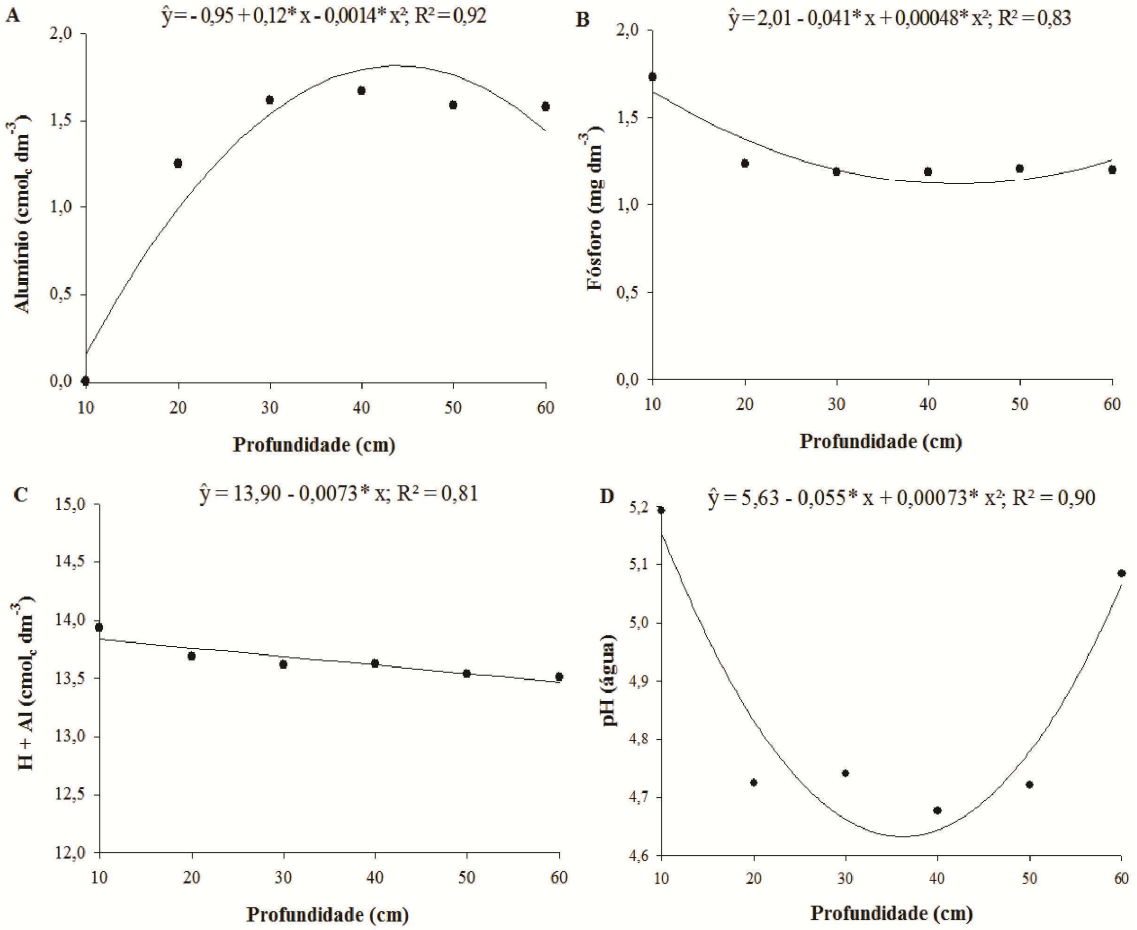

FIGURA 7. Teor de alumínio trocável (a), fósforo (b), acidez potencial (c) e $pH_{água}$ (d), em Latossolo Vermelho distroférrico, em diferentes profundidades. Dourados/MS, 2013.

O aumento nas doses de gesso promoveu incrementos significativos no teor de Ca e $S\text{-}SO_4^{2-}$, em determinadas profundidades (Figura 8). Para o teor de Ca houve ponto de mínimo aos 43,9 cm (0,73 $cmol_c\ dm^{-3}$), com elevação para 1,58 $cmol_c\ dm^{-3}$ aos 60 cm, utilizando a maior dose de gesso (Figura 8a). Para o teor de $S\text{-}SO_4^{2-}$, a aplicação da maior dose de gesso segurou o enxofre nas camadas antecedentes a 50 cm; na ausência de gesso, o ponto de mínimo (13,9 $cmol_c\ dm^{-3}$) aconteceu aos 37,5 cm (Figura 8b).

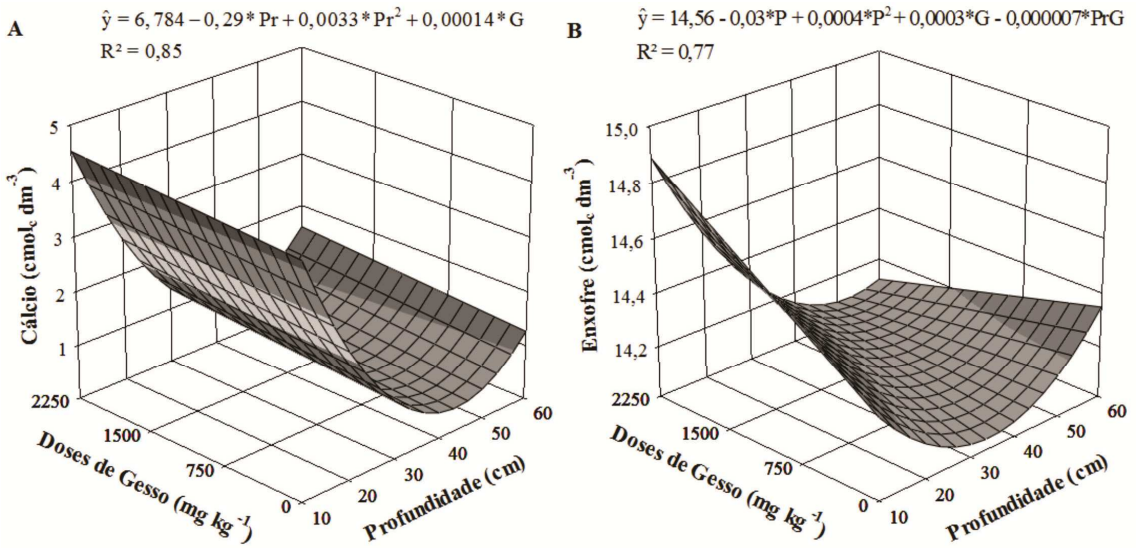

FIGURA 8. Teor de Ca e $S\text{-}SO_4^{2-}$ em Latossolo Vermelho distroférrico, sob efeito de doses de gesso agrícola e profundidade. Dourados/MS, 2013.

A associação da adubação fosfatada e gessagem aumentou o teor de P e Ca no solo (Figura 9). O aumento nas doses de P_2O_5 por si, foi mais favorável que sua aplicação conjunta com o gesso, aumentando de 1,1 para 1,5 mg dm^{-3} o teor de P no solo (Figura 9a). Quanto ao efeito do gesso, deve-se considerar que o fósforo contido neste, pode ser importante na nutrição vegetal, no caso de elevadas doses de gesso (CAIRES et al., 2003). Os Latossolos do Cerrado apresentam, na fração argila, óxidos de ferro e alumínio, os quais adsorvem fortemente o P. Nestas condições é necessária elevada aplicação de P no solo para aumentar sua disponibilidade para as plantas, mas no caso da aroeirinha, mesmo considerado muito baixo, esse teor promoveu crescimento satisfatório e maior qualidade das plantas. Fernandes et al. (2000), Resende et al. (2000) e Santos et al. (2008) verificaram que a aroeirinha apresenta alta eficiência de utilização de P, mesmo na ausência de adubação. Isso indica que a espécie é adaptada, devido a sua alta plasticidade, às condições de baixa fertilidade do solo e converte em biomassa o pouco fósforo disponível para absorção.

As maiores doses de gesso e P_2O_5 promoveram aumento no teor de Ca no solo, de 1,97 $cmol_c$ dm^{-3} para 2,2 $cmol_c$ dm^{-3} (Figura 9b). O gesso foi o principal componente que influenciou o aumento no teor de Ca, afirmando seu papel como fornecedor de Ca ao solo. Na ausência de gessagem, o aumento dos níveis de P_2O_5 promoveu decréscimo no teor de Ca, o que provavelmente está relacionado à absorção

pelas plantas, pois a adubação fosfatada aumentou efetivamente o conteúdo de Ca na parte aérea da aroeirinha (Quadro 1).

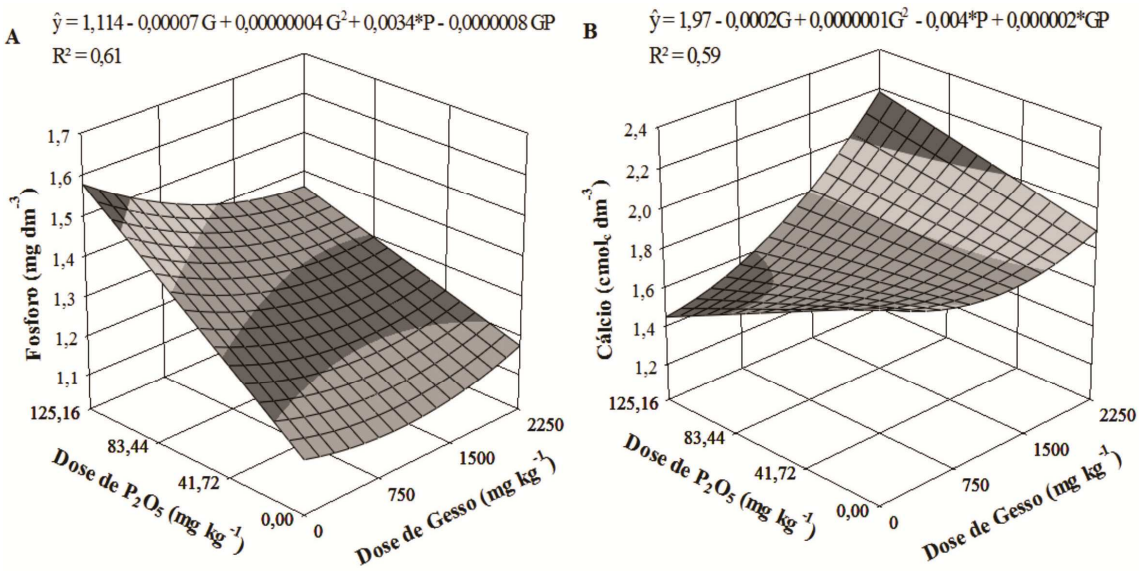

FIGURA 9. Teor de fósforo (a) e cálcio (b) em Latossolo Vermelho distroférrico, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

O teor de K apresentou ponto de mínimo teor (1,63 $cmol_c$ dm^{-3}) aos 43,6 cm de profundidade do solo. O aumento na adubação fosfatada também reduziu o teor de K no solo, sugerindo maior absorção deste nutriente pelas plantas (Figura 10a). A soma de bases apresentou o mesmo comportamento do K em profundidade, sendo 2,35 $cmol_c$ dm^{-3} aos 49 cm (Figura 10b). Os cátions trocáveis Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^+ do solo possuem diferentes energias de retenção aos coloides do solo, seguindo uma série denominada liotrófica (WERLE et al., 2008). O K^+, por ser um cátion monovalente, possui menor energia de retenção, resultando na maior lixiviação em solos bem drenados, principalmente em solos com menor CTC (RAIJ, 1991). Isso explica porque o K, assim como a soma de bases reduziram até determinado nível de profundidade.

A saturação por bases apresentou comportamento semelhante ao teor de Ca no solo quanto ao efeito da interação entre as doses de gesso agrícola e P_2O_5 (Figura 11a). Até 20 cm de profundidade o Ca foi o principal componente da CTC do solo, com saturação média de 14,3%, depois do Al^{3+}. Aos 48,2 cm de profundidade, na dose zero de P_2O_5, a saturação por bases apresentou valor mínimo de 11,4 % (Figura 11b). Na

camada de 50 – 60 cm, o K, no lugar do Ca, passou a ser o principal componente da CTC do solo, com 11,6 % de saturação, seguido do Ca= 6,3% e Mg= 2,6%.

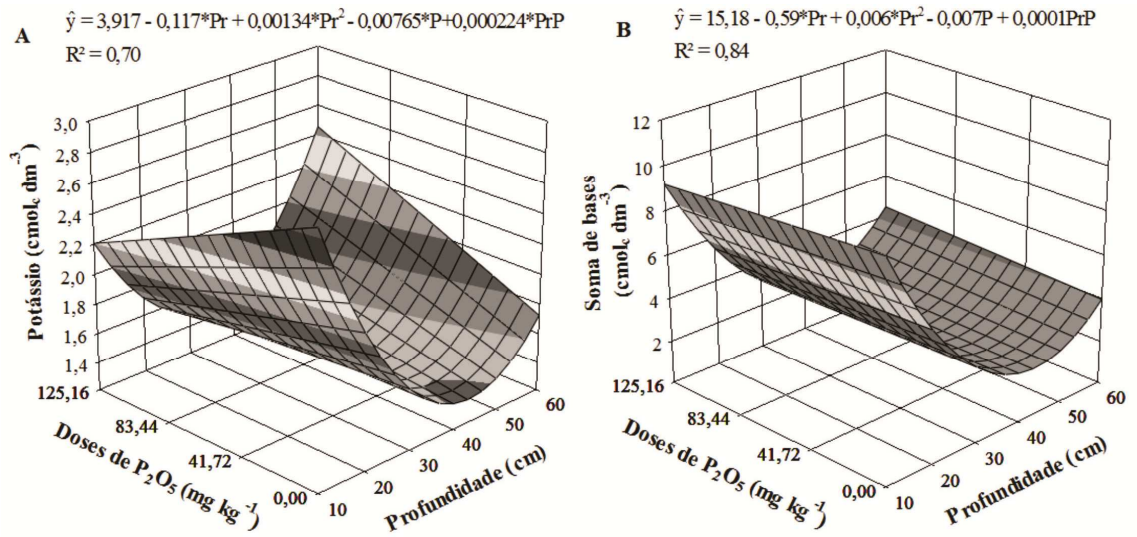

FIGURA 10. Teor de potássio (A) e Soma de bases (B) em Latossolo Vermelho distroférrico, sob efeito de doses P_2O_5 e profundidade. Dourados/MS, 2013.

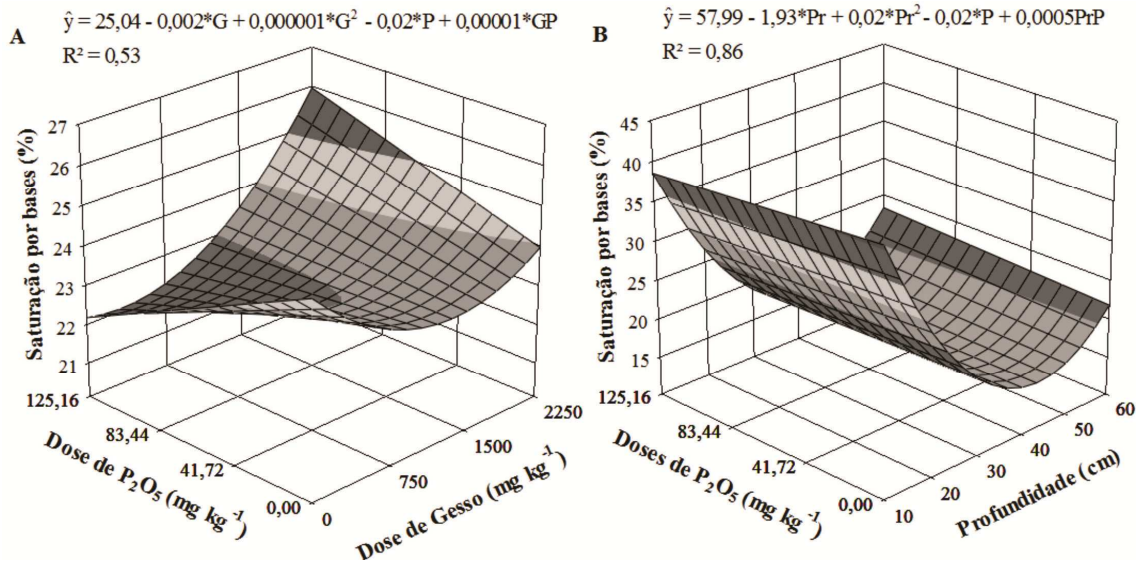

FIGURA 11. Saturação por bases em Latossolo Vermelho distroférrico, sob efeito de doses de gesso agrícola e P_2O_5 (A) e das doses de P_2O_5 e profundidade (B). Dourados/MS, 2013.

O teor de $S\text{-}SO_4^{2-}$ reduziu até a profundidade de 37,5 cm no solo (Figura 12). A associação da maior dose de P_2O_5 com a profundidade, aumentou o teor de $S\text{-}SO_4^{2-}$ nas camadas maiores de 37,5 cm. Em solos argilosos, com elevados teores de

óxidos de ferro e alumínio, o fósforo é mais fortemente adsorvido do que o sulfato, reduzindo a capacidade de retenção de S pelo solo, possibilitando assim, a lixiviação de sulfato as camadas mais profundas do solo (RAIJ, 1991). No entanto, deve-se atentar à lixiviação de bases e sulfato em profundidade, pois a partir de 40 cm de profundidade observou-se aumento nos teores de Ca, K e $S\text{-}SO_4^{2-}$, que possivelmente não foram perdidos devido à utilização de sacos plásticos forrando os lisímetros. O parcelamento da dose recomendada de gesso pode ser a solução para evitar a perda de nutrientes em condições de campo.

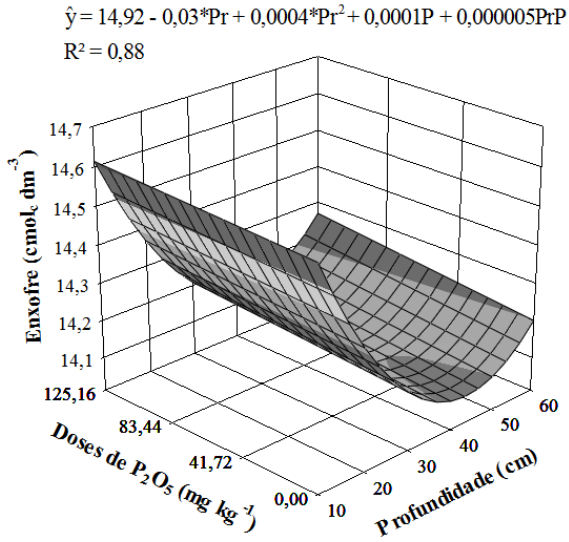

FIGURA 13. Teor de Enxofre ($S\text{-}SO_4^{2-}$) em Latossolo Vermelho distroférrico, sob efeito das doses de P_2O_5 e profundidade. Dourados/MS, 2013.

Para produção com fins comerciais é imprescindível um manejo adequado para a espécie, sendo que a fertilização fosfatada é essencial para desenvolver as características vegetativas que mais tarde irão beneficiar a produção de frutos. A aplicação de gesso agrícola favoreceu melhorias nas características químicas do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes, especialmente cálcio e enxofre.

4 CONCLUSÕES

A utilização das variáveis morfológicas e suas relações são adequadas para avaliar o crescimento inicial da *Schinus terebinthifolius* e demonstrar suas necessidades nutricionais;

O gesso mostrou-se importante condicionador do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes, e dessa forma, pode ser indicado como complemento da adubação em espécies nativas, como a aroeirinha.

A utilização do gesso agrícola favoreceu a distribuição de raízes no perfil do solo, atenuando as diferenças nos tratamentos que não receberam adubação fosfatada.

A associação de gesso e P_2O_5 é benéfica e favorece maior qualidade das plantas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2505-2516, 2008.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 359-367, 2004.

AMORIM, M. M. R; SANTOS, L. C. Tratamento da vaginose bacteriana com gel vaginal da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi): ensaio clínico randomizado. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 25, n. 2, p. 95-10, 2003.

ANDRADE, M. L. F.; BOARETTO, A. E. Deficiência nutricional em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Scientia Forestalis**, v. 40, p. 383-392, 2012.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). 2ed Jaboticabal: FUNEP, 41p. 2003.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 275-286, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, 2003. 1039p.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, n. 1, p.10-3, 1960.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. **Desenvolvimento inicial da aroeirinha em áreas de Cerrado degradado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 21p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 197).

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

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 Medicinais**, Botucatu, v. 10, n. 1, p. 94-99, 2008.

FONSECA, M. B.; FRANCA, M. G. C.; ZONTA, E.; GIORNI, V. Crescimento inicial de *Dimorphandra wilsonii* (Fabaceae - Caesalpinioideae) em diferentes condições de

fertilidade em solo de Cerrado. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 322-327, 2010.

GRISI, F. A. **Aspectos fisiológicos de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), sob níveis distintos de saturação hídrica em ambiente protegido, e área ciliar em processo de recuperação**. 2010, 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

JAIN, M. K.; YU, B. Z.; ROGERS, J. M.; SMITH, A. E.; BOGER, E. T.A.; OSTRANDER, R. L.; RHEINGOLD, A. L. Specific competitive inhibitor of secreted phospholipase A2 from berries of *Schinus terebinthifolius*. **Phytochemistry**, v. 39, p. 537-547, 1995.

JOHANN S.; CISALPINO, P. S.; WATANABE, G. A.; COTA, B. B.; SIQUEIRA, E. P.; PIZZOLATTI, M. G.; ZANI C. L.; RESENDE, M. A. Antifungal activity of extracts of some plants used in Brazilian traditional medicine against the pathogenic fungus *Paracoccidioides brasiliensis*. **Pharmaceutical Biology**, v. 48, p. 388-96, 2010.

KÖPPEN, W. **Climatologia:** con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS (Associação Brasileira para a Pesquisa da Avaliação da Potassa e do Fosfato), 1997. 319p.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita**. 2004. 155 f. Tese Doutorado (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro-SP.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; MUNIZ, J. A.; FARIA, M. R. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 160-173, 2000.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; 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, nov. 1999.

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

SILVA, F. C.; ABREU, M. F.; PEREZ, D. V.; EIRA, P. A.; ABREU, C. A.; RAIJ, B. Van; GIANELLO, C.; COELHO, A. M.; QUAGGIO, J. A.; TEDESCO, M. J.; SILVA, C. A.; CANTARELLA, H.; BARRETO, W. O. Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: SILVA, F. C. (Ed.) **Manual de análises químicas**

de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

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

SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, E. F. Estudo nutricional da canafístula (I): crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 4, p.717-724, 2013.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, 2008.

CAPÍTULO 2

FÓSFORO E GESSO AGRÍCOLA NA EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE *Schinus terebinthifolius* RADDI.

RESUMO

A aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma espécie nativa do Brasil, produtora da pimenta rosa, um condimento alimentar difundido internacionalmente. Seus frutos e outros derivados são obtidos de modo extrativista, não havendo recomendações para o cultivo. Sabe-se que a espécie apresenta alta resposta de crescimento e eficiência nutricional quando aplicadas elevadas doses de fósforo no solo, porém, pensando no emprego racional de fertilizantes, desenvolvemos esta pesquisa. Para tanto, estudaram-se quatro doses de gesso agrícola (0; 750; 1500 e 2250 mg kg^{-1}) e quatro doses de P_2O_5 (0; 41,7; 83,4 e 125,1 mg kg^{-1}), em fatorial 4x4, com quatro repetições. Após 165 dias do transplante, as plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e radicular e posteriormente foram extraídos os teores de nutrientes. Através dos dados obtidos, analisou-se o acúmulo e utilização de nutrientes pela aroeirinha. Foi constatado que a combinação entre gesso e fósforo melhora o desempenho da aroeirinha, aumentando a aquisição e a eficiência de utilização dos nutrientes, além disso, a interação entre esses reduz a necessidade de aplicação de altas doses de P_2O_5.

Palavras-chave: Latossolo Vermelho distroférrico, Superfosfato triplo, Acúmulo de nutrientes.

1 INTRODUÇÃO

A *Schinus terebinthifolius*, conhecida como aroeirinha, é uma espécie nativa da América do Sul com elevada ocorrência no Brasil. Desenvolve-se em vários tipos de biomas, principalmente nas formações florestais (IBGE, 2012). Seus frutos são drupas vermelhas muito apreciadas na culinária mundial, sendo conhecida como pimenta rosa, um condimento de sabor peculiar. O estado do Espírito Santo é o maior exportador de pimenta rosa, no entanto, os frutos são obtidos de maneira extrativista (JESUS e GOMES, 2012).

Os trabalhos mais ocorrentes na literatura relacionam-se aos aspectos farmacológicos (AMORIM e SANTOS, 2003; EL-MASSRY et al., 2009; JOHANN et al., 2010). Pouco ainda se sabe sobre as necessidades nutricionais da aroeirinha, e alguns resultados são contraditórios. Fernandes et al. (2000), verificaram alta eficiência de utilização de fósforo (P) nas doses de 600 mg kg^{-1} de P_2O_5. Entretanto, Santos et al. (2008) relataram que o crescimento da planta não é proporcional a absorção de P quando o suprimento do elemento é aumentado, considerando-a de baixa eficiência de utilização de P.

Do ponto vista nutricional, uma espécie eficiente é aquela capaz de sintetizar o máximo de biomassa por unidade de nutriente absorvido (CALDEIRA et al., 2004), sendo um fator controlado geneticamente, bem como pelo manejo de adubação. Vários trabalhos têm constatado diferenças na eficiência nutricional entre espécies nativas (FERNANDES et al., 2000; REDENDE et al., 2000; SILVA et al., 2006; SANTOS et al., 2008). Essas diferenças podem representar fator importante na economia ou no emprego racional de fertilizantes e contribuem para explicar a capacidade que certas espécies têm de se adaptar às diversas condições de estresses ambientais (LIMA et al., 2005). Já foi verificado que a aroeirinha apresenta alta eficiência de utilização de nutrientes quando ocorre aumento dos níveis de P no solo, quando comparada a outras espécies (FERNANDES et al., 2000; REDENDE et al., 2000), mas, as doses utilizadas nesses estudos são inviáveis para a produção, equivalentes a mais de 3 t ha^{-1} de superfosfato triplo. Dessa forma, a busca por alternativas que visem reduzir o consumo desse fertilizante, é de suma importância.

Elevadas quantidades de adubos fosfatados são aplicados aos solos tropicais porque após sua dissolução, praticamente todo o P é retido na fase sólida, adsorvido aos

oxihidróxidos de ferro e alumínio (GATIBONI, 2003). Se o solo possui abundância de cálcio, podem ser formados fosfatos de cálcio que, dependendo do pH, são dissolvidos mais facilmente do que aqueles ligados aos oxihidróxidos (RHEINHEIMER, 2000). A associação do gesso com fertilizantes fosfatados contribui para a solubilização do íon fosfato ligado a compostos de alumínio (PEREIRA, 2007). Além disso, uma vez na solução do solo, o íon Ca^{2+} oriundo do gesso, pode reagir no complexo de troca do solo, deslocando Al^{3+}, K^{+} e Mg^{2+} para a solução, que podem, por sua vez, reagir com o SO_4^{2-} formando $AlSO_4^{+}$, que é menos tóxico para as plantas (CAIRES et al., 2003).

Todos esses fatores podem aumentar a eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas. Porém, quase não existem relatos da utilização de gesso agrícola no cultivo de espécies nativas e como este afeta a aquisição e mobilização de nutrientes nessas plantas. Algumas espécies nativas, tais como *Vismia japurensis*, *Bellucia grossularioides* e *Laetia procera*, apresentaram maior eficiência de utilização de nutrientes quando ocorre associação de fósforo, calcário e gesso agrícola (SILVA et al., 2006).

Assim, torna-se importante elucidar algumas questões referentes ao uso do gesso em cultivo de espécies nativas, pois estas possuem comportamento diferenciado quanto a aquisição e utilização de nutrientes. Neste sentido, desenvolvemos este estudo para verificar se o gesso agrícola em combinação com o fósforo favorece a absorção e a eficiência de utilização de nutrientes pela *S. terebinthifolius*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no período de agosto/2011 a janeiro/2012 em Dourados/MS (22º11'53.52"S e 54º56'02.25"O), em altitude de 461 m, clima tropical de estação seca no inverno (Aw) (KÖPPEN, 1948), e temperatura média de 23,6ºC.

Frutos de aroeirinha foram coletados no Horto de Plantas Medicinais da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados/MS (22º11'43.30"S e 54º56'08.67"O) e macerados manualmente para retirada das sementes. A semeadura ocorreu, sem nenhum tratamento prévio nas sementes, em bandejas de poliestireno de 128 células, contendo substrato agrícola Bioplant®, que foram mantidas em 50% de sombreamento e irrigadas diariamente. Quando as mudas apresentaram aproximadamente 10 cm de altura realizou-se o transplante.

Utilizou-se amostras de um Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa coletado do horizonte B, que foi caracterizado química e fisicamente conforme metodologia proposta por Silva et al. (2009): pH em água= 4,5; pH em $CaCl_2$= 4,2; matéria orgânica= 8,0 g kg^{-1}; P= 1,1 mg dm^{-3} (Mehlich 1); K= 0,05 $cmol_c$ dm^{-3} (Mehlich 1); Ca= 0,4 $cmol_c$ dm^{-3}; Mg= 0,2 $cmol_c$ dm^{-3}; Al= 1,4 $cmol_c$ dm^{-3}; H+Al= 7,6 $cmol_c$ dm^{-3}; SB= 0,65 $cmol_c$ dm^{-3}; T= 8,2 $cmol_c$ dm^{-3}; V %= 7,9; Cu= 5,2 mg dm^{-3}; Mn= 3,6 mg dm^{-3}; Fe= 38,2 mg dm^{-3}; Zn= 0,7 mg dm^{-3}; argila= 644 g kg^{-1}, silte= 203 g kg^{-1} e areia= 153 g kg^{-1}.

Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de gesso agrícola (0; 750; 1500 e 2250 mg kg^{-1}, correspondentes a 0; 1200; 2400 e 3600 kg ha^{-1}) e quatro doses de P_2O_5 (0; 41,7; 83,4 e 125,1 mg kg^{-1}, correspondentes a 0; 100, 200 e 300 kg ha^{-1}), utilizando como fonte superfosfato triplo. Estes foram arranjados em esquema fatorial 4x4, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O estudo foi conduzido em lisímetros com 150 mm de diâmetro x 60 cm de altura, divididos em seis anéis de 10 cm (Apêndice A). Foi realizada adubação complementar com 62,5 mg kg^{-1} de N (fonte ureia), parcelada em duas aplicações, 25 mg kg^{-1} de K_2O (fonte o KCl), e 100 mg kg^{-1} do formulado comercial de micronutrientes FTE-BR12, aplicados cinco dias antes do transplante.

Os lisímetros foram preenchidos com as amostras do solo peneirado em malha de 4 mm, compactado para atingir densidade 1,1 g cm^{-3}. A compactação foi

efetuada somente nas camadas de 20 – 60 cm, para imitar as condições de densidade e preparo do solo em plantios convencionais. A calagem, as doses de gesso e P_2O_5, bem como os demais nutrientes foram aplicados e incorporados na camada de 0 – 10 cm. Para elevar a saturação por bases a 60%, utilizou-se calcário dolomítico com PRNT 100%, incorporado manualmente 30 dias antes do transplante. Cada coluna foi revestida internamente com saco plástico para evitar a perda de água e nutrientes pela drenagem. A irrigação foi efetuada a cada dois dias, atendendo à necessidade da planta.

O experimento foi conduzido durante 165 dias em ambiente protegido com cobertura de polietileno transparente e laterais com tela de sombrite de 50% de sombreamento (Apêndice B). Após esse período, as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e raiz, procedendo-se a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 60±5°C. O material seco foi moído para realização da digestão sulfúrica para extrair o nitrogênio, e a nitroperclórica para extração de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, zinco e manganês. O nitrogênio foi determinado pelo método microkjeldahl; fósforo por colorimetria do metavanadato; enxofre por turbidimetria do sulfato de bário; potássio por fotometria de chama de emissão; cálcio, magnésio e micronutrientes por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA et al., 1997). O conteúdo de nutrientes na parte aérea e na raiz foi obtido com base no teor de nutrientes e na massa seca. Por meio da massa seca e do conteúdo dos nutrientes na planta calculou-se a eficiência de uso dos nutrientes, pela fórmula (Eu) = (massa seca total produzida)^2/ (conteúdo total do nutriente na planta), em $g^2\ mg^{-1}$ (SIDDIQI e GLASS, 1981);

O solo foi avaliado quimicamente nas profundidades de 0 – 10, 10 – 20, 20 – 30, 30 – 40, 40 – 50 e 50 – 60 cm, referentes à cada anel dos lisímetros. As avaliações constituíram-se de: pH em água e $CaCl_2$; P, K e micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) extraídos com solução de Mehlich 1; Ca, Mg, e Al extraídos com KCl (1,0 mol L^{-1}); S-SO_4^{2-}, extraído por íons fosfato dissolvidos em ácido acético (2,0 mol L^{-1}); H+Al; soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V), todas seguindo a metodologia de Silva et al. (2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e para os fatores significativos realizou-se análise de regressão, todos até 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de nutrientes

A interação entre as doses de gesso e P foi significativa para maioria dos teores de nutrientes analisados nas mudas de aroeirinha, exceto para P, Mg e Mn na parte aérea. Contudo, só foi possível ajustar modelo de regressão para os teores de Zn na parte aérea e Mn, Fe e Zn na raiz.

Ao contrário do que é comumente relatado, o aumento nos teores de P_2O_5 no solo favoreceu maior concentração de Zn na parte aérea, elevando o teor inicial de 25,1 para 39,5 mg kg^{-1} (Figura 1). Por outro lado, o gesso reduziu a concentração de Zn, o que, provavelmente, está relacionado ao aumento da saturação de Ca no solo (Quadro 1), que acarretaria uma inibição competitiva com o Zn (MALAVOLTA et al., 1997).

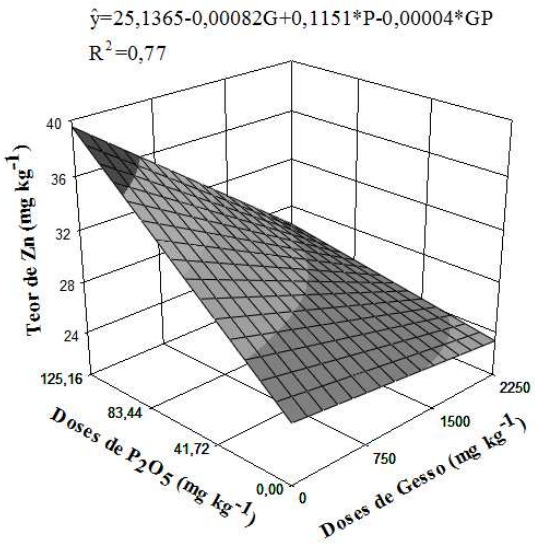

FIGURA 1. Teor de Zn na parte aérea de plantas da aroeirinha aos 165 DAT, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

QUADRO 1. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférrico, cultivado com *Schinus terebinthifolius*, por 165 dias, sob doses de gesso agrícola e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Atributo	**Equação de regressão**	**R^2**	**Profundidade**	**Dose P_2O_5**	**Dose Gesso**
pH (água)	$\hat{y}$= 5,96-0,06*Pr+0,0007*Pr^2-0,00001G+0,0000002PrG	0,83	X	–	X
pH ($CaCl_2$)	$\hat{y}$= 5,746-0,059*Pr+0,0007*Pr^2-0,000004G-0,000003*PG	0,84	X	–	X
P	$\hat{y}$= 2,018-0,042*Pr +0,0005*Pr^2	0,83	X	–	–
	$\hat{y}$=1,145-0,00007G+0,00000004G^2+0,0034*P-0,000001*GP	0,61	–	X	X
$S\text{-}SO_4^{2-}$	$\hat{y}$= 14,563-0,0302*Pr+0,0004*Pr^2+0,00033*G-0,00001*PrG	0,77	X	–	X
	$\hat{y}$= 14,925-0,0387*Pr+0,0004*Pr^2+0,0002*P+0,000006PrP	0,88	X	X	–
Ca^{2+}	$\hat{y}$=6,784-0,29*Pr+0,0033**Pr^2+0,00014G	0,85	X	–	X
	$\hat{y}$=1,973-0,0003G+0,0000001G^2-0,0042*P +0,000003* GP	0,60	–	X	X
Mg^{2+}	$\hat{y}$= 4,325-0,1905*Pr+0,00216*Pr^2-0,000015G	0,88	X	–	X
K^+	$\hat{y}$= 3,918-0,117*Pr+0,0013*Pr^2-0,0076*P+0,00022*PrP	0,70	X	X	–
Al^{3+}	$\hat{y}$= -0,959+0,127*Pr-0,0014*Pr^2	0,92	X	–	–
H+Al	$\hat{y}$= 13,908-0,007*Pr	0,81	X	–	–
	$\hat{y}$= 13,496+0,00045*G-0,0000002*G^2	0,99	–	–	X
SB	$\hat{y}$= 15,186-0,596*Pr+0,007*Pr^2-0,008*P+0,0002*PrP	0,84	X	X	–
V	$\hat{y}$= 25,04-0,003*G+0,000001*G^2-0,023*P+0,00002*GP	0,54	–	X	X
CTC	$\hat{y}$= 28,768-0,604*Pr+0,007*Pr^2+0,0001P	0,84	X	X	–

P em mg dm^{-3}; $S\text{-}SO_4^{2-}$, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Al^{3+}, H+Al, SB e CTC em $cmol_c$ dm^{-3}; SB= soma de bases; V= Saturação por bases (%); CTC= capacidade de troca de cátions; Pr= profundidade. X representa a interação significativa entre os fatores estudados.

Na raiz, a associação de gesso e P_2O_5 aumentou o teor de Fe, Mn e Zn (Figura 2). A concentração de Fe passou de 346,8 para 2178,4 mg kg^{-1} com a interação entre as máximas doses de gesso e P_2O_5 (Figura 2a). O nível crítico de toxicidade de Fe é aproximadamente 500 mg kg^{-1} (MARSCHNER, 1997), mas não foi observada no estudo. Segundo Haridasan (2008), os conceitos de deficiência e toxicidade não devem ser estendidos às plantas nativas, indiscriminadamente, pois muitas delas são adaptadas às condições edáficas consideradas desfavoráveis às plantas cultivadas. Neste sentido, a espécie pode ser considerada hiperacumuladora de Fe, pois estas reduzem a translocação do metal para parte aérea e acumulam altas concentrações em seus tecidos (RASCIO e NAVARI-IZZO, 2011).

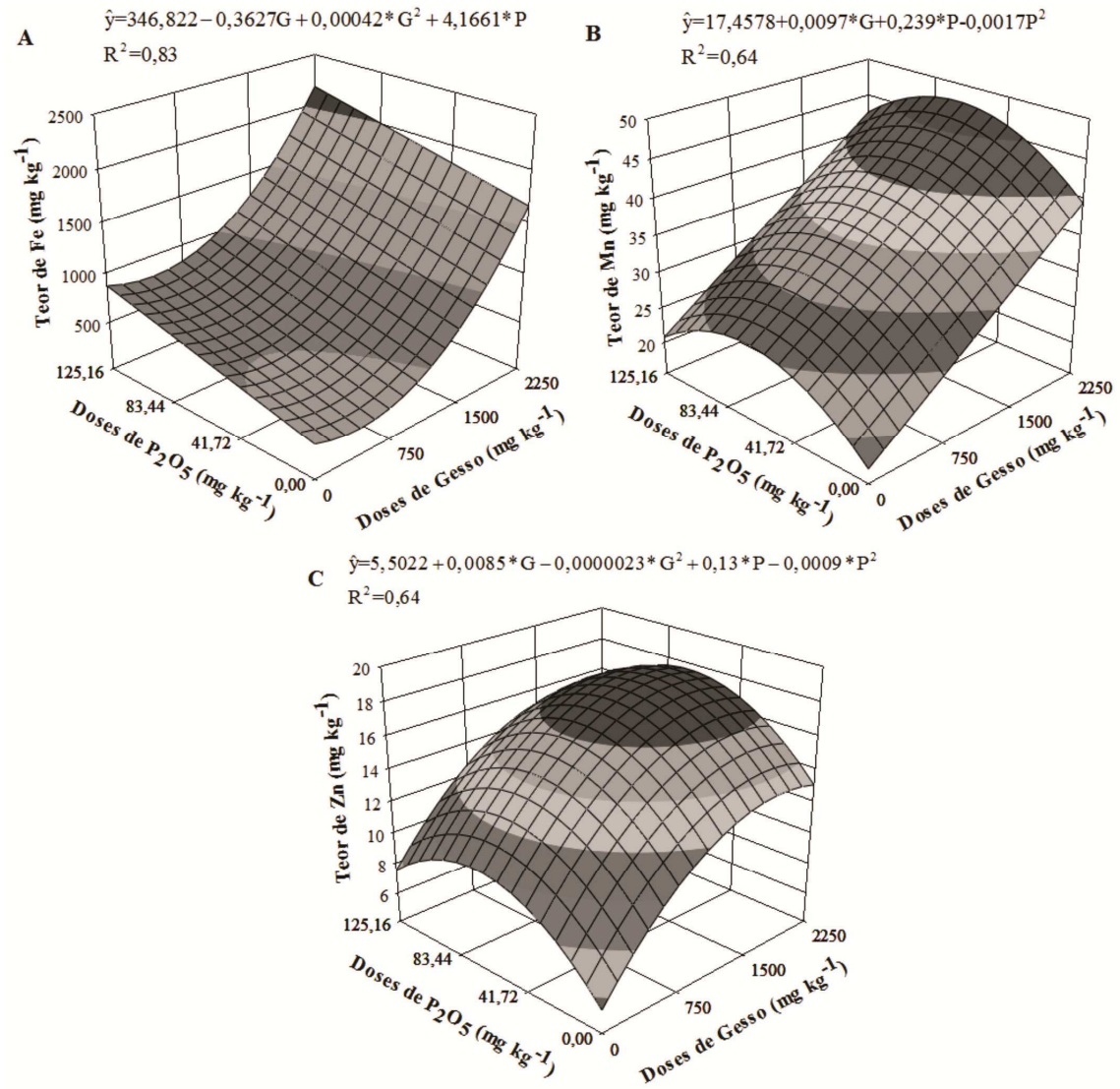

FIGURA 2. Teor de Ferro (A), Manganês (B) e Zinco (C) na raiz da aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Quanto ao teor de Mn e Zn na raiz, houve redução destes com doses de P_2O_5 acima de 70 mg kg^{-1}, além disso, doses maiores que 1847,8 mg kg^{-1} de gesso também reduziram o teor de Zn na raiz (Figura 2b e 2c). O efeito de diluição pode muitas vezes ser confundido com ação antagônica entre P e Zn, pois com o maior crescimento da planta o teor do nutriente nos tecidos é diminuído. Olsen (1972) explica que, com excesso de P, por exemplo, pode haver um desequilíbrio na função metabólica do Zn em certos sítios celulares, ocasionando uma desordem metabólica no interior das células.

Para efeito de comparação, consideramos como adequadas as concentrações obtidas por Andrade e Boaretto (2012), na parte aérea da aroeirinha, cultivada por 120 dias em solução nutritiva completa: 13 g kg^{-1} de N; 3,55 g kg^{-1} de P; 16,5 g kg^{-1} de K; 6,05 g kg^{-1} de Ca; 1,75 g kg^{-1} de Mg e 1,95 g kg^{-1} de S e micronutrientes de 3,1 mg kg^{-1} de Cu; 173 mg kg^{-1} de Fe; 20 mg kg^{-1} de Mn e 17 mg kg^{-1} de Zn. Esses teores serão a base para comparação, já que não existem muitos trabalhos neste sentido com a espécie.

O efeito isolado de gesso influenciou significativamente o teor de P e Mn na parte aérea das plantas. Dose a partir de 1782,6 mg kg^{-1} de gesso reduziu o teor de P para 6,63 g kg^{-1} (Figura 3a), sendo provavelmente um efeito de diluição do nutriente em virtude do maior crescimento da parte aérea (Vide Capítulo 1). A ausência de gessagem promoveu maior teor de Mn na parte aérea das plantas, de 43,8 mg kg^{-1} (Figura 3b). Esta concentração é duas vezes maior que a obtida por Andrade e Boaretto (2012), mas está abaixo do nível adequado, indicado por Epstein e Bloom (2006), que é de 50 mg kg^{-1}. Com a maior dose de gesso, a aroeirinha apresentou o menor teor de Mn (29 mg kg^{-1}), evidenciando que pode ter ocorrido inibição competitiva entre o Ca com os micronutrientes catiônicos, já que o maior crescimento da planta foi promovido principalmente devido ao aumento nas doses de P_2O_5, descartando o efeito de diluição pelo gesso.

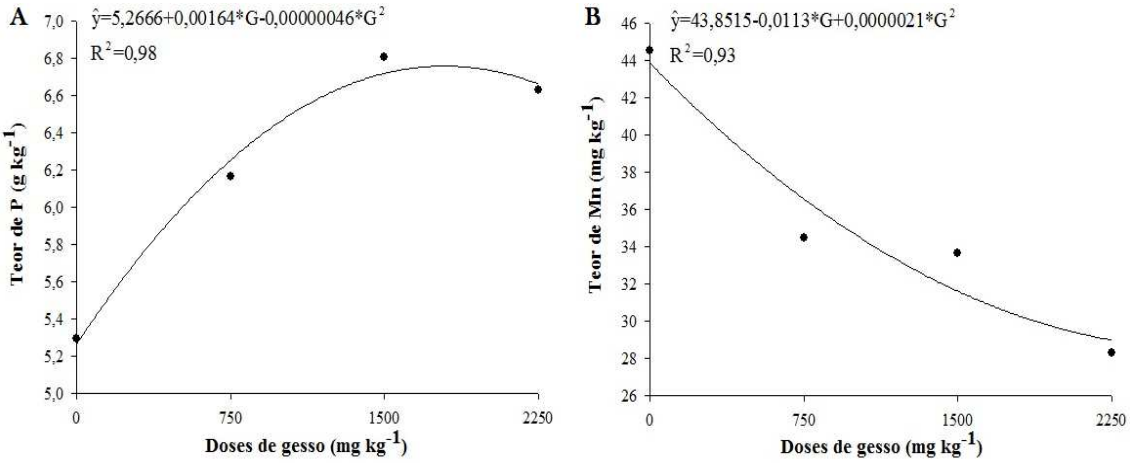

FIGURA 3. Teor de P (A) e Mn (B) na parte aérea da aroeirinha aos 165 DAT, em função de doses de gesso. Dourados/MS, 2013.

Devido à falta de ajuste para maioria dos teores de nutrientes nas plantas, as médias são apresentadas na figura 4, onde é possível comparar o teor de cada nutriente em raiz e parte aérea. Usando como base os teores obtidos por Andrade e Boaretto (2012), evidencia-se que as concentrações de N, P, Mn, Fe e Zn (parte aérea), foram superiores aos obtidos por esses autores, indicando um consumo de luxo pelas plantas.

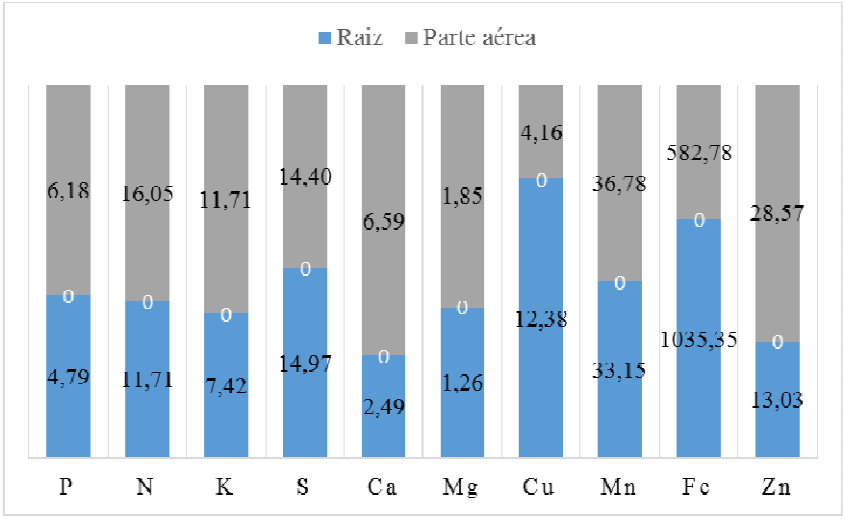

FIGURA 4. Relação entre os teores médios dos nutrientes na parte aérea e na raiz da aroeirinha aos 165 DAT, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Conteúdo e eficiência de uso de nutrientes

A interação entre as doses de gesso e P_2O_5 foi significativa para o conteúdo de todos os nutrientes avaliados na planta. Houve maior acúmulo de macronutrientes em função das doses de gesso e P_2O_5, em parte aérea (Figura 5) e raiz (Quadro 2). Para os nutrientes K, Ca e S na parte aérea, a associação do gesso com o P_2O_5 reduziu o ponto de máximo acúmulo, quando comparado apenas à adubação fosfatada (Quadro 2). A distribuição de Ca no perfil do solo, devido ao gesso, favoreceu a absorção de todos os nutrientes pela aroeirinha (Quadro 1). O Ca está relacionado à integridade funcional das membranas, e dessa forma, aumenta a absorção de cátions e ânions, quando em concentrações adequadas (VITTI et al., 2006).

Resende et al. (2000) estudaram a aroeirinha sob cinco doses de P (0; 100; 250; 500 e 800 mg dm^{-3}) e observaram maior acúmulo de nutrientes e eficiência nutricional com o aumento dos níveis deste no solo. Verificaram que o N, seguido do Ca e K foram os nutrientes mais acumulados na parte aérea; a eficiência de utilização dos nutrientes também foi aumentada com acréscimo nos níveis de P, seguindo a ordem decrescente: S>P>Mg>K>Ca>N.

QUADRO 2. Conteúdo máximo de macronutrientes na aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Parte aérea				**Raiz**			
Nutriente	Conteúdo (mg/planta)	Dose determinante		Nutriente	Conteúdo (mg/planta)	Dose determinante	
		Gesso	P			Gesso	P
N	286	2250	125,1	N	79	2250	125,1
P	122	2250	125,1	P	32	2250	125,1
K	188	2250	66,7	K	51	2250	125,1
Ca	122	2250	114,8	Ca	19	2250	125,1
Mg	36	2250	125,1	Mg	9	2250	125,1
S	314	2250	125,1	S	108	2250	125,1

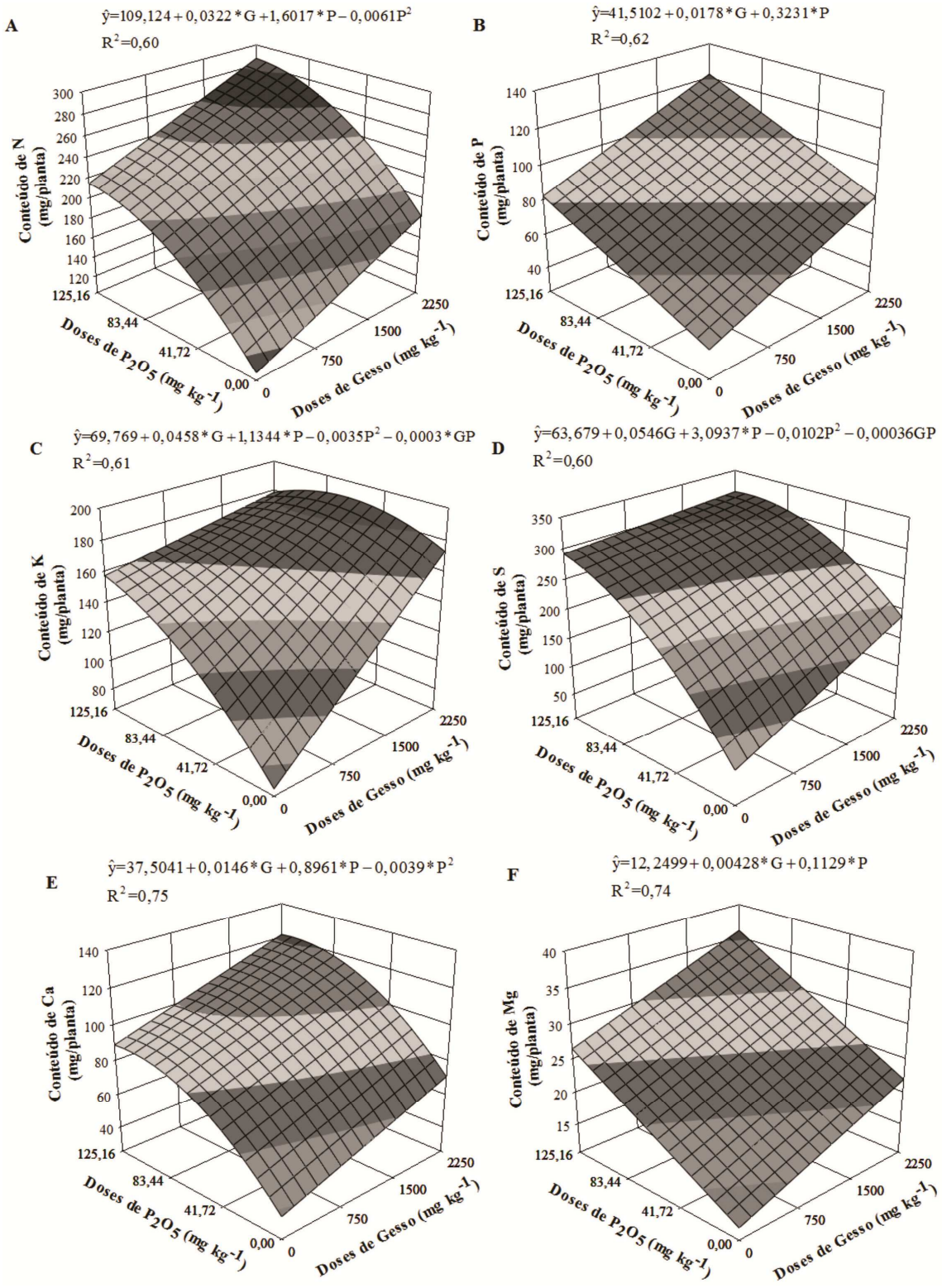

FIGURA 5. Conteúdo de macronutrientes na parte aérea da aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

O N e o S foram os elementos acumulados em maior quantidade pela aroeirinha (Quadro 2), no entanto, os nutrientes utilizados com maior eficiência foram

aqueles acumulados em menor quantidade, como o Mg, o P e o Ca (Figura 6; Quadro 3). O máximo acúmulo de macronutrientes na parte aérea segue a ordem decrescente: S>N>K>P=Ca>Mg, enquanto a eficiência de uso pela planta segue o inverso: Mg>Ca>P>K>N>S.

Santos et al. (2008) verificaram um acúmulo de P de 52,4 mg/planta na parte aérea da aroeirinha utilizando dose de 800 mg dm^{-3} de P. Para os autores, o crescimento da aroeirinha não acompanhou a absorção do nutriente, indicando ter havido baixa conversão em biomassa devido à baixa eficiência de utilização do nutriente. No entanto, esse comportamento não corresponde ao obtido no presente trabalho. A alta eficiência de uso de P e Mg está relacionada ao papel que estes desempenham no metabolismo vegetal. Muitas reações acontecem via dependência entre esses elementos, e inicia-se com o papel do Mg na absorção de P pelas plantas, facilitando sua entrada como íon acompanhante (VITTI et al., 2006). As reações de transferência de energia necessitam de Mg, pois a maior parte do ATP presente na célula está complexado com Mg (MARTINOIA et al., 2000). Essa relação entre esses dois nutrientes pode explicar o maior acúmulo e eficiência de uso de Mg quando houve aumento das doses de P_2O_5.

O P e o Ca apresentaram valores semelhante quanto a eficiência de uso pela aroeirinha (Figuras 6b e 6d, respectivamente; Quadro 3). Quando o suprimento de P foi aumentado no solo, verificou-se uma tendência de redução da eficiência de utilização de P. O mesmo comportamento ocorreu na eficiência de uso de Ca, porém, com aumento no suprimento de Ca no solo, via gesso. A dose de 1750 mg kg^{-1} de gesso associada à maior dose de P_2O_5, promoveu maior eficiência de utilização de Ca. A alta eficiência de uso de Ca pode estar relacionada ao acúmulo deste na forma de oxalato de cálcio. Espécies da família Anacardiaceae, como a *S. terebinthifolius*, são conhecidas como acumuladoras de oxalato de cálcio, e no caso da aroeirinha, é acumulado na forma de drusas e prismas (DUARTE et al., 2009), garantindo o crescimento normal da planta mesmo em condições limitantes do ambiente (CUMMING et al., 2001).

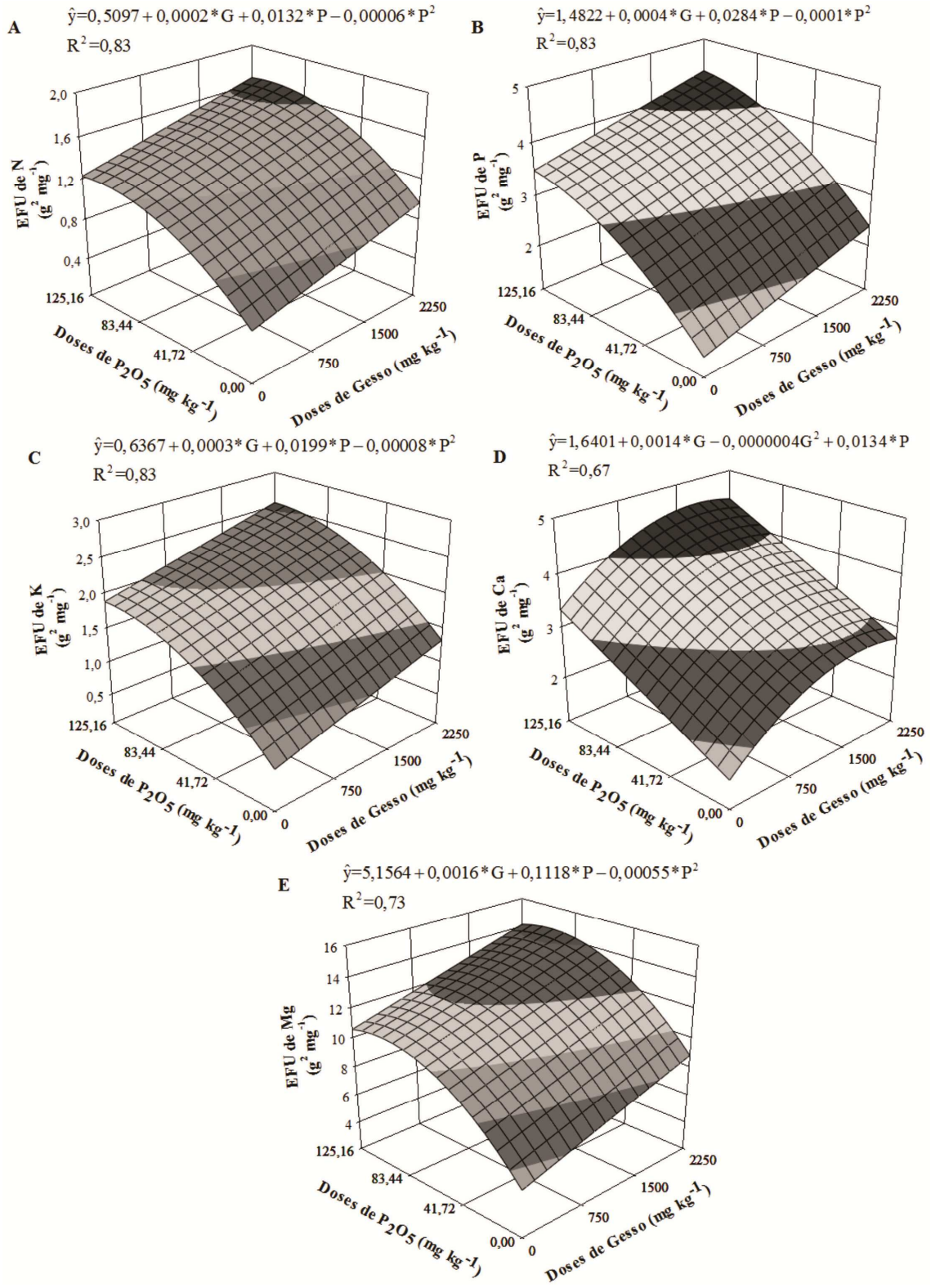

FIGURA 6. Eficiência de uso de macronutrientes pela aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

QUADRO 3. Máxima eficiência de uso macronutrientes (g^2 mg^{-1}) na aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Nutriente	Máxima Eficiência	Dose determinante	
		Gesso	P_2O_5
N	1,7	2250	110
P	4,4	2250	142
K	2,5	2250	124
Ca	4,5	1750	101
Mg	14,4	2250	125,1
S	ȳ= 1,3	-	-

Em deficiência de fósforo, as plantas podem desenvolver respostas adaptativas para facilitar a aquisição e eficiente translocação e também para utilizar de forma eficiente o P armazenado, ajustando internamente sua reciclagem. Pratt et al. (2009) verificaram que em condições de deficiência, o efluxo de Pi do vacúolo é insuficiente para compensar o rápido decréscimo da concentração citosólica de Pi. No caso da aroeirinha, já foi verificado que na ausência de adubação fosfatada, ocorre maior alocação de Pi para o vacúolo, e quando o suprimento é aumentado para 600 mg kg^{-1} de P, as diferenças entre Pi e P orgânico são mínimas (FERNANDES et al., 2000). Isso explica porque a aroeirinha elevou sua eficiência de uso de P quando as doses de P_2O_5 foram aumentadas, pois além de armazenar Pi no vacúolo, ela mobiliza a mesma quantidade de P orgânico para as funções vitais.

Devido às concentrações de P serem muito baixas no solo, são necessários sistemas de transporte ativo de elevada afinidade para sua absorção, que se dá contra um elevado gradiente de potencial químico através da membrana plasmática das células epidérmicas da raiz. Segundo Araújo e Machado (2006), as plantas possuem transportadores de baixa e alta afinidade pelo P, e os genes codificadores dos transportadores de alta afinidade são expressos preferencialmente em plantas sob deficiência de P (RAGHOTHAMA, 2000). Neste caso, as espécies nativas de áreas tropicais, provavelmente, ativam esses transportadores de alta afinidade, pois muitas dessas espécies tendem a utilizar mais eficientemente o P, quando comparado aos outros nutrientes. Algumas espécies estão adaptadas a ponto de reduzir linearmente a eficiência de utilização de P quando este é aumentado no solo, como é o caso da *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Sesbania virgata* (RESENDE et al., 2000).

Dentre os micronutrientes, houve maior acúmulo de Fe e Mn nas maiores doses de gesso e P_2O_5 (Figura 7; Quadro 4), no entanto, a planta apresentou baixa eficiência de utilização desses nutrientes (Figura 8; Quadro 5). As plantas nativas tendem a utilizar de modo mais eficiente aqueles nutrientes que estão em baixa concentração no solo, fato observado na aroeirinha, que apresentou maior eficiência de utilização de Cu e Zn. Esses nutrientes são fortemente adsorvidos aos coloides do solo, dificultando a absorção pela planta. Já os teores de Fe e Mn são mais elevados e prontamente disponíveis, pois fazem parte da estrutura dos óxidos e hidróxidos de Fe. O teor médio dos micronutrientes no solo, após a colheita das plantas foi de: 7,1 mg dm^{-3} de Cu; 7,3 mg dm^{-3} de Mn; 61 mg dm^{-3} de Fe e 2,3 mg dm^{-3} de Zn.

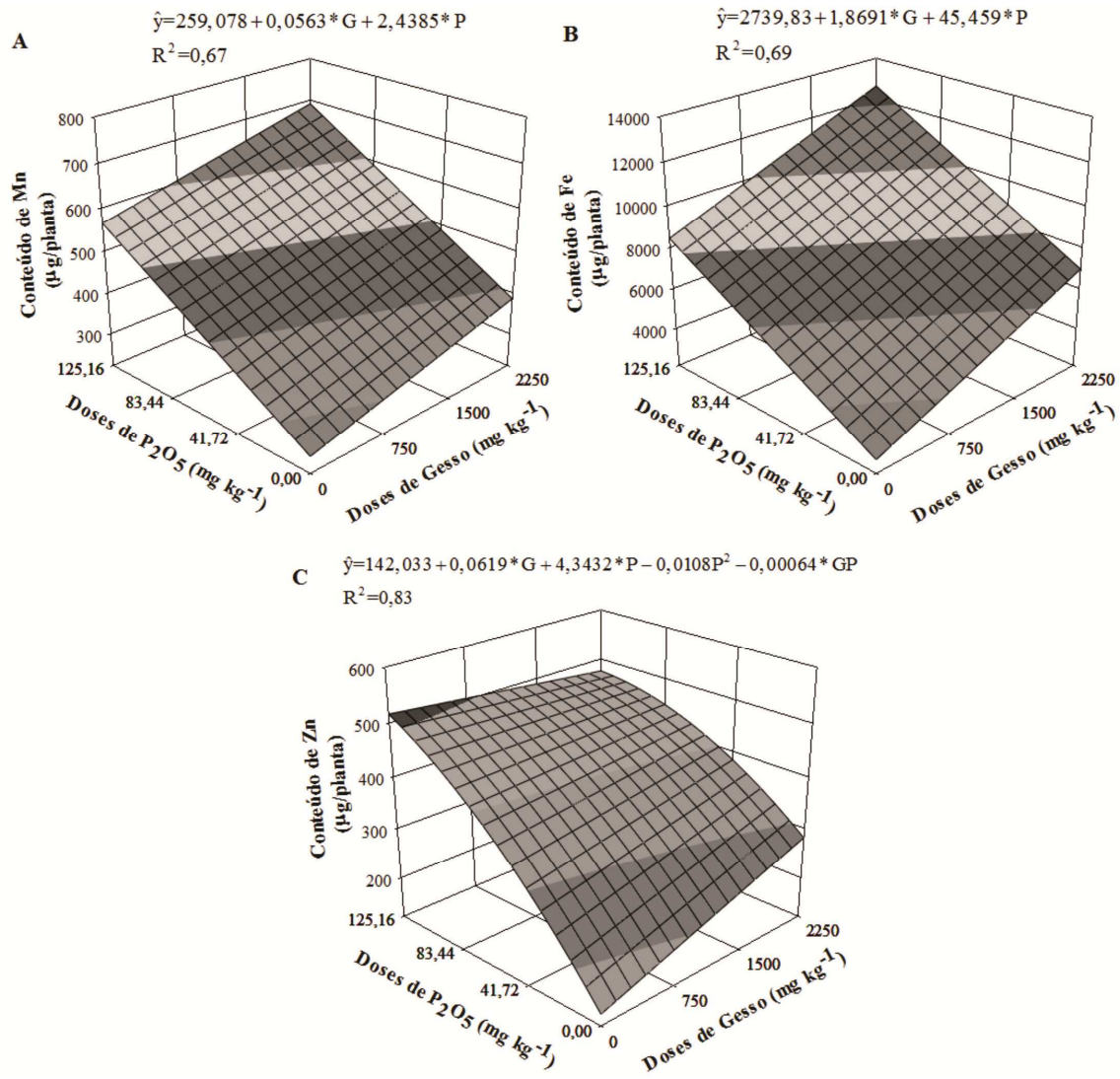

FIGURA 7. Conteúdo de micronutrientes na parte aérea da aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

QUADRO 4. Conteúdo máximo de micronutrientes na aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Parte aérea				Raiz			
Nutriente	Conteúdo (µg/planta)	Dose determinante		Nutriente	Conteúdo (µg/planta)	Dose determinante	
		Gesso	P			Gesso	P
Cu	ȳ= 54,7	2250	125,16	Cu	79	1305	107
Fe	12635	2250	125,16	Fe	14129	2250	125,16
Mn	691	2250	125,16	Mn	269	2250	109
Zn	475	2250	125,16	Zn	102	1846,4	97,4

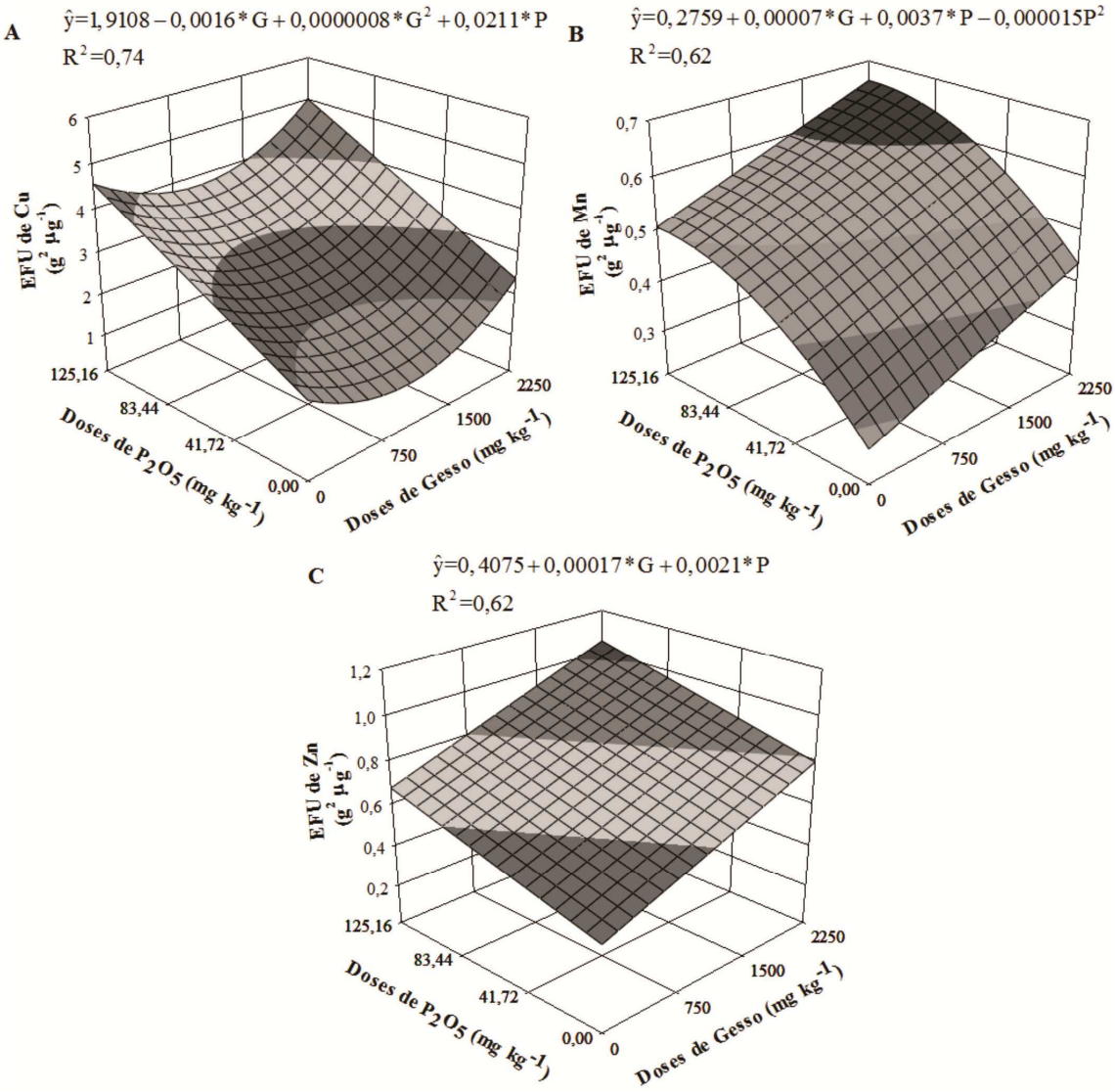

FIGURA 8. Eficiência de uso de micronutrientes pela aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Em plantas de *P. dubium*, estudada sob doses de N e P_2O_5, Souza et al., (2012) também observaram alto acúmulo de Fe e Mn na parte aérea (790,2 e 542,3 μg/planta, respectivamente), porém baixa eficiência de uso (0,03 e 0,07 g^2 μg^{-1}, respectivamente). Alta eficiência de uso de Fe e Mn foi observada nas espécies *Vismia japurensis, Bellucia grossularioides* e *Laetia procera* quando submetidas ao efeito da aplicação P+calcário e P+calcário+gesso ao solo (SILVA et al., 2006). *L. procera* se destacou em relação às demais quanto a eficiência de utilização de Zn.

QUADRO 5. Máxima eficiência de uso micronutrientes (g^2 μg^{-1}) na aroeirinha aos 165 dias após transplante, em função de doses de gesso e P_2O_5. Dourados/MS, 2013.

Nutriente	Máxima Eficiência	Dose determinante	
		Gesso	P_2O_5
Cu	5,0	2250	125,1
Fe	$\bar{y}$= 0,003	2250	125,1
Mn	0,6	2250	123,3
Zn	1,0	2250	125,1

De modo geral, a aroeirinha transloca, preferencialmente, seus nutrientes para parte aérea das plantas. Esse comportamento é típico de espécies de floresta (Ombrófila, Estacional), onde a disponibilidade de nutrientes no solo é maior quando comparado aos solos de vegetação de Cerrado. O gesso mostrou-se ótimo condicionador, melhorando as características químicas do solo e favorecendo a eficiência de uso dos nutrientes. Também potencializou o efeito do P, reduzindo a necessidade de aplicação de maiores doses de P_2O_5.

4 CONCLUSÕES

A combinação entre gesso e fósforo melhora o desempenho nutricional da aroeirinha, aumentando a aquisição e a eficiência de utilização de nutrientes.

O gesso e o fósforo devem ser utilizados em conjunto, minimizando a aplicação de doses mais elevadas de P_2O_5.

As doses de 2250 mg kg^{-1} de gesso e 117 mg kg^{-1} de P_2O_5 são indicadas para melhor eficiência nutricional da aroeirinha.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M. M. R; SANTOS, L. C. Tratamento da vaginose bacteriana com gel vaginal da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi): ensaio clínico randomizado. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 95-10, 2003.

ANDRADE, M. L. F.; BOARETTO, A. E. Deficiência nutricional em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, p. 383-392, 2012.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 253-280.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 275-286, 2003.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 39-47, 2004.

CUMMING, J. R.; SWIGER, T.; KURNIK, B. E.; PANNACCIONE, G. Organic acid exudation by *Laccaria bicolor* and *Pisolithus tinctorius* exposed to aluminium in vitro. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 31, p. 703-710, 2001.

DUARTE, M. R.; SCHRODER, L. M.; TOLEDO, M. G.; YANO, M.; MACHADO, A. A.; MODOLO, A. K. Anatomia foliar comparada de espécies de aroeira: *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 18-28, 2009.

EL-MASSRY, K. F.; EL-GHORAB, A. H.; SHAABAN, H. A. E SHIBAMOTO, T. Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of various samples prepared from *Schinus terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, p. 5265-5270, 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2 ed. Londrina: Planta, 2006. 402p.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 231 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the Cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 20, n. 3, p. 183-195, 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275p.

JESUS, N. B.; GOMES, L. J. Conflitos socioambientais no extrativismo da aroeira (*Schinus terebebinthifolius* Raddi), Baixo São Francisco - Sergipe/Alagoas. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 55-73, 2012.

JOHANN S.; CISALPINO, P. S.; WATANABE, G. A.; COTA, B. B.; SIQUEIRA, E. P.; PIZZOLATTI, M. G.; ZANI C. L.; RESENDE, M. A. Antifungal activity of extracts of some plants used in Brazilian traditional medicine against the pathogenic fungus *Paracoccidioides brasiliensis*. **Pharmaceutical Biology**, Hilo, v. 48, p. 388-96, 2010.

KÖPPEN, W. **Climatologia:** con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479p.

LIMA, A. M. N.; NEVES, J. C. L.; SILVA, I. R.; LEITE, F. P. Cinética de absorção e eficiência nutricional de K, Ca e Mg em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 903-909, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS (Associação Brasileira para a Pesquisa da Avaliação da Potassa e do Fosfato), 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic, 1997. 889p.

MARTINOIA, E.; MASSONNEAU, A.; FRANGNE, N. Transport processes of solutes across the vacuolar membrane of higher plants. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v. 41, n. 11, p. 1175-1186, 2000.

OLSEN, S. R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Eds.). **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 243-264.

PEREIRA, F. R. S. **Gesso de minério associado a fontes de fósforo na cultura do milho em sistema plantio direto no estado de Alagoas**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP.

PRATT, J.; BOISSON, A. M; GOUT, E; BLIGNY, R; DOUCE, R; AUBERT, S. Phosphate (Pi) starvation effect on the cytosolic Pi concentration and Pi exchanges across the tonoplast in plant cells: an in vivo 31P-nuclear magnetic resonance study using methylphosphonate as a Pi analog. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 151, p. 1646–1657, 2009.

RASCIO, N.; NAVARI-IZZO, F. Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? **Plant Science**, Limerick, v. 180, p. 169-181, 2011.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate transport and signaling. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 3, p. 182-187, 2000.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; MUNIZ, J. A.; FARIA, M. R. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 160-173, 2000.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 797-805, 2000.

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

SIDDIQI, M.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 4, p. 289-302, 1981.

SILVA, C. E. M.; GONÇALVES, J. F.; FELDPAUSCH, T. R.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, R. R.; RIBEIRO, G. O. Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, n. 4, p. 503-512, 2006.

SILVA, F. C.; ABREU, M. F.; PEREZ, D. V.; EIRA, P. A.; ABREU, C. A.; RAIJ, B. Van; GIANELLO, C.; COELHO, A. M.; QUAGGIO, J. A.; TEDESCO, M. J.; SILVA, C. A.; CANTARELLA, H.; BARRETO, W. O. Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: SILVA, F. C. (Ed.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, E. F. Estudo nutricional da canafístula (II): eficiência nutricional em função da adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 803-812, 2012.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: MANLIO, S.F. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.299-325.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo comprovamos que a aroeirinha possui alta eficiência nutricional, mas está condicionada à melhoria nas características químicas do solo, proporcionada pela associação entre as doses de gesso e P_2O_5. Seu desempenho nutricional é demonstrado por meio do crescimento vegetal, com máxima expressão dos caracteres vegetativos nas maiores doses utilizadas. Por outro lado, a avaliação nutricional quanto aos teores, acúmulo e eficiência de utilização de nutrientes, demonstrou que, quando o gesso é associado ao P, o ponto de máximo é reduzido, diminuindo assim, a necessidade de aplicação de altas doses de P_2O_5 no solo. No entanto, recomenda-se que a aplicação de gesso seja parcelada, para que não ocorram perdas significativas de alguns nutrientes pela lixiviação.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Lisímetros confeccionados com tubos de PVC de 150 mm. Cada lisímetro foi montado com 6 anéis de 10 cm cada.

APÊNDICE B. Local do experimento. Ambiente protegido com cobertura de polietileno transparente e laterais com tela de sombrite de 50% de sombreamento

APÊNDICE C. Distribuição do sistema radicular da aroeirinha nas diferentes profundidades, sem adição de gesso e P_2O_5 (à esquerda) e com adição de 2250 mg kg^{-1} de gesso e 125,1 mg kg^{-1} de P_2O_5 (à direita), aos 165 dias após o transplante.