

CEZAR AUGUSTO FONSECA E CRUZ

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub
(CANAFÍSTULA) E *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin&Barnaby
(FEDEGOSO) EM RESPOSTA A MACRONUTRIENTES.**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C957p
2007

Cruz, Cezar Augusto Fonseca e, 1979-
Produção de mudas de *Peltophorum dubium* (Spring.)
Taub (Canafístula) e *Senna macranthera* (DC. Ex Collad.)
H. S. Irwin&Barnaby (Fedegoso) em resposta a macro-
nutrientes / Cezar Augusto Fonseca e Cruz. – Viçosa, MG,
2007.

xi, 200f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Árvores - Mudas - Crescimento. 2. Plantas florestais.
3. Mudas - Nutrição. 4. Mudas - Qualidade. 5. Plantas e
solo. 6. *Senna macranthera*. 7. *Peltophorum dubium*.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

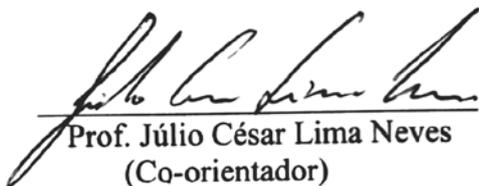
CDO adapt. CDD 634.92324251

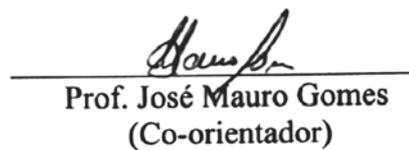
CEZAR AUGUSTO FONSECA E CRUZ

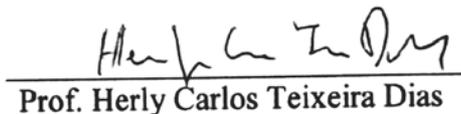
**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub
(CANAFÍSTULA) E *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin&Barnaby
(FEDEGOSO) EM RESPOSTA A MACRONUTRIENTES.**

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

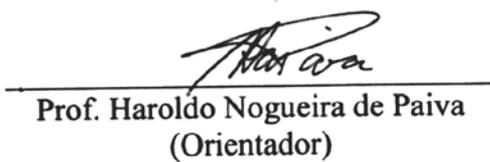
APROVADA: 23 de julho de 2007


Prof. Júlio César Lima Neves
(Co-orientador)


Prof. José Mauro Gomes
(Co-orientador)


Prof. Herly Carlos Teixeira Dias


Prof. Sebastião Venâncio Martins


Prof. Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

Aos meus pais Cezar e Wanda.

À minha noiva Natane.

Aos meus sogros Giovaldir e Aparecida.

Aos meus amigos Catarina e Felipe.

Ao Prof. Haroldo Nogueira de Paiva.

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, pois sem ele olhando os meus caminhos nada disso teria sido possível e, aos meus pais, grandes incentivadores e grandes torcedores também, por terem feito todo o possível para me ajudar durante esta caminhada.

À minha noiva Natane, por me conceder todo o seu amor incondicional, e ter participado junto comigo da montagem desta pesquisa, além de me apoiar nos momentos de dificuldade.

Ao meu futuro sogro, grande parceiro, por ter me ajudado também na colheita do experimento e, juntamente com a minha futura sogra ter me incentivado e me apoiado durante todo o caminho.

À minha amiga Catarina, grande parceira de jornada, por ter aberto mão de seu tempo para me ajudar na montagem e colheita do experimento, tendo sempre estado a par e incentivado em seu desenvolvimento.

Ao meu amigo Felipe, grande “Apolônio”, por na hora de necessidade, ter se disposto a me ajudar, tornando possível a conclusão deste trabalho.

Aos funcionários do Viveiro do DEF, por seu profissionalismo, e terem tornado possível a realização, com sucesso, desta dissertação.

Ao Prof. Haroldo, pela paciência, atenção e orientação dadas para que este trabalho fosse feito da melhor maneira possível.

Aos meus colegas do programa de Pós-Graduação, pelo convívio e companheirismo.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal, pela atenção e dedicação durante as disciplinas ministradas.

À todos que direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

Ao CNPq pela bolsa concedida e ao projeto PRODETAB 130-02/01 pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal de Viçosa, pelo oferecimento do curso.

BIOGRAFIA

CEZAR AUGUSTO FONSECA E CRUZ, filho de Cezar Ferreira Cruz e Wanda Maria da Fonseca Ferreira Cruz, nasceu no dia 23 de maio de 1979, na cidade de São José dos Campos, estado de São Paulo. Concluiu o primeiro e segundo graus em Pouso Alegre, MG. Em março de 1999 ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), graduando-se em julho de 2004. Iniciou o programa de Pós-Graduação em nível de mestrado, em Ciência Florestal, da UFV, submetendo-se à defesa da dissertação em julho de 2007.

Atualmente trabalha, como Analista Ambiental, no Instituto Estadual de Florestas – IEF, estando lotado no Núcleo Operacional de Florestas, Pesca e Biodiversidade de Poços de Caldas, no Sul de Minas, tendo ingressado na referida autarquia em julho de 2006.

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------|
| RESUMO | viii |
| ABSTRACT | x |
| CAPITULO 1. RESPOSTAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS À APLICAÇÃO DE MACRONUTRIENTES AO SUBSTRATO..... | 01 |
| 1. Introdução geral | 01 |
| 2. Revisão de Literatura | 03 |
| 2.1. Os macronutrientes no solo e na planta: Funções e respostas à adubação | 03 |
| 2.1.1. Nitrogênio (N) | 03 |
| 2.1.1.1. Nitrogênio no solo | 04 |
| 2.1.1.2. Nitrogênio na planta | 05 |
| 2.1.1.3. Respostas de diferentes espécies florestais à adubação nitrogenada | 07 |
| 2.1.2. Fósforo (P) | 11 |
| 2.1.2.1. Fósforo no solo | 11 |
| 2.1.2.2. Fósforo na planta | 13 |
| 2.1.2.3. Respostas de diferentes espécies florestais à adubação fosfatada | 14 |
| 2.1.3. Potássio (K) | 19 |
| 2.1.3.1. Potássio no solo | 19 |
| 2.1.3.2. Potássio na planta | 21 |
| 2.1.3.3. Respostas de diferentes espécies florestais à adubação potássica | 23 |
| 2.1.4. Cálcio e Magnésio (Ca e Mg) | 28 |
| 2.1.4.1. Cálcio e Magnésio no solo | 28 |
| 2.1.4.2. Cálcio e Magnésio na planta | 29 |
| 2.1.4.3. Respostas de diferentes culturas à adição de Cálcio e Magnésio ao substrato | 35 |
| 2.1.4.3.1. Respostas de espécies florestais à calagem | 36 |
| 2.1.4.3.1.1. Efeitos da relação Ca:Mg do corretivo | 40 |
| 2.1.5. Enxofre (S) | 41 |
| 2.1.5.1. Enxofre no solo | 42 |

| | |
|--|------------|
| 2.1.5.2. Enxofre na planta | 43 |
| 2.1.5.3. Respostas de diferentes espécies florestais à adubação com enxofre | 45 |
| 3. CONCLUSÃO | 50 |
| 4. REFERÊNCIAS | 51 |
| CAPITULO 2. PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Peltophorum dubium</i> (SPRENG.) TAUB. (CANAFÍSTULA) EM RESPOSTA A MACRONUTRIENTES | 59 |
| RESUMO | 59 |
| 1. INTRODUÇÃO | 60 |
| 2. METODOLOGIA | 62 |
| 2.1. Área de estudo | 62 |
| 2.2. Tratamentos | 63 |
| 2.3. Análise dos dados | 64 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 66 |
| 3.1. Resultados da análise dos contrastes ortogonais | 66 |
| 3.2. Resultados observados na análise de regressão | 71 |
| 3.2.1. Altura da parte aérea | 71 |
| 3.2.2. Diâmetro do coleto | 76 |
| 3.2.3. Produção de matéria seca | 82 |
| 3.2.4. Índices de qualidade de mudas | 100 |
| 3.2.4.1. Relação altura da parte aérea por diâmetro do coleto (H/D) | 100 |
| 3.2.4.2. Relação altura da parte aérea pelo peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) | 103 |
| 3.2.4.3. Relação peso de matéria seca da parte aérea pelo peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) | 107 |
| 3.2.4.4. Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) | 110 |
| 4. CONCLUSÃO | 114 |
| 5. REFERÊNCIAS | 116 |
| CAPITULO 3. PRODUÇÃO DE MUDAS DE FEDEGOSO (<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Barnaby) EM RESPOSTA A MACRONUTRIENTES | 122 |
| RESUMO | 122 |
| 1. INTRODUÇÃO | 123 |
| 2. METODOLOGIA | 125 |
| 2.1. Área de estudo | 125 |
| 2.2. Tratamentos | 126 |
| 2.3. Análise dos dados | 127 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 129 |
| 3.1. Resultados da análise dos contrastes ortogonais | 129 |
| 3.2. Resultados observados na análise de regressão | 134 |
| 3.2.1. Altura | 134 |
| 3.2.2. Diâmetro | 140 |
| 3.2.3. Produção de matéria seca | 147 |
| 3.2.4. Índices de qualidade de mudas | 162 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.4.1. Relação altura da parte aérea por diâmetro do coleto (H/D) | 162 |
| 3.2.4.2. Relação altura da parte aérea pelo peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA) | 165 |
| 3.2.4.3. Relação peso de matéria seca de parte aérea pelo peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) | 169 |
| 3.2.4.4. Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) | 172 |
| 4 – CONCLUSÃO | 175 |
| 5 – REFERÊNCIAS | 177 |
| CONCLUSÃO GERAL | 183 |
| APÊNDICE | 184 |

RESUMO

CRUZ, Cezar Augusto Fonseca e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2007. **Produção de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Canafístula) e *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin&Barnaby (Fedegoso) em resposta a macronutrientes.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-orientadores: Júlio César Lima Neves e José Mauro Gomes.

Peltophorum dubium (Canafístula) é uma Fabaceae-Caesalpinioideae, de rápido crescimento e rusticidade. Da mesma forma que *Senna macranthera* (Fedegoso), que têm grande ocorrência natural, ambas as espécies tem grande potencial para uso na recuperação de áreas degradadas. Devido à grande necessidade de informações sobre a nutrição de espécies florestais, avaliou-se o efeito de doses de N, P, K, Ca, Mg e S sobre o crescimento, produção de biomassa e sobre os índices de qualidade de mudas H/D, H/MSPA, MSPA/MSR e IQD das espécies estudadas. No trabalho conduzido em casa de vegetação foram utilizadas amostras de Latossolo vermelho amarelo distrófico, Latossolo vermelho amarelo álico e Argissolo vermelho amarelo, retiradas da camada abaixo de 20 cm, secos ao ar, peneirados e caracterizados quimicamente. Delimitou-se o trabalho por meio de uma matriz baconiana, avaliando-se três doses dos seis macronutrientes e dois tratamentos adicionais, um com doses de referência e outro sem adição de nutrientes. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições, num total de 240 unidades amostrais para cada uma das espécies estudadas. Colhidas as plantas, verificou-se, através de análise dos contrastes ortogonais, resposta significativa de todas as variáveis estudadas à aplicação dos macronutrientes, com exceção da relação H/D no latossolo vermelho-amarelo álico e, para os tratamentos P, Ca e S no argissolo vermelho-amarelo. Não foi possível determinar para todas as diferentes variáveis analisadas, a dose crítica

(DC) dos nutrientes, verificando-se, ainda, a necessidade de maior diferenciação entre as doses testadas para obter maior eficiência na determinação de DC. O uso de uma testemunha por nutriente testado permitirá uma melhor visão do que ocorre com as plantas de *Peltophorum dubium* e *Senna macranthera* em resposta à adição dos mesmos. É interessante, ainda, no caso da espécie *Senna macranthera*, aumentar o tempo experimental, devido ao crescimento mais lento verificado na espécie, comparativamente à outras já estudadas.

ABSTRACT

CRUZ, Cezar Augusto Fonseca e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2007. **Production of *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Canafístula) and *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin&Barnaby seedlings in response to the macronutrientes.** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-advisers: Júlio César Lima Neves and José Mauro Gomes.

Peltophorum dubium (Canafístula) is a Fabaceae-Caesalpinioideae, with fast growth and rusticity. Just as *Senna macranthera* (Fedegoso), which have large natural occurrence, both species has great potential for use in the recovery of degraded areas. Due to the great need of information about the nutrition of the forest species, the effect of doses of N, P, K, Ca, Mg and S on the growth, biomass production, and on the indexes of quality of seedlings H/D, H/MSPA, MSPA/MSR and IQD of this two species was evaluated. In the work made in a vegetation house, was used samples of a dystrophic red-yellow latosol; an allic red-yellow latosol and a red-yellow paleudalfsoil, retreats of the layer below 20 cm, air dry, drizzled and chemically characterized. The work was delimited through a baconiana matrix, being evaluated three doses of the six macronutrientes and two additional treatments, one with reference doses and other without addition of nutrients. Completely randomized design was adopted with 4 repetitions, in a total of 240 sample units to each one of the studied species. The plants were picked and was verified through analysis of the ortogonais contrasts a significant answer of all the variables studied to the application of the macronutrientes, except for the relationship H/D in the red-yellow latossolo álico and for the treatments P, Ca and S in the red-yellow argissolo. It was not possible to determine for all the different analyzed variables, the critical dose

(DC) of the nutrients, being still verified the need of larger differentiation among the doses tested to obtain larger efficiency in the determination of DC. Being used a witness by tested nutrient can still be had a better vision of what happens with the *Peltophorum dubium* and *Senna macranthera* plants in response to the addition of the same ones. Interestingly even in the case of *Senna macranthera*, increasing the experimental trial, due to slower growth recorded in the species, compared to the others already studied.

CAPÍTULO 1. RESPOSTAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS À APLICAÇÃO DE MACRONUTRIENTES AO SUBSTRATO

1. INTRODUÇÃO GERAL

É comum em algumas propriedades rurais do Estado de Minas Gerais, a ocorrência de pastagens degradadas em decorrência do manejo inadequado, com conseqüências bastante prejudiciais, como perda do solo por erosão e baixa retenção da água da chuva. Nas regiões com topografia acidentada, esse problema tende a se agravar, como é o caso da Zona da Mata mineira e da região do Rio Doce (CARVALHO, 1997).

O uso de árvores aparece como uma tecnologia para evitar a degradação das pastagens nas áreas de topografia acidentada devido ao seu potencial para controle da erosão, aumento da capacidade de infiltração de água no solo e incremento da disponibilidade de nutrientes, especialmente nitrogênio quando do uso de espécies com capacidade de associar-se com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico.

Renó et al. (1993) destacam, no entanto, que o sucesso do uso de espécies florestais nativas, notadamente em projetos de recuperação de áreas degradadas, depende de um melhor conhecimento dos requerimentos nutricionais dessas plantas. A utilização de espécies florestais arbóreas nativas no reflorestamento requer, dessa forma, que sejam feitos estudos mais detalhados sobre as exigências nutricionais e as respostas à adubação dessas espécies, para que se façam adequadas recomendações de adubação.

Paron et al. (1996) afirmaram que diversas espécies nativas do Sudeste brasileiro estudadas até o presente são promissoras para o repovoamento de áreas onde a vegetação foi retirada, desde que suas exigências nutricionais e as limitações para o crescimento em plantios planejados sejam conhecidas. Em áreas degradadas, a reconstituição da vegetação pode se dar pelo crescimento das árvores remanescentes ou através do plantio de novas mudas, o que exige o conhecimento do comportamento nutricional das espécies utilizadas com esta finalidade.

Geralmente, os solos a serem reflorestados possuem características químicas diferentes que, associadas ao grande número de espécies florestais nativas com comportamentos nutricionais distintos (SIQUEIRA et al., 1998), indicam que a obtenção de informações a respeito das demandas nutricionais e a resposta dessas espécies à fertilização são de fundamental importância (FERNANDES et al., 2000).

Informações sobre exigências nutricionais de espécies florestais, em especial espécies nativas, são escassas (CARPANEZZI et al., 1976), apesar de deficiências minerais e distúrbios de crescimento em espécies tropicais e subtropicais usadas em reflorestamentos serem observadas (DRECHSEL; ZECH, 1991). Segundo Mann et al. (1996), além das exigências nutricionais, deve-se observar a sensibilidade das espécies a diferentes condições de estresse químico ou físico. O conhecimento sobre espécies florestais nativas, no que diz respeito aos requerimentos nutricionais e à capacidade de adaptação a ambientes distintos é ainda incipiente, e só recentemente maior atenção tem sido dispensada a elas (RESENDE et al., 1996).

As diferentes espécies arbóreas florestais possuem exigências nutricionais diferenciadas. O conhecimento do crescimento das plantas em viveiro, quando são variados os fatores de produção, é importante para produzir mudas de qualidade e em quantidade, com menor custo, ressaltando-se que um dos grandes problemas quando da produção de mudas foi e continua sendo o uso da adubação ideal.

De acordo com Neves (1983), as diferentes condições e hábitos de crescimento das espécies vegetais, bem como suas exigências nutricionais, são fatores que explicam o freqüente insucesso das recomendações de adubação para determinada cultura baseadas em resultados experimentais obtidos em diferentes condições de solo e planta. Nesse sentido, o estudo sobre a determinação de doses críticas dos diferentes nutrientes para cada espécie colabora para o aumento do sucesso das recomendações de adubação. A dose crítica para um dado nutriente é definida, por alguns autores, como aquela recomendada para ser aplicada ao substrato e abaixo da qual a produção de dada espécie é sensivelmente limitada.

O objetivo deste trabalho foi compilar informações a respeito do comportamento dos macronutrientes no solo e nas plantas, bem como das respostas de diferentes espécies arbóreas à aplicação de doses dos macronutrientes, a fim de subsidiar o trabalho, em que se procurou determinar as doses críticas dos macronutrientes para produção de mudas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) e *Senna macranthera* (fedegoso).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Os Macronutrientes no solo e na planta: Funções e respostas à adubação

2.1.1. Nitrogênio (N)

O nitrogênio é, de maneira geral, o nutriente mais exigido pelas plantas (FAQUIN, 1994; RAIJ, 1991). Por ser um elemento afetado por uma dinâmica complexa e que não deixa efeitos residuais diretos das adubações, o manejo adequado da adubação nitrogenada é dos mais difíceis (RAIJ, 1991). O nitrogênio exerce os efeitos mais rápidos e pronunciados sobre as plantas, estimulando-lhes o crescimento vegetativo (COELHO, 1975). Para Malavolta et al. (1997), o nitrogênio é importante ao metabolismo das plantas, principalmente como elemento integrante das proteínas vegetais, em suas relevantes funções como enzima, como reserva ou, mesmo, como constituinte da matéria viva. Ainda segundo esses mesmos autores, a sua importância é tal que, ocorrendo deficiência, há diminuição na quantidade de clorofila, o que, de acordo com Magalhães (1979), é o mais importante componente específico dos cloroplastos, além de se poder esperar alterações nos mesmos. A função básica do nitrogênio nas plantas é estimular o crescimento vegetativo, sendo responsável pela cor verde-escura da sua folhagem, quando bem nutridas (COELHO, 1975).

O ar atmosférico, com aproximadamente 79% de N na forma de N₂, pode ser considerado a principal fonte natural para as plantas, sendo, no entanto, um forma gasosa e não diretamente aproveitável pelas mesmas (FAQUIN, 1994).

2.1.1.1. Nitrogênio no solo

O nitrogênio pode ser encontrado nos solos em quantidades consideráveis, principalmente nas formas orgânicas, e os dois principais mecanismos que garantem a transferência desse N para o solo são a: Fixação Biológica (FBN) e a Fixação Atmosférica (FAN) (RAIJ, 1991). Ainda segundo esse mesmo autor, no caso da FAN esta se dá pela transformação do N elementar em óxidos por descargas elétricas na atmosfera, sendo, então, convertidos em ácido nítrico, que chega ao solo por meio das chuvas.

A FBN pode se dar por microorganismos livres, existindo bactérias, fungos e algas capazes de efetuá-la, ocorrendo uma fixação simbiótica através da formação de nódulos nas raízes de leguminosas que transferem o nitrogênio fixado do ar, transformado em formas metabolizáveis para a planta hospedeira (RAIJ, 1991). A utilização de leguminosas em sistemas agroflorestais é de considerável importância, dada a sua capacidade de associação a bactérias fixadoras de N₂ atmosférico, possibilitando a manutenção de níveis adequados de N no solo, sem o uso de fertilizantes nitrogenados (EMBRAPA, 1997)

Em solos adubados, outra fonte de nitrogênio são os adubos minerais, que contém o nutriente retirado do ar através de processos de fixação química (RAIJ, 1991), denominado Fixação Industrial (FAQUIN, 1994), estando o nutriente fixado por meio desse processo também nas formas aproveitáveis pelas plantas.

As formas metabolizáveis pelas plantas, que são também as de maior interesse para a nutrição vegetal, vêm a ser as formas combinadas N-NH₄⁺ (amônio) e N-NO₃⁻ (nitrato) (MARSCHNER, 1995). Segundo Miranda et al. (1996), a maioria das plantas agrícolas absorve preferencialmente N-nítrico, embora fatores como a idade da planta e condições ambientais possam alterar esse comportamento. Estes mesmos autores, avaliando diferentes relações NH₄⁺/NO₃⁻ em solução nutritiva afetando o crescimento de mudas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão), constataram que o crescimento em altura, do diâmetro do coleto, bem como a produção de matéria seca de parte aérea e de raízes foram favorecidas pelo fornecimento simultâneo de nitrogênio tanto na forma amoniacal

quanto nítrica. No entanto, segundo os mesmos autores, com relação às espécies arbóreas florestais, notadamente as nativas e particularmente as que ocorrem no semi-árido brasileiro, não se encontram na literatura informações a respeito do seu padrão de absorção de N nítrico e,ou, amoniacal, bem como dos seus efeitos sobre os parâmetros de crescimento.

O nitrato é a principal forma de N mineral nos solos cultivados (CLARKE; BARLEY, 1968), pois o amônio proveniente da decomposição da matéria orgânica ou adicionado ao solo como fertilizante é gradativamente convertido em nitrato (DELÚ FILHO et al., 1997). A nitrificação é um processo em geral rápido em solos bem drenados, ocorrendo em poucas semanas, sendo que valores de pH mais altos e boa aeração do solo favorecem o processo (RAIJ, 1991).

2.1.1.2. Nitrogênio na planta

Na planta, o nitrogênio é inicialmente reduzido à forma amoniacal e combinado com cadeias orgânicas na formação do ácido glutâmico, este incluído em mais de uma centena de aminoácidos, dos quais cerca de vinte são usados na formação de proteínas que participam como enzimas nos processos metabólicos das plantas, tendo por isso uma função mais funcional do que estrutural (RAIJ, 1991).

O nitrogênio é o nutriente mais abundante nas plantas (COELHO, 1975) apresentando-se, de maneira geral, em teores que variam de 20 a 50 g/kg da matéria seca (FAQUIN, 1994). Trabalhando com mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) cultivadas em solução nutritiva, Silva e Muniz (1995) encontraram, em plantas submetidas ao tratamento completo, um teor de nitrogênio nas folhas normais no valor de 34,5 g/kg, enquanto no tratamento sem adição do nutriente o teor encontrado nas folhas foi de 11,3 g/kg. Já Muniz e Silva (1995) trabalhando com mudas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa), também cultivadas em solução nutritiva, encontraram teores de nitrogênio nas folhas de 27,3 g/kg no tratamento completo e 12,4 g/kg no tratamento com ausência de nitrogênio.

Malavolta (1987) propôs concentrações foliares de nitrogênio variando de 14 a 16 g/kg para o gênero *Eucalyptus*, enquanto Maffeis et al. (2000) encontraram para *Eucalyptus citriodora*, em todos os tratamentos testados, valores mais baixos.

Em mudas de *Schizolobium amazonicum* (Paricá) cultivadas em solução nutritiva, Marques et al. (2004) verificaram teores de nitrogênio nas folhas que variaram de 24,80

g/kg no tratamento completo a 30,50 g/kg no tratamento com omissão do nutriente. De acordo com esses autores, no caso do paricá houve efeito de concentração devido à baixa produção de biomassa da espécie na ausência do nutriente, explicando, assim, o maior teor encontrado sob omissão do mesmo. Ao contrário, mudas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) cultivadas em um Cambissolo apresentaram teores do nutriente nas folhas, que vão de 28,9 g/kg no tratamento completo, caindo para 13,6 g/kg no tratamento em que se omitiu o nutriente (MENDONÇA et al., 1999).

Venturin et al. (1999) produziram mudas de *Peltophorum dubium* (angico-amarelo) em Latossolo Vermelho-Amarelo, verificando para esta espécie um teor de nitrogênio na matéria seca de parte aérea de 16,2 g/kg no tratamento completo, caindo para 7,3 g/kg com a omissão do nutriente. Estes valores são muito próximos aos verificados para mudas de *Hymenaea courbaril* (Jatobá) no mesmo tipo de solo, tendo nesta espécie sido encontrados valores de 15,2 g/kg e 7,1 g/kg do nutriente na matéria seca de parte aérea respectivamente (DUBOC et al., 1996a).

Também mudas de *Copaifera langsdorffii* (óleo copaíba) apresentaram teores muito próximos aos encontrados nas duas espécies anteriores, tendo sido cultivadas da mesma forma em um Latossolo Vermelho-Amarelo, com teores de nitrogênio na parte aérea de 20,6 g/kg no tratamento completo, caindo para 8,2 g/kg no tratamento em que se omitiu o nutriente (DUBOC et al., 1996b).

Ambas as formas minerais (níttrica e amoniacal) do nitrogênio são rapidamente absorvidas pelas raízes das plantas, sendo que o controle da maior absorção de uma forma em relação à outra é acompanhada por variações no pH do meio (FAQUIN, 1994). O N absorvido pelas raízes é transportado via xilema para a parte aérea via corrente transpiratória, e a forma na qual é transportado depende da forma em que foi absorvido e do metabolismo das raízes (MARSCHNER, 1995). De acordo com esse mesmo autor, o nutriente é facilmente redistribuído nas plantas via floema, na forma de aminoácidos, sendo que quando o suprimento de nitrogênio pelo meio é insuficiente, ele é mobilizado das folhas mais velhas para os órgãos e folhas mais novas, sendo esta a causa do aparecimento dos sintomas de deficiência neste nutriente primeiramente nas folhas mais velhas. Segundo Rajj (1991), o fato de as folhas mais novas das plantas conservarem-se verdes, em condições de deficiência de nitrogênio, é um indicativo da mobilidade do nutriente na planta.

A proteólise das proteínas sob condição de deficiência de nitrogênio e a redistribuição dos aminoácidos resultam no colapso dos cloroplastos, e assim ocorre

decréscimo no conteúdo de clorofila (MARSCHNER, 1995). Por isso, plantas deficientes desse nutriente apresentam-se amareladas e com crescimento reduzido (RAIJ, 1991).

O sintoma característico da deficiência de nitrogênio nas plantas é uma clorose (amarelecimento) começando nas folhas mais velhas, permanecendo, inicialmente, as novas verdes em consequência da já mencionada redistribuição do nutriente dentro da planta (FAQUIN, 1994).

Silva e Muniz (1995) observaram que mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) cultivadas em solução nutritiva, na ausência de nitrogênio, manifestavam inicialmente a perda da coloração verde natural das folhas, que, de acordo com os autores, foi substituída pela coloração verde-citrina das folhas mais velhas. Ainda segundo estes autores, no mesmo trabalho, com o progredir dos sintomas, todas as folhas tiveram amarelecimento generalizado, incluindo as nervuras, além da redução no crescimento do sistema radicular e da parte aérea das mudas.

Em mudas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão), Mendonça et al. (1999) verificaram que a omissão de nitrogênio causou clorose nas folhas mais velhas no terceiro mês após a repicagem, e no quarto mês as plantas mostraram clorose generalizada.

No caso de *Eucalyptus citriodora* cultivado em solução nutritiva, Maffeis et al. (2000) confirmaram os sintomas visualizados nos trabalhos anteriores, tendo apresentado inicialmente uma coloração verde-clara nas folhas mais velhas inicialmente, que, com o passar do tempo, progredia para um amarelecimento generalizado, proporcionando rápida senescência das folhas.

A redução no crescimento na ausência de nitrogênio meio de crescimento também foi constatada por Braga et al. (1995) em seu trabalho com mudas de *Tibouchina granulosa* (quaresmeira) e *Acacia mangium* cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, bem como por Carniel et al. (1993), que detectaram menor crescimento de mudas de *Senna macranthera* (fedegoso) e *Peltophorum dubium* (angico amarelo) sob omissão de nitrogênio quando cultivados em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa.

2.1.1.3. Respostas de diferentes espécies arbóreas florestais à adubação nitrogenada

Demonstrando o efeito positivo da adubação nitrogenada na produção das mudas de espécies florestais, Crestana et al. (1995) observaram efeito positivo do adubo nitrogenado para altura e diâmetro de plantas de *Esenbeckia leiocarpa* (guarantã) quando aplicaram a dose de 4 g de uréia. No entanto, os mesmos autores notaram que, para os parâmetros número de folhas e sobrevivência, o melhor efeito foi obtido quando da não aplicação de fertilizante nitrogenado. Em mudas de *Dinizia excelsa* (Angelinpedra) cultivadas em um Podzólico Vermelho-escuro de textura média, Oliveira et al. (1998) também verificaram que o N não exerceu efeito significativo em qualquer dos parâmetros avaliados, tanto na aplicação isolada quanto quando combinado com fósforo. Para estes mesmos pesquisadores, a ausência de resposta das plantas à adubação nitrogenada pode estar associada com o alto teor de matéria orgânica do solo utilizado, o qual, sofrendo processo de mineralização, deve ter fornecido N em quantidade suficiente para atender à demanda da planta nessa fase do crescimento.

Já em mudas de peroba rosa cultivada em solução nutritiva, Muniz e Silva (1995) detectaram que a ausência de nitrogênio na solução nutritiva foi um dos tratamentos que mais influenciaram, negativamente, o crescimento das plantas. Da mesma forma, Maffeis et al. (2000) verificaram, em mudas de *Eucalyptus citriodora* também produzidas em solução nutritiva, que nos tratamentos em que se omitiu N houve menor crescimento em altura quando comparado com a solução completa. Segundo os citados autores, o nitrogênio estimula o crescimento vegetativo, e em casos de baixo suprimento ocorre redução na produção de folhas (tamanho e número) e também no número de glândulas por cm² de limbo foliar, conforme verificado no referido estudo, com conseqüente redução na quantidade de óleo essencial produzida pela planta.

Apesar do verificado para estas duas espécies, mudas de *Hymenaea courbaril* (jatobá) cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo apresentaram-se pouco responsivas à omissão do nutriente quando da avaliação das características de crescimento, tendo os pesquisadores concluído que a espécie tem baixo requerimento nutricional para nitrogênio (DUBOC et al., 1996a). Essa baixa exigência é, de acordo com Clarkson (1985), devida ao fato de plantas de crescimento lento serem menos sensíveis às mudanças no ambiente nutricional, o que reflete uma taxa menos flexível de

crescimento. Contrastando com o verificado para o jatobá, em plantas de óleo copaíba cultivadas por Duboc et al. (1996b) verificou-se que a omissão de nitrogênio é limitante ao crescimento das plantas quando cultivadas no mesmo tipo de solo, afetando o crescimento em altura, diâmetro, produção de matéria seca, bem como o particionamento de matéria seca entre raiz e parte aérea.

Venturin et al. (1999) cultivando mudas de *Peltophorum dubium* (angico amarelo) em um Latossolo Vermelho Amarelo com baixa disponibilidade de nutrientes, verificaram que a omissão de nitrogênio promoveu menor crescimento em altura e diâmetro, bem como menor produção de matéria seca de parte aérea e do sistema radicular. Estes mesmos autores concluíram ainda, que a espécie utilizada apresenta elevada exigência nutricional por N. Em contrapartida, Braga et al. (1995) verificaram que mudas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa) cultivadas com omissão do nutriente não tiveram o crescimento em altura afetado, resultado que contrasta com o observado em angico amarelo com relação a esta mesma característica de crescimento. Eles destacaram ainda que a peroba rosa não apresentou elevada exigência nutricional em nitrogênio.

De forma semelhante ao verificado para peroba rosa, Paron et al., (1996) verificaram, cultivando mudas de *Aspidosperma olivaceum* (guatambu) e de *Copaifera langsdorffii* (copaíba) em Latossolo Vermelho escuro, que a adição de nitrogênio mineral não estimulou o crescimento destas espécies, não tendo as mesmas apresentado resposta significativa à adição do nutriente ao meio de crescimento. Contrastando com o verificado para o guatambu e a copaíba, mudas de *Peltophorum dubium* (angico amarelo) e de *Albizia lebbek* cultivadas no mesmo tipo de solo, responderam à adição de nitrogênio na forma mineral ao meio de crescimento (FARIA et AL., 1995a, b).

Bovi et al. (2002) observaram que mudas de pupunheira responderam positivamente à adubação com nitrogênio, tendo apresentado efeitos positivos no crescimento em diâmetro da haste principal das plantas, na porcentagem de plantas perfilhadas, bem como no número de perfilhos por planta, tendo os autores definido como dose ótima de N, para adubação desta espécie, 400 kg/ha/ano do nutriente. Também para mudas de *Eucalyptus grandis*, foi detectado, por Novais et al. (1980a), que o nitrogênio é essencial para o bom crescimento das mudas da espécie, tendo sido determinada pelos autores uma dose de 250 g de N/t de substrato utilizado para a produção das mudas e obtenção da altura máxima.

Da mesma forma que para a pupunheira e para o *E. grandis*, Renó et al. (1997) também verificaram, para quatro espécies florestais, que um adequado crescimento das plantas só será possível quando o solo for adequadamente adubado com nitrogênio, além de fósforo e enxofre, pois a omissão do N resultou em grande redução do crescimento das espécies estudadas, evidenciando-se dessa forma, a exigência das espécies quanto a este nutriente, bem como a incapacidade do solo utilizado, um Latossolo Vermelho Amarelo, em fornecê-lo. Já no caso da *Apuleia leiocarpa* (grápia), Nicoloso et al. (2001) constataram que a adubação nitrogenada, quando aplicada isoladamente ou associada ao fósforo, não alterou a altura de plantas durante todo o período de avaliação. Os mesmos autores destacaram que o efeito benéfico da adubação nitrogenada, quanto ao comprimento do sistema radicular, número de folhas, altura da planta, massa seca de folhas e total da planta, foi condicionado à aplicação conjunta de potássio, classificando, dessa forma, a espécie como medianamente exigente em nitrogênio quando na fase inicial de crescimento e cultivada em um argissolo vermelho distrófico arênico.

O benefício do uso da adubação nitrogenada sobre a produção de biomassa, número de folhas, e área foliar para mudas de *Quercus petraea* foi constatado por Berger e Glatzel (2001), destacando-se ainda, que de maneira geral, as adições de nitrogênio nas mudas da espécie estudada foram mais eficientes no solo com menor suprimento do nutriente, tendo ainda, em todos os tratamentos, a adubação nitrogenada levado a um aumento no teor do nutriente nas folhas e raízes finas. Já para mudas de *Dinizia excelsa*, Oliveira et al. (1998) verificaram que as doses de N aplicadas não influenciaram significativamente a concentração deste macronutriente no tecido vegetal das mudas, apesar de a concentração de N desta espécie ter sido semelhante à encontrada na literatura para outras espécies nativas.

No tocante a determinação de um nível crítico do nutriente para o desenvolvimento das plantas, Dias et al. (1991a) encontraram um valor de nível crítico foliar de 15,2 g/kg para mudas de *Acacia mangium* cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo álico de textura argilosa. O valor encontrado pelos autores anteriores foi inferior ao de 22,0 g/kg obtido para mudas de *Sclerolobium paniculatum* (táxi-branco) por Dias et al. (1992) no mesmo tipo de solo, tendo sido calculada uma dose de N para obtenção de 90% da máxima produção de matéria seca total, de 79 mg de N / dm³ de solo.

2.1.2. Fósforo (P)

Entre os macronutrientes, o fósforo é aquele exigido em menores quantidades pelas plantas, sendo, no entanto, o mais utilizado em adubação no Brasil (RAIJ, 1991). Isso se explica pelo fato de nas regiões tropicais e subtropicais, como acontece no Brasil, é o elemento cuja falta no solo mais freqüentemente limita a produção (RESENDE et al., 1999), acrescentando que mais de 90% das análises de solo no Brasil mostram teores de P disponível menores que 10 mg/dm³ (baixo), chegando, ainda, a 1 mg/dm³ ou menos nos solos de cerrado caracterizando, assim, o fósforo, de acordo com Novais e Smyth (1999), como um dos elementos mais limitantes à produção das culturas em solos tropicais devido à característica de “solo-dreno” que estes apresentam.

Uma reduzida disponibilidade de fósforo pode ser responsável pelo inadequado desenvolvimento das plantas em solos ácidos das regiões tropicais, devido ao fato de, em muitas áreas, os solos possuem elevada capacidade de fixação de P tornando a deficiência deste nutriente, o mais importante fator nutricional que restringe o crescimento vegetal (FURTINI NETO et al., 1999).

Segundo Fernandes et al. (2000) e Novais et al. (1980a), a baixa disponibilidade de fósforo nos solos tropicais é uma das causas que mais limita o crescimento e a produção florestal, tornando necessário o fornecimento deste nutriente às árvores via fertilização sistematicamente. Além disso, para a produção de mudas é comum o uso de substratos compostos de solos advindos de áreas com baixa disponibilidade deste nutriente (GOMES, 2002). Por isso, este elemento também se torna restritivo no tocante à produção de mudas de boa qualidade (NOVAIS et al., 1979).

Dessa forma, Raij (1991) afirma que, ao estudar o fósforo, torna-se necessário reconhecer as interações do nutriente com o solo e compreender a dinâmica das formas disponíveis para as plantas, de forma a se fazer uma melhor avaliação da disponibilidade de N no solo e orientar melhor a prática da adubação fosfatada.

2.1.2.1. Fósforo no solo

No solo, o P aparece nas formas orgânica e mineral, ocorrendo o P-orgânico em teores proporcionais à matéria orgânica (RAIJ, 1991), enquanto na forma mineral a proporção relativa dos compostos inorgânicos de fósforo (P-Ca, P-Al e P-Fe no caso dos solos ácidos comumente encontrados na maioria das condições do Brasil) é

condicionada pelo pH e pelo tipo e quantidade de minerais existentes na fração argila (FAQUIN, 1994). A solubilidade dos fosfatos de ferro e alumínio aumenta com o pH, enquanto a dos fosfatos de cálcio diminui, pois o sentido do aumento da solubilidade dessa forma de P aumenta com a redução do pH, fazendo com que, dessa forma, haja maior disponibilidade de fósforo em torno de pH 6 (RAIJ, 1991).

Para a nutrição das plantas, podem-se dividir as formas de P no solo em três frações: P-solução, P-lábil e P-não lábil, sendo que o primeiro pode ser definido de forma clara, embora de maneira difícil, com valores obtidos em geral baixos, da ordem de 0,1 mg/L de P sendo quase sempre inferiores a esse em decorrência da baixa solubilidade dos compostos de fósforo existentes no solo e da alta capacidade de adsorção do nutriente pelas partículas do solo (RAIJ, 1991). Ainda segundo este mesmo autor, o P-lábil está em equilíbrio rápido com o fósforo da solução, enquanto o P-não lábil é o responsável pela maior parte do P inorgânico do solo, sendo representado por compostos insolúveis e que só lentamente podem passar para uma forma mais disponível, o P-lábil.

Fosfatos adicionados ao solo como fertilizantes dissolvem-se, passando para a solução do solo, mas devido à baixa solubilidade dos compostos de P formados no solo e à forte tendência de adsorção pelo solo, a maior parte do nutriente passa para a fase sólida, onde fica em parte como P-lábil. Com o passar do tempo, no entanto, o fósforo adsorvido torna-se menos solúvel, ou menos lábil, o que vai ter importantes conseqüências práticas, pois resulta em diminuição da eficiência da adubação fosfatada aplicada ao solo (RAIJ, 1991).

O abaixamento do teor de P em solução se dá principalmente por absorção pelas plantas e, devido ao fato de o teor do nutriente na solução do solo ser muito baixo, a extensão do sistema radicular é de fundamental importância na sua absorção (RAIJ, 1991). A presença de micorrizas pode aumentar o volume de solo explorado pela planta e, conseqüentemente, a quantidade de fósforo absorvida, no entanto, ainda assim, é uma fração muito pequena do volume total do solo (RAIJ, 1991; FAQUIN, 1994). Entretanto, para espécies susceptíveis a associações com micorrizas, a baixa disponibilidade de nutrientes, como é o caso do fósforo nos nossos solos de maneira geral, favorece a formação destas associações, que podem se mostrar necessárias, em muitos casos, para um adequado crescimento das espécies florestais (PRITCHETT; FISHER, 1987, citados por PARON et al., 1996). Tal fato se dá em função do aumento do volume de solo explorado, permitindo que o sistema radicular das plantas possa

alcançar um suprimento de fósforo ainda não utilizado e que por isso não estaria disponível para as mesmas. Corroborando este fato, têm-se encontrado falta de resposta ao fósforo, mesmo em solos com baixos teores do nutriente, devido à presença de micorrizas, que atuam otimizando a absorção do fósforo que se encontra presente no solo (JANOS, 1977; HABTE, 1995; MARSCHNER, 1996).

2.1.2.2. Fósforo na planta

A quantidade de fósforo requerida para o ótimo crescimento das plantas varia, dependendo da espécie e do órgão analisado, entre 1 e 5 g/kg na matéria seca, sendo a sua exigência pelas plantas, de maneira geral, menor que a de N, K, Ca e Mg, igualando-se à do S (FAQUIN, 1994). Ainda segundo este mesmo autor, na faixa de pH do solo (4 a 7), o fósforo está presente predominantemente na forma de H_2PO_4^- , que é a forma absorvida pelas raízes das plantas, estando presente em concentração nas células radiculares e na seiva do xilema em concentrações de 100 a 1.000 vezes maiores do que a que se encontra na solução do solo.

O fosfato absorvido pelas células é rapidamente envolvido em processos metabólicos (MARSCHNER, 1995), sendo quase que imediatamente incorporado em compostos orgânicos (RAIJ, 1991). O nutriente participa de um grande número de compostos das plantas, essenciais em diversos processos metabólicos, estando presente também nos processos de transferência de energia, e o seu suprimento adequado desde o início do desenvolvimento vegetal é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas (RAIJ, 1991). Além disso, segundo o mesmo autor, o fósforo em quantidades adequadas estimula o desenvolvimento radicular, sendo essencial para a boa formação de frutos e sementes, incrementando a precocidade da produção.

O nutriente é bastante móvel na planta, sendo redistribuído facilmente pelo floema (MARSCHNER, 1995), transferindo-se rapidamente de tecidos velhos para regiões de meristema ativo (RAIJ, 1991). Dada a fácil redistribuição do P na planta, os sintomas de deficiência manifestam-se inicialmente nas folhas mais velhas, que podem mostrar uma cor amarelada, pouco brilho, e cor verde-azulada; podendo ainda ocorrer em algumas espécies uma tonalidade arroxeada (FAQUIN, 1994). Devido aos papéis do P na vida da planta, participando da síntese e degradação de macromoléculas como amido, gorduras, proteínas e de outros inúmeros processos metabólicos, a sua carência se reflete no menor crescimento das plantas (MARSCHNER, 1995).

Mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) cultivadas em solução nutritiva sem a adição de fósforo mostraram deficiência do nutriente por meio da redução do crescimento, apresentando inicialmente folíolos de tamanho normal e de coloração verde-intensa que progrediram para folíolos com manchas amarelas, seguidas de escurecimento das nervuras principal e secundária, ocasionando a queda das folhas mais velhas (SILVA; MUNIZ, 1995). Os mesmos autores observaram ainda, que nas folhas normais, foi encontrado um teor de fósforo de 3,3 g/kg, enquanto nas folhas das plantas deficientes no nutriente o teor encontrado foi de 1,5 g/kg.

Assim como no trabalho anterior, Muniz e Silva (1995), ao cultivarem mudas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa) em solução nutritiva, observaram influência negativa da ausência de P na solução sobre o crescimento das plantas, estando este nutriente, entre aqueles que se apresentaram de forma mais limitante ao crescimento, quando ausente do meio de crescimento. No entanto, os mesmos autores destacaram que não foram observados sintomas visuais de deficiência de fósforo nas folhas, sendo apenas verificado diminuição no crescimento das mudas de peroba rosa, e ressaltando que isso pode ter ocorrido em razão do lento crescimento das mudas em solução nutritiva. Os autores encontraram teores do nutriente que variavam entre 2,0 g/kg na folhas normais e 0,4 g/kg nas folhas das plantas crescidas em solução sem a presença do nutriente.

2.1.2.3. Respostas de diferentes espécies arbóreas florestais à adubação fosfatada

Para Raij (1991), o excesso de fósforo não parece ser um problema sério para as plantas, já que o consumo de luxo é transferido para polifosfatos e outros fosfatos, sem afetar o crescimento. Ainda segundo o mesmo autor, apesar de ser exigido em quantidades menores do que N e K, o fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade em solos não anteriormente adubados, e como a maior parte dos solos brasileiros é deficiente em fósforo, normalmente se verifica resposta à adubação fosfatada.

No entanto, podem-se encontrar casos na literatura de ausência de resposta a fósforo, como o relatado por Bovi et al. (2002) trabalhando com *Bactris gasipaes* (pupunheira). Os autores destacaram, no entanto, que no caso da pupunheira essa resposta é esperada, tendo em vista tratar-se de espécie tropical, nativa de regiões com

solos ácidos, com baixos teores de nutrientes, principalmente fósforo, o que a caracterizaria como originalmente não responsiva ao nutriente.

Contrastando com o encontrado no trabalho anterior, Braga et al. (1995), trabalhando com um Latossolo Vermelho Amarelo de textura média, encontraram resposta positiva da aplicação de P em mudas de *A. mangium*, *Platycyamus regnellii* (pereira), *Tibouchina granulosa* (quaresmeira) e *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa), destacando que o nutriente em questão foi o mais limitante para o crescimento da parte aérea e radicular de *A. mangium*. No caso da quaresmeira, os mesmos autores encontraram comprometimento da produção de matéria seca de parte aérea e raízes, bem como do diâmetro do caule e altura das plantas, quando da omissão de fósforo. Para a pereira, a omissão de fósforo reduziu significativamente a biomassa de parte aérea e radicular, bem como a altura das plantas, tendo ainda sido notado um menor crescimento do diâmetro do caule. As plantas de peroba rosa nesse mesmo trabalho tiveram entre os nutrientes mais limitantes ao seu crescimento o fósforo, afetando a produção de matéria seca e o diâmetro do caule quando da sua omissão.

Nicoloso et al. (2001) também encontraram para mudas de *Apuleia leiocarpa* (grápia), em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, resposta positiva à aplicação de P, tendo os efeitos positivos da adubação fosfatada se manifestado no aumento da altura das plantas, no diâmetro do caule, no número de folhas, no comprimento do sistema radicular e na produção de massa seca de raiz, caule, folhas e total. Ainda segundo os autores, o resultado se explica, pois o teor inicial de P do solo utilizado é baixo, motivo pelo qual a adubação fosfatada afetou positivamente os já mencionados parâmetros.

Mudas de *Dinizia excelsa* (angelim-pedra) cultivadas em Podzólico Vermelho escuro também foram influenciadas de forma significativa pela adubação fosfatada, o que se constatou pelas alterações observadas na produção de matéria seca e altura das plantas, o que pode ser justificado pelos níveis limitantes deste nutriente no solo utilizado neste trabalho (OLIVEIRA et al., 1998). Apesar disso, os autores constataram ainda que as doses de P aplicadas não influenciaram significativamente a concentração desse macronutriente no tecido vegetal da espécie estudada, apesar de outras espécies florestais leguminosas nativas mostrarem respostas significativas com concentrações semelhantes às encontradas pelos autores anteriores em resposta à adição de P ao substrato, fato que pode ser explicado pelas altas doses de fósforo utilizadas nesses outros trabalhos.

Esses trabalhos vêm corroborar a afirmação de Neves et al. (1990) de que muitas vezes, quando o fósforo não é aplicado, as mudas não crescem. Esse efeito também é comprovado pela constatação de maior crescimento em altura, diâmetro do coleto e maior massa seca da parte aérea e do sistema radicular, bem como do número de folhas de *Eucalyptus globulus* quando recebem adubação com fósforo (PEZZUTTI et al., 1999). No entanto para mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em solução nutritiva, a ausência de fósforo não causou sintomas de deficiência do nutriente (MAFFEIS et al., 2000), o que, segundo os mesmos autores, pode se dever ao fato de as mudas terem sido cultivadas em solução completa durante os três meses iniciais, o que teria fornecido quantidade suficiente do nutriente para atender à demanda até a idade de 11 meses, na qual o experimento foi encerrado.

Também mudas de seringueira cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura muito argilosa por Santanna et al. (1996) mostraram resultados significativos à aplicação de fósforo, tendo ocorrido incremento significativo na produção de matéria seca de todas as partes das plantas até a dose de 500 mg de P por kg de solo e, tendo a partir dessa dose, sofrido um efeito depressivo. Da mesma forma, mudas de *Cordia goeldiana* (freijó) cultivadas em um Latossolo Vermelho escuro responderam à aplicação de doses P, tendo estas também favorecido o desenvolvimento das mudas no que se refere às produções de matéria seca das folhas e caules, bem como das raízes (FERNANDES et al., 2002). Ainda neste trabalho, verificou-se, da mesma forma, efeito positivo da aplicação de fósforo sobre o crescimento em altura e diâmetro das mudas de freijó.

Comprovando o obtido pelos trabalhos anteriores, plantas de *Copaifera langsdorffii* (óleo copaíba) cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo, apresentaram, sob omissão de fósforo, menor crescimento em altura, bem como menor produção de matéria seca da parte aérea (DUBOC et al., 1996b). Ainda segundo os mesmos autores, a omissão do fósforo bem como o tratamento testemunha afetaram o particionamento da matéria seca entre a parte aérea e o sistema radicular, com maior mobilização para as raízes do que para a parte aérea. Os mesmos autores encontraram ainda, diminuição na absorção de nitrogênio pelas plantas de óleo copaíba no tratamento em que se omitia P. Os teores de fósforo encontrados na matéria seca de parte aérea das plantas submetidas ao tratamento completo e de omissão do nutriente variaram entre 1,6 g/kg a 0,3 g/kg respectivamente.

Respostas à adição de P também foram obtidas por Faria et al. (1995a) para *Peltophorum dubium* (canafístula) cultivada em um Latossolo Vermelho escuro distrófico, tendo-se observado que as respostas seguiram um modelo cúbico-raiz, caracterizado por apresentar um ponto de máxima resposta, seguido por incrementos menores quando da adição de doses superiores a 30 mg/kg de P no solo, o que, segundo os mesmos autores, indica que esta espécie possui baixo requerimento de P na fase inicial de crescimento, o que permite o crescimento satisfatório com a aplicação de pequenas doses do nutriente. Ainda neste trabalho, os pesquisadores verificaram que os teores dos nutrientes da parte aérea foram significativamente influenciados pelas doses de fósforo aplicadas, ressaltando que, com a elevação das doses do nutriente aplicadas nas mudas não inoculadas com micorrizas vesículo arbuscular, o teor dos nutrientes na parte aérea das mudas aumentou também, enquanto no caso das mudas que sofreram inoculação o teor dos nutrientes na parte aérea permaneceu estável, mesmo com o aumento das doses de P aplicadas.

Tendo em vista as respostas positivas que se verificam à adubação fosfatada, é necessária a determinação do nível de P no solo e na planta abaixo do qual se faz necessária a adição de fertilizantes (GARCIA, 1986). Dessa forma, o mesmo autor, trabalhando com mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) em um Latossolo Vermelho Amarelo álico, verificou resposta à adubação fosfatada, principalmente na presença de calagem, tendo determinado o nível crítico de P no solo pelos extratores Mehlich-1 e Bray-1, nos valores de 56 e 83 mg de P/dm³ de solo, respectivamente. Estes valores se correlacionaram com o teor de P na parte aérea, sendo a concentração crítica nesta espécie de pelo menos 1 g/kg aos 137 dias após a semeadura. O pesquisador destaca ainda que na ausência de calagem, os valores dos níveis críticos encontrados pelos extratores não deveriam ser utilizados, pois nessas condições, as plantas se encontravam com limitação nutricional de Ca e Mg, além dos valores encontrados não se correlacionarem com o conteúdo de P na parte aérea das plantas.

Prosopis juliflora (algaroba), cultivada em amostras de seis solos diferentes por Passos et al. (1995), respondeu positivamente à adubação fosfatada, tendo sido obtidos valores de concentrações críticas de 145,2 e 155 mmol/kg de P na parte aérea, o que, segundo os mesmos autores, aproximam-se dos valores encontrados em *Prosopis alba* e *P. glandulosa* que, em pesquisas realizadas em regiões semi-áridas dos EUA, foram de 125,8 e 155,0 mmol/kg respectivamente. Já para mudas de *Mimosa tenuiflora* conduzidas em Latossolo Vermelho Amarelo álico de textura argilosa, Paredes et al.

(1995) encontraram valores de nível crítico de $31,95 \text{ mg/dm}^3$ de P no solo e $0,096 \text{ dag/kg}$ na planta, mostrando também o efeito positivo da adubação fosfatada. Já Fernandez et al. (1996), também trabalhando com mudas de *Mimosa tenuiflora*, só que em um Latossolo variação Una, encontraram valores diferentes, mas próximos dos encontrados pelos pesquisadores anteriores para essa mesma espécie, tendo obtido valores de nível crítico no solo e na planta de $49,5 \text{ mg/dm}^3$ e $0,10 \text{ dag/kg}$ respectivamente.

Dias et al. (1990), trabalhando com mudas de *Acacia mangium*, notaram também resposta positiva à adição de fósforo ao solo, tendo os pesquisadores produzido as mudas em um Latossolo Vermelho Amarelo álico, de maneira que encontraram para essa espécie valores de nível crítico de $110,0 \text{ mg de P/dm}^3$ de solo, bem como um nível crítico foliar de $4,5 \text{ g/kg}$. Valores diferentes destes foram encontrados por Dias et al. (1991b) para mudas de *Sclerolobium paniculatum* (táxi-branco) cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo álico, tendo os autores encontrado, para a referida espécie, valores de nível crítico no solo de $26,06 \text{ mg/dm}^3$ e $1,2 \text{ g/kg}$ na folha, valores esses bem abaixo dos encontrados para *A. mangium*.

Ao utilizar uma saturação por bases de 40 % em um Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa, Gomes (2002) notou uma resposta positiva das plantas de *Anadenanthera colubrina* (angico branco) e *Apuleia leiocarpa* (garapa) à adição de doses de P ao solo, tendo determinado os níveis críticos do nutriente no solo como sendo de $13,88$ e $32,50 \text{ mg/dm}^3$ e na parte aérea de $0,14$ e $0,15 \text{ dag/kg}$, respectivamente, para essas espécies.

Níveis críticos de fósforo na parte aérea também foram determinados para aroeirinha, paineira e jambolão por Fernandes et al. (2000) em um Latossolo variação Una, tendo sido encontrados os valores de $0,9$; $0,7$; e $1,1 \text{ g/kg}$, respectivamente. Para eucalipto, Novais et al. (1982) encontraram valores de nível crítico do nutriente no solo de 52 mg/dm^3 aos 84 dias de idade, valor esse que caiu para 12 mg/dm^3 quando as mudas atingiram 133 dias trabalhando com um Latossolo Vermelho escuro. Essa diminuição no valor do nível crítico do nutriente constatada pelos mesmos autores corrobora o afirmado por Ballard E Pritchett (1975) ao destacarem que, pelo menos para plantas perenes, o nível crítico de fósforo no solo provavelmente diminui com a idade da planta. Esses valores encontrados por Novais et al. (1982) contrastam com os encontrados para a mesma espécie por Gonçalves et al. (1986), que encontraram níveis críticos de fósforo no solo, para amostras de quatro solos da região de cerrado de Minas

Gerais, que variaram de 60 a 100 mg/dm³ conforme a textura do solo, aos 117 dias de idade das mudas.

Também para eucalipto (*Eucalyptus urophylla*, *E. paniculata*, *E. grandis* e *E. cloeziana*), Neves (1983) encontrou valores de níveis críticos de fósforo, trabalhando com amostras de 10 Latossolos de Minas Gerais, que variavam de 5,1 a 24,0, de 18,3 a 76,4 e de 21,0 a 89,2 mg/dm³ de fósforo disponível pelos extratores Mehlich-1, Bray-1 e Bray-2, respectivamente. Segundo o mesmo autor, essa diferença de magnitude dos valores dos níveis críticos é, provavelmente, decorrente de variações na eficiência de absorção e, ou, utilização de P entre as espécies testadas, visto que todas as demais condições experimentais foram semelhantes.

2.1.3. Potássio (K)

De acordo com Raij (1991), o potássio é depois do fósforo o nutriente mais consumido como fertilizante pela agricultura brasileira, no que concorda Faquin (1994), acrescentando que o K⁺ é, de maneira geral, o segundo nutriente mais exigido pelas culturas, não sendo encontrado de maneira tão limitante no solo. Raij (1991) destaca ainda que o potássio é, no que se refere ao teor dentro das plantas, aquele que se apresenta em segunda maior quantidade nos tecidos vegetais.

2.1.3.1. Potássio no solo

A principal forma de K nos solos é a mineral, encontrado na rede cristalina de minerais, sendo que o grau de intemperismo do solo afeta os minerais e as formas existentes no solo, afetando dessa forma, o teor de K que pode ser encontrado no solo (FAQUIN, 1994). O mesmo autor destaca ainda, que em solos muito intemperizados, onde a caulinita se torna o mineral predominante, o solo vai se apresentar deficiente no nutriente, pois esse mineral não possui potássio em sua estrutura. No entanto, segundo Raij (1991), em solos bem supridos, os teores totais do nutriente no solo podem superar 10 g/kg.

Além do potássio estrutural dos minerais, o nutriente ocorre no solo na forma de cátion trocável e na solução do solo, sempre como íon K⁺, que é a forma de ocorrência em minerais (RAIJ, 1991), e tidas como disponíveis para as plantas (FAQUIN, 1994). Os teores trocáveis em geral pouco representam em relação aos teores totais, podendo

no entanto, constituir-se na reserva mais importante do potássio disponível em regiões de solos muito intemperizados como em vastas regiões brasileiras (FAQUIN, 1994; RAIJ, 1991).

No que se refere à matéria orgânica do solo, esta além de possuir o K trocável, apresenta o nutriente no seu interior, o qual é liberado pelos processos de lavagem e de mineralização (RAIJ, 1991).

O potássio é, depois do nitrogênio, o nutriente mais exigido pelas plantas, sendo absorvido da solução do solo pelas raízes na forma iônica (K^+), que é a forma em que aparece no solo (MARSCHNER, 1995; FAQUIN, 1994; RAIJ, 1991). A absorção de potássio depende da difusão do nutriente na solução do solo e, em proporção menor, de fluxo de massa (RAIJ, 1991). De acordo com o mesmo autor, nesse ponto o nutriente guarda alguma semelhança com o fósforo, já que ambos dependem de difusão para chegar à superfície das raízes. No entanto, ele destaca que os sais de potássio apresentam, em geral, alta solubilidade, e, dessa forma, os teores de K^+ na solução do solo podem atingir concentrações bastante elevadas, dependendo do teor de ânions presentes, conferindo ao nutriente uma mobilidade bem maior comparativamente à do fósforo, mas permitindo, também, o esgotamento mais fácil pelas plantas.

Em solos que só contêm matéria orgânica, caulinita e óxidos de Fe e Al como materiais responsáveis pela CTC, o potássio trocável vai representar o teor disponível do nutriente (RAIJ, 1991). O mesmo autor menciona ainda, que, apesar do potássio na solução do solo também ser disponível, ele representa muito pouco em relação ao teor trocável, além de ser de difícil determinação.

Conforme já foi citado, o potássio na solução do solo aparece na forma iônica (K^+), que é a absorvida pelas raízes das plantas. As plantas absorvem o íon da solução do solo, que está em equilíbrio com o potássio trocável (RAIJ, 1991). Dessa forma Raij (1991) afirma que dois aspectos merecem destaque especial e que, de certa forma, estão relacionados entre si e com várias propriedades dos solos, sendo elas: o efeito do teor de água na disponibilidade de potássio e a relação do potássio com os nutrientes cálcio e magnésio. Concentrações elevadas de Ca^{+2} e Mg^{+2} reduzem a absorção do potássio por inibição competitiva, embora baixas concentrações de cálcio apresentem um efeito sinérgico (FAQUIN, 1994). No que se refere ao efeito do teor de água na disponibilidade de potássio, Raij (1991) afirma que é comum a observação, em condições de campo, de redução da absorção de K em anos secos, podendo esse efeito, segundo o mesmo autor, ser explicado por dois mecanismos: difusão e relação de

cátions. O mesmo autor afirma que a diminuição do teor de água no solo afeta, sobremaneira, a difusão do nutriente e, assim, termina por dificultar a absorção. Ele afirma ainda, que esse aspecto se torna mais importante pela depleção que ocorre do potássio da solução do solo em torno das raízes, o que acarreta a não reposição do potássio na zona de absorção, devido à dificuldade do nutriente de se difundir.

2.1.3.2. Potássio na planta

O teor de potássio nas plantas só é inferior, em geral, ao de nitrogênio, sendo a maior parte do nutriente absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo (RAIJ, 1991). Ainda segundo o mesmo autor, altas taxas de absorção podem implicar em forte competição com a absorção de outros cátions.

O requerimento do nutriente para um ótimo crescimento das plantas se encontra entre 20 e 50 g/kg na matéria seca, variando estes teores de acordo com a espécie e o órgão analisado (MARSCHNER, 1995). Mudanças de *Schizolobium amazonicum* (Paricá) cultivadas em solução nutritiva apresentaram teores do nutriente na matéria seca quando submetidos ao tratamento completo de 11,73 g/kg no caule, 15,40 g/kg nas folhas, e 41,93 g/kg nas raízes, enquanto no tratamento de omissão de potássio esses teores caíram para 1,80; 3,80; e 2,43 g/kg, respectivamente, comprovando a diferença nas concentrações mencionadas pelo autor anterior, conforme se avaliam os diferentes órgãos da planta (MARQUES et al., 2004). Já plantas de *Hymenaea courbaril* (jatobá) cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo, originalmente com baixa disponibilidade de nutrientes, por Duboc et al. (1996a) apresentaram teores do nutriente na matéria seca de parte aérea que vão de 5,4 g/kg nas mudas submetidas ao tratamento sob omissão do nutriente à 7,7 g/kg naquelas submetidas ao tratamento completo. Plantas de *Copaifera langsdorffii* (óleo copaíba) apresentaram um teor distinto das duas espécies citadas antes, tendo apresentado um teor de nutrientes na matéria seca de parte aérea de 10,5 g/kg de potássio no tratamento completo e 4,8 g/kg no tratamento com omissão do nutriente, quando cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo (DUBOC et al., 1996b).

O potássio é absorvido como K^+ e, mantendo-se nesta forma, sendo, segundo Raij (1991), o mais importante cátion na fisiologia vegetal. De acordo com Marschner (1995), o nutriente não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenhando, portanto, função estrutural na planta. O mesmo autor destaca que o nutriente é bastante

permeável nas membranas plasmáticas, o que o torna facilmente absorvível e facilita o seu transporte a longa distância, via xilema e floema. Grande parte do K total da planta se encontra na forma solúvel, tornando a sua redistribuição bastante fácil no floema (MARSCHNER, 1995; FAQUIN, 1994). As principais funções do K na vida da planta são a ativação enzimática, osmorregulação e fotossíntese e transporte de carboidratos.

Sob condições de baixo suprimento do nutriente pelo meio, o mesmo é redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas e para as regiões em crescimento, e sendo assim, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas velhas (MARSCHNER, 1995). A deficiência de potássio não revela sintomas imediatos, caracterizando a situação de “fome oculta”, ocorrendo inicialmente redução de crescimento e, apenas em fases mais avançadas da deficiência, ocorrem clorose e necrose das folhas (RAIJ, 1991).

Plantas deficientes em potássio têm turgidez reduzida e, sob deficiência de água, tornam-se flácidas, bem como têm também reduzida sua resistência à seca, tornando-as também mais susceptíveis a fungos (RAIJ, 1991). De acordo com Marschner (1995), devido à mobilidade do potássio nos tecidos, os sintomas de deficiência ocorrem, em primeiro lugar, nas folhas mais velhas, com uma clorose seguida de necrose nas pontas e margens das folhas, havendo ainda acúmulo de putrescina nas regiões lesadas.

Muniz e Silva (1995) verificaram que mudas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa) apresentaram sintoma de deficiência nutricional de K quando as mudas tinham idade mais avançada, iniciando-se por pontos e depois por faixas cloróticas, principalmente nas bordas das folhas mais velhas; sendo que nesta região houve, posteriormente, necrose, que progrediu e provocou a queda das folhas afetadas. Os mesmos autores ainda obtiveram a concentração de nutrientes nas folhas, tendo encontrado valores de 18,0 e 5,4 g/kg nos tratamentos completo e com a ausência do nutriente respectivamente.

Mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) manifestaram a deficiência deste nutriente, inicialmente, por murchamento dos folíolos mais velhos e aparecimento de pequenos pontos cloróticos em todo o limbo foliar, os quais progrediram, tomando a maior parte das folhas e transformando-se em manchas escuras, especialmente nas margens dos folíolos, com posterior queda destes, tendo ainda havido influência desta carência na altura das plantas, em confronto com as normais (sem deficiência), submetidas ao tratamento completo (SILVA e MUNIZ, 1995). Os mesmos autores encontraram ainda,

concentrações foliares de potássio para esta espécie que variaram entre 118 e 2,7 g/kg, respectivamente, nos tratamentos completo e com omissão de K.

Mudas de *Eucalyptus citriodora* mostraram sintomas visuais de carência de potássio no tratamento em que foram submetidas à omissão do nutriente, tendo os sintomas sido caracterizados por leve clorose marginal das folhas mais velhas (MAFFEIS et al., 2000). A concentração de nutrientes obtida aos 11 meses de idade pelos autores nos tratamentos completo e com omissão de K foram de 13,00 e 3,40 g/kg, respectivamente.

2.1.3.3. Respostas de diferentes espécies arbóreas florestais à adubação potássica

Qualquer tipo de vegetação natural comumente contém um teor bastante alto de K, que passa para o solo quando ocorre alteração de uso do solo e, levando a uma pequena resposta à adubação potássica nos primeiros anos de cultivo (RAIJ, 1991). O mesmo autor destaca ainda, que as respostas à adubação com o nutriente ocorrem mais rapidamente em solos cultivados com culturas que exportam grandes quantidades do nutriente nas colheitas.

Com o potássio acontece o contrário do fósforo nas adubações, havendo muitos trabalhos indicando pouca ou ausência de resposta ao nutriente aplicado nas adubações (ALVES et al., 1996a), de forma que há defasagem entre a informação dessas pesquisas e a realidade atual, de solos mais esgotados e maiores produtividades, fazendo com que as adubações em geral forneçam quantidades insuficientes do nutriente (RAIJ, 1991).

Cultivadas em amostras de um Cambissolo álico, mudas de quatorze espécies florestais apresentaram respostas distintas entre espécies e grupos sucessionais à adubação potássica, tendo sido detectado que o fornecimento de potássio na fase inicial de crescimento foi necessário para espécies pioneiras e para algumas espécies secundárias de rápido crescimento, porém desnecessário para as espécies clímax (SILVA et al., 1996; SILVA et al., 1997). De acordo com os mesmos autores, a adição de K ao solo afetou o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de maneira diferenciada, nas espécies e grupos sucessionais, sendo que, com exceção da cássia carnaval, todas as outras espécies pioneiras testadas apresentaram incremento significativo na matéria seca da parte aérea, quando do fornecimento de K. Entre as espécies secundárias, apenas o fedegoso e o cedro tiveram aumento significativo na

matéria seca da parte aérea devido à adubação potássica. Já as mudas de espécies clímax não apresentaram resposta à aplicação de K, o que, segundo os mesmos autores, pode evidenciar que na fase de mudas, as espécies deste estágio sucessional possuem baixo requerimento do nutriente, ou ainda, se mostraram eficientes em utilizá-lo. Quanto ao crescimento radicular, os pesquisadores observaram que, principalmente nas espécies pioneiras, o crescimento radicular esteve positivamente relacionado com a adubação potássica, destacando que no grupo das espécies clímax nenhuma teve a produção de raízes afetada nessas condições. Da mesma forma, a produção de matéria seca total confirmou as tendências observadas na matéria seca de raízes e da parte aérea, tendo as espécies pioneiras atingido maior produção de matéria seca total, quando cultivadas em solo que recebeu fertilização com K.

Para seringueira, apesar das respostas à adubação potássica não serem significativas, o seu emprego, segundo Alves et al. (1996a), é importante a fim de maximizar o crescimento da planta como resultado do equilíbrio entre nitrogênio, fósforo e potássio, além de reprimir uma absorção excessiva do magnésio. Além disso, de acordo com os mesmos autores, no caso da seringueira o potássio é um elemento importante na sua nutrição, pois é absorvido e exportado em grandes quantidades. No entanto, em seu trabalho, os pesquisadores obtiveram baixa ou praticamente nenhuma resposta de mudas de seringueira aos diferentes níveis de K aplicados em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, tendo a maior produção de matéria seca total ocorrido no nível de 660 mg/kg. Entretanto, neste tratamento, as plantas apresentaram visíveis sintomas de deficiência de Mg. Segundo os autores, essa baixa ou nenhuma resposta à adubação potássica provavelmente se deveu ao curto tempo do ensaio e, ou, ao desequilíbrio químico, principalmente no que se refere à relação K:Mg. Esse possível desequilíbrio ocorre porque esses macronutrientes competem pelo mesmo sítio de absorção (MALAVOLTA et al., 1997).

Também plantas de *Copaifera langsdorffii* (óleo copaíba) cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo apresentaram pequena demanda nutricional para potássio (DUBOC et al., 1996b), tendo a omissão do nutriente mostrado uma tendência de maior produção de matéria seca de parte aérea do que o tratamento completo. No caso do comportamento das plantas em relação à altura e diâmetro, a resposta à omissão do nutriente não diferiu da resposta ao tratamento completo. A omissão do potássio, da mesma forma que na matéria seca de parte aérea, fez com que as mudas submetidas a

esse tratamento apresentassem maior produção de matéria seca do sistema radicular, sem, no entanto, diferir estatisticamente do tratamento completo.

Já mudas de *Peltophorum dubium* (angico amarelo), cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo tiveram seu crescimento limitado pela falta de potássio e mostraram diferença significativa entre o tratamento completo e o tratamento em que se fez a omissão de potássio, no caso do parâmetro diâmetro do coleto (VENTURIN et al., 1999). No entanto, de acordo com os mesmos autores, não ocorreu diferença significativa para o parâmetro altura e para produção de matéria seca do sistema radicular, tendo ainda, ocorrido menor produção de matéria seca de parte aérea, com teores do nutriente para este parâmetro, variado entre 5,5 g/kg e 2,4 g/kg nos tratamentos completo e com a omissão de potássio, respectivamente.

Também mudas de *Apuleia leiocarpa* (grápia) cultivadas em Argissolo Vermelho distrófico, apresentaram resposta positiva e linear à aplicação de K, ocorrendo a partir dos 30 até os 120 dias após a emergência e tornando-se quadrática aos 140 dias após a emergência das mudas (NICOLOSO et al., 2001). Os mesmos autores destacaram que, devido ao solo utilizado no trabalho apresentar um teor muito baixo de potássio (16 mg/kg), foi observado benefício da adubação potássica em vários parâmetros do crescimento, concluindo que a espécie pode ser considerada medianamente exigente em potássio na sua fase inicial de crescimento.

Sob omissão de potássio, mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em solução nutritiva apresentaram menor teor de citronelal (abaixo de 65%), óleo essencial produzido pela planta, que normalmente apresenta teor da substância variando de 65 a 85 % (MAFFEIS et al., 2000). Os mesmos autores destacaram ainda que, à medida que aumentavam as concentrações de potássio nas folhas, verificou-se aumento do teor de citronelal no óleo produzido pela planta.

Para mudas de *Senna multijuga* (canafístula), *Cedrela fissilis* (cedro), *Caesalpineia ferrea* (pau ferro) e *Piptadenia gonoacantha* (jacaré), cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo de textura média, a omissão de potássio não reduziu o crescimento das espécies, o que poderia estar relacionado à presença de mica, mineral supridor de K no solo utilizado no trabalho (RENÓ et al., 1993; RENÓ et al., 1997). Obtendo resposta semelhante às obtidas pelos trabalhos anteriores, Carniel et al. (1993) obtiveram também, resposta de indiferença das mudas à omissão do K no tocante ao crescimento inicial das mudas de *Cecropia* sp. (embaúba), *Senna macranthera* (fedegoso), *Senna multijuga* (cássia) e *Peltophorum dubium* (angico amarelo), o que,

segundo os pesquisadores, evidencia a baixa resposta ao nutriente em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico com baixa disponibilidade do nutriente.

Da mesma forma que nos dois trabalhos citados antes, Balieiro et al. (2001) verificaram que mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis* cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo álico de textura argilosa não tiveram as variáveis de crescimento (diâmetro do caule, altura e matéria seca da parte aérea) afetadas pela adubação potássica, tendo no entanto, os mesmos autores detectado tendência à resposta positiva para a adição de K ao substrato por mudas da primeira espécie, o que, segundo os pesquisadores, indica também, que o K disponível no substrato ($5,0 \text{ mg/dm}^3$), talvez esteja próximo ao nível de suficiência para as espécies.

Ausência de resposta à aplicação de potássio também foi detectada por Novais et al. (1979) para mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em amostras de dois latossolos, tendo os autores concluído que o nutriente não exerceu efeito significativo sobre o crescimento das mesmas, ainda que o nível de K no solo estivesse em 4 mg/dm^3 como encontrado em uma das duas amostras de latossolo. Já mudas de *Dalbergia nigra* (jacarandá da Bahia), cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo álico, apresentaram resposta quadrática à aplicação de K para os parâmetros diâmetro do coleto e altura da parte aérea com dose recomendada para a formação de mudas dessa espécie de 30 mg/dm^3 em substrato semelhante ao utilizado nessa pesquisa (REIS et al., 1997). Da mesma forma, conforme verificado por Bovi et al. (2002), a pupunheira apresentou resposta linear, positiva e significativa, de crescimento à adubação potássica com crescimento máximo com a dose de 200 kg/ha/ano de K_2O em um solo arenoso e de baixa fertilidade.

Mudas de *Mimosa tenuiflora* cultivadas por Paredes et al. (1995) em um Latossolo Vermelho Amarelo álico de textura argilosa apresentaram aumento da produção de matéria seca, altura e diâmetro das mudas em resposta à aplicação das diferentes doses de potássio, tendo os autores obtido uma dose recomendada de $12,35 \text{ mg/dm}^3$. Os mesmos pesquisadores determinaram, ainda, um nível crítico do nutriente no solo de $16,61 \text{ mg/dm}^3$ e de $2,20 \text{ dag/kg}$ na planta para a espécie estudada. Para a mesma espécie, também Fernandez et al. (1996) verificaram resposta à aplicação de potássio ao substrato, em Latossolo variação Una álico de textura argilosa, tendo constatado aumento da produção de matéria seca com a adição de doses crescentes deste nutriente, com um ponto de máxima produção ($1,72 \text{ g}$) sido obtido com uma dose equivalente a $38,0 \text{ mg/dm}^3$ de potássio. Estes pesquisadores também determinaram o nível crítico do

nutriente no solo e na planta, tendo obtido os valores de 16,6 mg/dm³ e 0,63 dag/kg, respectivamente.

Mudas de *Sclerolobium paniculatum* (táxi-branco) foram cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo álico de textura argilosa por Dias et al. (1992), tendo recebido doses de potássio de forma que, após 190 dias do plantio, foi detectada pelos autores uma resposta significativa das mudas no tocante à matéria seca total, com um valor de 90 % da produção máxima de 12,85 g. Os mesmos autores determinaram, ainda, um nível crítico de K de 27,4 mg de K/dm³ de solo, e verificaram que os teores de K na parte aérea das plantas apresentaram tendência de acréscimo com o aumento das doses aplicadas, tendo determinado um nível crítico foliar de 7,0 g/kg. Ao contrário desta espécie, mudas de *A. mangium* cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo álico apresentaram resposta negativa à adição de potássio, apesar de apresentarem um consumo de luxo do nutriente, conforme pôde ser verificado pelas curvas de teores de K nas folhas e no caule + ramos ajustadas em função das doses aplicadas do nutriente (DIAS et al., 1991a). Dessa forma, destacam os pesquisadores que, mesmo existindo queda na produção de matéria seca, percebeu-se um acréscimo nas concentrações foliares de potássio.

Novais et al. (1986), trabalhando com *Eucalyptus* spp, também determinaram níveis críticos de K no solo, para implantação e manutenção de plantios para o bom crescimento das mudas da espécie considerada no estudo, tendo obtido os valores de 10 mg/dm³ para implantação e valores que variam de 30 a 90 mg/dm³ de acordo com os diferentes valores de Incremento médio anual (10, 20, 30, 40 e 50 m³/ha/ano). Segundo os mesmos autores, esse tipo de resultado sugere a maior resposta ao K com o passar do tempo e é consequência de sua exaustão, que leva a teores insatisfatórios para a sustentação de novos incrementos. A interdependência do nível crítico de manutenção, com a produtividade esperada para o sítio, faz com que se chegue a valores variáveis desse nível crítico, para cada região definidora da produtividade, por suas características outras que não apenas o teor do nutriente considerado (NOVAIS et al., 1986). Os mesmos autores citam que entre essas características podem-se ter condições climáticas, topografia, física do solo, espécie, procedência ou clone plantado, entre outras.

É importante destacar, também, que potássio não se acumula tanto no solo quanto o fósforo, principalmente se a CTC for baixa, fazendo com que as adubações localizadas não possam ser muito elevadas para evitar um dano salino de cloreto de potássio às plantas (RAIJ, 1991). Exatamente por isso, segundo o mesmo autor, tem se

tornado prática bastante comum a aplicação de potássio em cobertura, juntamente com o nitrogênio, no caso de culturas de alta produtividade ou, ainda, em solos arenosos, de CTC baixa.

2.1.4. Cálcio e Magnésio (Ca e Mg)

O cálcio e o magnésio são elementos que, em solos e em minerais, ocorrem nas formas catiônicas, de Ca^{2+} e Mg^{2+} (RAIJ, 1991). No solo, o cálcio tem sua origem primária nas rochas ígneas, em minerais como dolomita, calcita, feldspatos calcíticos e anfibólios que também ocorrem em rochas sedimentares e metamórficas (FAQUIN, 1994). Já o magnésio, de acordo com o mesmo autor, que também tem sua origem primária nas rochas ígneas, é encontrado principalmente nos minerais biotita, dolomita, clorita, serpentina e olivina, que também compõem rochas metamórficas e sedimentares. O magnésio faz parte também da estrutura de minerais de argila, ocorrendo em illita, vermiculita e montmorilomita, e, quanto mais intemperizado o solo, menor a ocorrência desses minerais, até que somente o Mg trocável adsorvido aos colóides e componente da matéria orgânica do solo reste (MARSCHNER, 1995). As formas, trocável e em solução do magnésio são as consideradas disponíveis para as plantas (FAQUIN, 1994).

2.1.4.1. Cálcio e Magnésio no solo

Nos solos ácidos, como os comumente encontrados em diversas regiões brasileiras, de climas úmidos, esses minerais são intemperizados e o cálcio é, em parte, perdido por lixiviação, e o que fica no solo encontra-se adsorvido nos colóides do solo ou aprisionado na biomassa (RAIJ, 1991). Quando o pH do solo é mais elevado, o cálcio pode insolubilizar-se como carbonatos, fosfatos ou sulfatos (MARSCHNER, 1995). Segundo este mesmo autor, o cálcio que pode ser considerado disponível para as plantas é aquele que se encontra adsorvido aos colóides, representando o trocável, e a fração presente na solução do solo, que sob condição de acidez do solo são bastante baixos.

Uma particularidade do magnésio, que não ocorre com o cálcio, é a possibilidade de formas não trocáveis se converterem em trocáveis, por liberação dos minerais, de forma similar ao que acontece com o potássio (RAIJ, 1991).

De acordo com Raij (1991), o cálcio trocável é mais retido no solo que o magnésio trocável, o que se deve ao fato de o primeiro ser um íon hidratado de menor diâmetro. Dessa forma, em solos bem drenados que não receberam calagens os teores de cálcio devem, naturalmente, superar bem os teores de magnésio e em alguns casos, em solos rasos ou em horizontes profundos, o magnésio supera o cálcio, mesmo em climas úmidos, o que pode ser tomado como indício de intemperismo de minerais contendo magnésio (RAIJ, 1991).

O cálcio é absorvido pelas raízes como Ca^{2+} na solução do solo, estando nesta em concentrações geralmente bem maiores que a de K^+ (MARSCHNER, 1995). No entanto, de acordo com Faquin (1994), a absorção de Ca^{2+} é normalmente menor do que a observada para o potássio, pois o cálcio é absorvido apenas pelas extremidades das radículas radiculares, onde as paredes celulares da endoderme não foram ainda suberizadas (formação das estrias de Caspari). A presença de outros cátions, como K^+ , Mg^{2+} e NH_4^+ em altas concentrações no meio de crescimento, diminuem competitivamente a absorção do cálcio (MARSCHNER, 1995). A presença de outros íons como metais pesados ou salinos podem, segundo Wieneke (1995), aumentar a necessidade de cálcio. Já o magnésio é absorvido da solução do solo na forma de Mg^{2+} , onde geralmente a sua concentração é maior do que a de K^+ (FAQUIN, 1994). No entanto, a absorção do magnésio é reduzida por altas concentrações de outros cátions, como potássio, cálcio e amônio, devido à inibição competitiva, da mesma forma que ocorre com o cálcio (MARSCHNER, 1995). Esta competição pode levar à deficiência do nutriente nas plantas, sendo a deficiência de Mg induzida pelo excesso de potássio na adubação, bastante comum em algumas culturas em que as fórmulas empregadas são muito ricas em K (FAQUIN, 1994).

Em solos ácidos, além da pobreza natural em magnésio, a absorção do nutriente é diminuída pelo H^+ e pelo Al^{3+} que aparecem em maiores concentrações nestas condições (MARSCHNER, 1995).

2.1.4.2. Cálcio e Magnésio na planta

Entre as diferentes culturas existentes, o cálcio é exigido de maneira muito variada podendo ir de cerca de 10 até 200 Kg/ha, sendo mais exigido pelas dicotiledôneas do que pelas monocotiledôneas (FAQUIN, 1994). Com exceção de culturas com exigências específicas de cálcio, a ocorrência de deficiência do nutriente sob condições

de campo é muito rara (RAIJ, 1991; FAQUIN, 1994). Nos tecidos foliares, os teores de cálcio que podem ser encontrados também variam amplamente entre diferentes espécies, desde menos de 4 até cerca de 40 g/kg para culturas normais (MARSCHNER, 1995). Plantas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa) apresentaram concentrações foliares de cálcio variando de 7,5 a 16,5 g/kg, quando cultivadas em solução nutritiva na ausência e presença do nutriente (MUNIZ; SILVA, 1995). Já mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) apresentaram teores que variavam de 3,2 a 15,0 g/kg quando cultivadas sob as mesmas condições por Silva e Muniz (1995).

Valor próximo ao obtido pelos autores anteriores quando da presença de Ca no meio de crescimento foi obtido por Barbosa et al. (1995a) em mudas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) produzidas em um Latossolo Roxo, tendo sido o valor obtido de 17,1 g/kg no tratamento onde as plantas apresentaram maior crescimento. Esse valor é próximo do obtido por Mendonça et al. (1999) para a mesma espécie, tendo estes autores verificado uma concentração de 18,7 g/kg para folhas das mudas cultivadas no tratamento com a adição do nutriente ao substrato, enquanto na ausência o valor encontrado por estes pesquisadores foi de 14,5 g/kg, quando do cultivo das mudas em um Cambissolo de área degradada.

Para mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em solução nutritiva e submetidas a um tratamento com adição de Ca ao meio de crescimento e outro com omissão do nutriente, foram obtidos valores de concentração do nutriente nas folhas de 5,41 e 3,51 g/kg, respectivamente, não tendo, no entanto, estes valores diferido um do outro pelo teste de Tukey a 5 % de significância (MAFFEIS et al., 2000). Já mudas de *Schizolobium amazonicum* (paricá), também cultivadas em solução nutritiva por Marques et al. (2004) apresentaram valores de concentração foliar de Ca de 39,77 e 7,83 g/kg nos tratamentos completo e com a omissão do nutriente, respectivamente.

Wieneke (1995) destaca que a demanda por Ca^{2+} é baixa, girando em torno de 10 a 100 μM na solução nutritiva, dependendo da espécie de planta, da taxa de crescimento relativo e estágio de desenvolvimento. O mesmo autor afirma ainda, que a concentração citossólica de cálcio é mantida em um nível muito baixo, em torno de 10^{-7} M.

No tocante ao magnésio, as exigências das culturas em relação ao nutriente são da ordem de 10 a 40 kg/ha para a maior parte dos casos, com teores nas folhas das plantas normais, variando pouco entre espécies, estando em geral na faixa de 2 a 4 g/kg (MARSCHNER, 1995). Para mudas de *Schizolobium amazonicum* (paricá), Marques et al. (2004) encontraram valores de concentração foliar do nutriente variando de 3,9 g/kg

no tratamento completo a 1,03 g/kg quando as plantas estavam submetidas ao tratamento com omissão de Mg. Já para mudas de *Eucalyptus citriodora*, cultivadas por Maffeis et al. (2000) utilizando o mesmo tipo de tratamentos, foram obtidos valores de concentração foliar de Mg distintos do verificado para a espécie anterior, sendo eles de 2,58 g/kg no tratamento completo e 1,30 g/kg no tratamento com omissão do nutriente.

Mudas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) apresentaram concentrações foliares de Mg de 6,2 g/kg e 3,4 g/kg nos tratamentos completo e com omissão do nutriente, quando cultivadas em um cambissolo por Mendonça et al. (1999), enquanto Barbosa et al. (1995a) verificaram em mudas da mesma espécie, só que cultivadas em um Latossolo Roxo, um teor foliar do nutriente de 4,4 g/kg no tratamento onde as plantas apresentaram melhor desenvolvimento.

Muniz e Silva (1995) encontraram teores de Mg em plantas de *Cedrela fissilis* (cedro) cultivadas em solução nutritiva sob tratamento completo e com omissão do nutriente de 5,0 g/kg e 2,3 g/kg, respectivamente, que são valores próximos aos obtidos nos trabalhos já citados. Já Silva e Muniz (1995) verificaram que mudas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa) apresentaram valores cerca de 50 % menores do que os encontrados para a espécie anterior quando cultivadas sob as mesmas condições, tendo observado concentrações de Mg de 2,5 g/kg nas plantas submetidas ao tratamento completo e de 1,4 g/kg nas submetidas ao tratamento com omissão do nutriente.

De acordo com Faquin (1994), o magnésio não é um nutriente normalmente usado em adubações e sim nas calagens, não havendo muitos dados de respostas de culturas a magnésio. No entanto, Raij (1991) destaca que as deficiências têm ocorrido com certa frequência em solos ácidos, sendo agravadas em culturas que recebem aplicações elevadas de potássio.

Ao contrário do que se constata para outros macronutrientes, grande proporção do cálcio dentro da planta se encontra nas paredes celulares, pois o nutriente integra a lamela média das paredes celulares, formando ligações entre os grupos carboxílicos dos ácidos poligalacturônicos, com a formação de pectatos de cálcio (MARSCHNER, 1995). O mesmo autor ainda menciona que outro local de acúmulo de cálcio é a superfície externa da plasmalema, devido ao seu papel na manutenção da estrutura e funcionamento das membranas celulares. De acordo com Wieneke (1995), o cálcio atua como elemento chave na plasmalema e no citoplasma como um mensageiro de sinais hormonais e ambientais oriundos de elementos responsivos do metabolismo celular.

O cálcio também é requerido para a alongação e divisão celular, o que se reflete drasticamente no crescimento radicular quando da ocorrência de deficiência do nutriente no meio de crescimento, fazendo com que o crescimento radicular cesse em poucas horas (FAQUIN, 1994). É destacado pelo mesmo autor que este aspecto toma uma conotação prática muito importante para o crescimento radicular na subsuperfície de solos ácidos, como os que comumente ocorrem nas regiões de Cerrado, onde o calcário aplicado na superfície não corrige os problemas da acidez em profundidade. Dessa forma, como o cálcio absorvido pelas raízes na camada superficial do solo não é mobilizado para as raízes mais profundas devido à baixa mobilidade do nutriente na planta, elas se tornam mais sensíveis aos veranicos. Raij (1991) destaca que é importante a presença de cálcio no meio de crescimento das raízes, pois, como o elemento não é retranslocado via floema, as raízes podem se mostrar incapazes de penetrar em subsolos deficientes em cálcio.

Na germinação do grão de pólen e para o crescimento do tubo polínico, o cálcio também se mostra indispensável, o que, segundo Marschner (1995), pode ser devido ao seu papel na síntese da parede celular ou ao funcionamento da plasmalema.

No que toca à fixação biológica do nitrogênio por leguminosas, a nodulação das raízes necessita de mais cálcio que a própria planta. Uma vez formados os nódulos, o processo de fixação e o crescimento da planta, ocorrem normalmente, com concentrações relativamente baixas do nutriente (FAQUIN, 1994).

O magnésio apresenta-se nos tecidos das plantas na forma difusível e associado com ânions inorgânicos, como o malato e citrato, em uma alta proporção do Mg total (cerca de 70 %) (MARSCHNER, 1995). É destacado ainda pelo mesmo autor que o nutriente também encontra-se associado a ânions indifusíveis como o oxalato e pectato, mas a função mais bem conhecida do magnésio é a de compor a molécula de clorofila, que são porfirinas magnesianas onde o nutriente é o elemento central (RAIJ, 1991). O magnésio corresponde a 2,7 % do peso das moléculas de clorofila e representa cerca de 15 a 20 % do magnésio total das folhas das plantas (FAQUIN, 1994). Além desta, outras importantes funções são desempenhadas pelo Mg, como a ativação enzimática; a estabilização da configuração das partículas do ribossoma necessárias à síntese protéica; e, ainda, de uma série de processos vitais da planta que requerem e fornecem energia, como a fotossíntese, respiração, síntese de macromoléculas e absorção iônica.

O cálcio apresenta baixa mobilidade dentro das plantas, sendo transportado unidirecionalmente via corrente transpiratória pelo xilema, das raízes para a parte aérea,

sendo as reações de troca no elemento condutor da seiva muito importantes para o movimento ascendente do cálcio na planta: o Ca^{2+} é deslocado dos sítios de troca por outros cátions (MARSCHNER, 1995). A taxa de redistribuição do Ca é muito pequena devido à sua concentração no floema ser muito baixa e a maior parte do nutriente presente no tecido vegetal estar em formas insolúveis em água (FAQUIN, 1994). Dessa forma a baixa solubilidade dos compostos de cálcio da planta e a baixa concentração do mesmo no floema explicam, em parte, a pequena redistribuição do nutriente em condições de carência, provocando o aparecimento dos sintomas em órgãos e partes mais novas: gemas e pontas das raízes (MARSCHNER, 1995). Ainda segundo o autor, como o cálcio é imóvel na planta, esta exige suprimento constante do nutriente, o que é feito mais eficientemente pelo solo; quando o suprimento não for adequado, os sintomas de deficiência se expressam nos pontos de crescimento da parte aérea e da raiz e em frutos em desenvolvimento. Raij (1991) explica que na parte aérea a deficiência de cálcio é caracterizada pela redução do crescimento dos tecidos meristemáticos, acarretando prejuízos para extremidades e folhas novas, que se tornam deformadas e cloróticas. As regiões em maior expansão celular na planta são as mais afetadas pela deficiência de cálcio, e os sintomas, de acordo com Marschner (1995), podem apresentar-se como deformações nas folhas novas, clorose ou queimadura de uma região limitada nas margens destas folhas, morte das gemas apicais e extremidade das raízes.

Silva e Muniz (1995) verificaram que em mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) os sintomas de deficiência de cálcio manifestaram-se, inicialmente, nas folhas mais novas, com murchamento da ponta dos ramos e aparecimento de pontuações necróticas, espalhadas no limbo dos folíolos. Ainda de acordo com estes pesquisadores, com o tempo os folíolos apresentaram-se com coloração amarelada desuniforme, desprendendo-se facilmente dos pecíolos; em estágio mais avançado, ocorreram a queda das folhas afetadas e a morte da gema apical.

Da mesma forma, mudas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa) também sofreram efeitos negativos no crescimento das plantas devido à omissão de cálcio no meio de crescimento, com os sintomas visuais da deficiência também ocorrendo nas folhas mais novas, onde apareceram manchas cloróticas espalhadas de modo desigual, amarelecimento gradual das folhas afetadas e murchamento da planta toda e, em estágio mais avançado, morte da gema apical e queda das folhas, de maneira similar ao que ocorreu para a espécie citada antes, o cedro (MUNIZ; SILVA, 1995). Para a peroba no

entanto, os pesquisadores observaram ainda que houve reduzido crescimento do sistema radicular e apodrecimento das raízes. Menor crescimento das plantas também foi verificado por Mendonça et al. (1999) em mudas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão), tendo o desenvolvimento das mudas sido drasticamente afetado pela omissão do Ca no meio de crescimento, um Cambissolo de área degradada. Da mesma forma, mudas de *Eucalyptus citriodora* também apresentaram menor crescimento em altura, ao se comparar os resultados do tratamento completo com o em que se fez a omissão de Ca (MAFFEIS et al., 2000). No entanto, os pesquisadores destacam que a ausência do nutriente no meio de crescimento não causou sintomas visuais de deficiência. Essa menor altura na carência de cálcio constatada pelos pesquisadores, deve-se, segundo Marschner (1995), ao fato do nutriente atuar no crescimento meristemático das plantas.

O magnésio, da mesma forma que o cálcio, é transportado via corrente transpiratória pelo xilema, no entanto o Mg^{2+} , que é a forma com que foi absorvido e é transportado, apresenta grande mobilidade no floema (FAQUIN, 1994; MARSCHNER, 1995). Na planta, grande parte do nutriente se encontra na forma solúvel, sendo por isso facilmente redistribuído nas plantas, fazendo com que sob condições de carência do nutriente no substrato os sintomas de deficiência ocorram nas folhas mais velhas (MARSCHNER, 1995). No caso do magnésio, como o elemento é móvel na planta e, em situações de deficiência, ocorre clorose internerval, com as nervuras permanecendo verdes (RAIJ, 1991), aparecendo os sintomas nas folhas mais velhas (MARSCHNER, 1995). De acordo com Faquin (1994), algumas variações ocorrem entre as espécies, citando-se como exemplo o aparecimento da cor avermelhada nas folhas mais velhas do algodoeiro.

Mudas de *Eucalyptus citriodora* submetidas ao tratamento com omissão de Mg mostraram redução no crescimento em altura, comparativamente ao verificado no tratamento completo, não tendo, no entanto, a ausência do nutriente na solução nutritiva causado sintomas visuais de deficiência desse macronutriente (MAFFEIS et al. 2000). Esse baixo crescimento das plantas sob omissão de Mg também foi verificado por Silva e Muniz (1995) para mudas de *Cedrela fissilis* (cedro), onde, os primeiros sintomas manifestaram-se nos folíolos medianos, como manchas cloróticas esbranquiçadas, que progrediam, principalmente, próximo à nervura central, seguida do secamento e enrolamento das bordas dos folíolos, tendo ainda as mudas permanecido pequenas, assim como o seu sistema radicular, e ocorrendo ainda uma permanente e acentuada queda dos folíolos e das folhas. Da mesma forma como ocorreu com as mudas de cedro,

mudas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa) apresentaram os sintomas iniciais de deficiência primeiramente nas folhas medianas, que apresentaram uma clorose internerval, e que, com a progressão da mesma, transformou-se em manchas brancas, espalhadas por toda a folha (MUNIZ; SILVA, 1995). No entanto, mesmo em estágio de deficiência, houve, de acordo com os mesmos autores, para esta espécie maior resistência à queda das folhas, ao contrário do verificado para as mudas de cedro.

2.1.4.3. Respostas de diferentes espécies arbóreas florestais à adição de cálcio e magnésio ao substrato

As características físicas e químicas do solo estão entre os principais fatores que condicionam o desenvolvimento da vegetação, daí a ocorrência natural de diferentes formações florestais, mesmo em regiões homogêneas, quanto aos demais fatores do ambiente (FURTINI NETO et al., 1999). Os mesmos autores ressaltam que no Brasil, extensas áreas, notadamente na região do Cerrado, apresentam solos de reação ácida e com baixa disponibilidade de nutrientes, sendo que a presença de alumínio em concentrações tóxicas é provavelmente o fator mais limitante ao crescimento vegetal nestes solos, além do baixo pH e da deficiência de Ca e Mg ou de P, que também podem ser responsáveis pelo menor desenvolvimento das plantas em solos ácidos.

Embora sejam constatadas sensíveis variações quanto ao grau de sensibilidade às limitações químicas dos solos, uma vez que as espécies florestais nativas reagem de forma diferenciada à correção da acidez e aumento da disponibilidade de nutrientes, a ocorrência de solos ácidos e, ou, com baixos níveis de fertilidade são entraves que têm prejudicado a aquisição de nutrientes e dificultado o estabelecimento das mudas em condições de campo (FURTINI NETO et al., 1999).

Respostas a cálcio em culturas não têm sido registradas com frequência, por sua não ocorrência ou porque o efeito da ação corretiva de calcário supera possíveis efeitos de deficiências de cálcio (RAIJ, 1991). No entanto, mudas de seringueira cultivadas por Santana et al. (1996) em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, mostraram efeito significativo da adição de cálcio ao substrato em todos os parâmetros avaliados no trabalho.

Mudas de *Peltophorum dubium* (angico amarelo) cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo tiveram o seu crescimento em altura e diâmetro afetado pela omissão de Ca no meio de crescimento, tendo ainda a produção de matéria seca tanto da

parte aérea como da raiz, tendo sido menores quando se omitiu o nutriente (VENTURIN et al., 1999). Já em mudas de *Hymenaea courbaril* (jatobá), produzidas no mesmo tipo de solo, a omissão de cálcio não afetou o crescimento de maneira significativa, tendo o crescimento no tratamento com omissão do nutriente sido muito semelhante ao do tratamento completo (DUBOC et al., 1996a).

Em termos de resposta à adubação com magnésio, não se encontram na literatura efeitos específicos da atuação do nutriente, apesar de se utilizarem solos quimicamente pobres no mesmo para a produção e para o plantio de mudas. Alves et al. (1996b), trabalhando com mudas de seringueira cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, verificaram que as doses de Mg testadas no trabalho não apresentaram respostas muito acentuadas, quando comparadas com o tratamento que não recebeu o nutriente. Os mesmos autores destacaram ainda que, quando se avaliou a produção de matéria seca em todas as partes da planta, não houve diferença significativa entre três das doses testadas, tendo ainda a dose de 200 mg/kg provocado efeito depressivo na planta, com redução do crescimento e menor produção de matéria seca.

Renó et al. (1997) verificaram, para quatro espécies florestais, respostas diferenciadas à omissão de magnésio quando cultivadas em um Latossolo Vermelho Amarelo. Os mesmos pesquisadores verificaram que a omissão do nutriente foi restritiva ao crescimento do *Caesalpinia ferrea* (pau ferro) e do *Cedrela fissilis* (cedro), não tendo afetado o crescimento do *Piptadenia gonoacantha* (jacaré) e da *Senna multijuga* (canafístula). Da mesma forma que para estas duas últimas espécies, mudas de *Copaifera langsdorffii* (óleo copaíba) cultivadas também em Latossolo Vermelho Amarelo mostraram pequeno requerimento nutricional para magnésio, não tendo o crescimento em altura e diâmetro das plantas sob omissão do nutriente diferido daquelas submetidas ao tratamento completo (DUBOC et al., 1996b). No entanto, para a produção de matéria seca de parte aérea as mudas de óleo copaíba produzidas no tratamento com omissão de Mg foi menor quando comparado com o tratamento completo.

2.1.4.3.1. Respostas de espécies arbóreas florestais à calagem

De acordo com Alvarez V. e Ribeiro (1999), a grande maioria dos solos de Minas Gerais, mesmo quando apresentam boas propriedades físicas, tem, em geral, características químicas inadequadas, como elevada acidez e altos teores de alumínio

trocável, além de apresentarem baixo nível de nutrientes, notadamente de cálcio, magnésio e fósforo.

Dessa forma, a economicidade da calagem e fertilização nestes solos para se corrigir a acidez do solo, bem como fornecer cálcio e magnésio, tem revelado a conveniência de se racionalizar o uso destes insumos, conforme as exigências nutricionais ou a magnitude das respostas das espécies (FURTINI NETO et al., 1999). Comprovando essa afirmação, Carmo et al. (2002) trabalhando com mudas de seringueira, mostraram que altos teores de cálcio e magnésio no solo e nas folhas sugerem redução na calagem e adubação contendo cálcio e magnésio, para que se evite efeitos negativos na produção da borracha pela referida espécie.

A aplicação de cálcio através de calcário leva, em geral, quantidades suficientes do nutriente ao solo, sendo que outras fontes que contém o nutriente são os fosfatos de cálcio e o gesso (RAIJ, 1991). Além disso, de acordo com este mesmo autor, o suprimento de magnésio também é feito comumente através da aplicação de calcário, no caso dolomítico, apesar de também poder ser aplicado como sulfato de magnésio ou outros adubos que contenham o nutriente como o termofosfato silico-magnésio, o sulfato duplo de potássio e magnésio e algumas formulações NPK.

Entre os fatores atuantes no crescimento e qualidade de mudas, a calagem se destaca por influenciar a absorção de vários nutrientes e suas respectivas concentrações nas plantas à medida que promove o aumento do pH (RAIJ, 1991).

Um adequado nível de saturação por bases no solo devido à aplicação de calagem ao solo é muito importante, conforme foi verificado para mudas de *Myracruodon urundeuva* (aroeira do sertão) por Barbosa et al. (1995b). No caso do trabalho citado, valores acima ou abaixo de 60 % imprimiram às mudas redução no crescimento, sem qualquer observação visual de sintomas de deficiência nutricional.

Dentre os benefícios de uma calagem feita de maneira adequada, destacam-se: diminuição da toxidez de H^+ , Al^{3+} e Mn^{2+} ; aumento da mineralização da matéria orgânica com um conseqüente aumento da disponibilidade de nutrientes, especialmente nitrogênio, enxofre, fósforo e boro; aumento da disponibilidade de Ca e Mg devido à adição direta dos mesmos ao solo; aumento da disponibilidade de fósforo e molibdênio no solo por diminuir a fixação desses nutrientes no solo; estímulo à atividade microbiana; aumento da CTC do solo; aumento da eficiência da adubação; e, por fim, o aumento da preservação de áreas de floresta ou menos vocacionadas para a agricultura, em face da necessidade de menor área para a mesma produção (VALE et al., 1995).

Apesar dos já citados benefícios da adição de mistura corretiva ao solo para o desenvolvimento das plantas, mudas de *Apuleia leiocarpa* (garapa) e de *Anadenanthera colubrina* (angico branco) não apresentaram resposta significativa da adição da mistura corretiva a um Latossolo Vermelho Amarelo no qual foram cultivadas (GOMES, 2002). De acordo com o mesmo autor, essa ausência de resposta pode ter ocorrido devido ao fato de que os teores de cálcio ($0,9 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$) e magnésio ($0,4 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$) contidos no solo utilizado tenham sido suficientes para suprir as necessidades das plantas na fase de mudas. Já Garcia (1986), trabalhando com mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) em um Latossolo Vermelho Amarelo álico, constatou resposta positiva das plantas à aplicação de calagem, resultado que se contrapõe ao obtido por Gomes (2002).

Essa diferença na resposta das plantas à correção da acidez do solo com o uso da calagem pode ser devida à diferença da taxa de crescimento entre as espécies, fato que foi constatado por Furtini Neto et al. (1999), cultivando em Latossolo Vermelho escuro mudas de *Senna multijuga* (cássia verrugosa), *Stenolobium stans* (ipê mirim), *Anadenanthera falcata* (angico do cerrado) e *Cedrela fissilis* (cedro), onde verificaram que a resposta em crescimento, em função da correção da acidez do solo, foi sensivelmente maior para as espécies florestais de crescimento mais rápido, independentemente do seu grupo sucessional. Concordando com estes autores, trabalhando com as mesmas espécies e com o mesmo tipo de solo, Resende et al. (1996) também verificaram maior produção de matéria seca nos tratamentos em que se realizou calagem ou aplicação de Ca ou de Mg.

Fernandez et al. (1996) verificaram, ao comparar a produção de matéria seca de parte aérea em mudas de *Mimosa tenuiflora* do tratamento que não recebeu calagem, com o tratamento que recebeu, que, o efeito positivo da correção de acidez do substrato é muito claro. Ainda de acordo com os mesmos autores, a análise de variância para matéria seca mostrou existir efeito da calagem, indicando ser esta espécie menos tolerante à acidez e, possivelmente, mais exigente quanto a Ca e Mg. Da mesma forma, Paredes et al. (1995), trabalhando com mudas da mesma espécie, também verificaram um aumento na produção de matéria seca, altura e diâmetro do coleto das mudas quando da aplicação de calagem ao substrato de produção das mudas utilizado, resultado que corrobora o obtido para a mesma espécie, no trabalho anterior.

Da mesma forma, mudas de *Eucalyptus grandis* apresentaram resposta significativa sobre o crescimento à aplicação de calagem ao substrato, o que se justificou pela presença de apenas $0,1 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo (NOVAIS et al., 1980b). Os

mesmos autores destacam que, para esta espécie, e nas condições estudadas, foi obtida uma altura máxima com a aplicação de 2,861 kg de calcário dolomítico por metro cúbico de substrato. Concordando com o verificado no trabalho anterior, Novais et al. (1980a) verificaram, para a mesma espécie utilizada no trabalho anterior, que a resposta à calagem era verificada quando a concentração de Ca^{2+} trocável no solo era de 0,10 cmol/dm^3 de solo, ou quando o Al^{3+} trocável era igual ou superior a 0,65 – 0,70 cmol/dm^3 de solo.

Mann et al. (1996), trabalhando com mudas de oito espécies florestais, produzidas em um cambissolo álico, verificaram que a calagem favoreceu o crescimento das espécies florestais, destacando, porém, que a intensidade de resposta foi variável, conforme a espécie e o parâmetro avaliado. No entanto, para mudas de *Dalbergia nigra* (jacarandá da Bahia) foi constatada uma resposta negativa à aplicação de calagem ao substrato de plantio, quando foram considerados o diâmetro do coleto e a altura total das plantas (REIS et al., 1997). Os mesmos pesquisadores destacaram ainda que também não foi detectada resposta significativa à calagem, no tocante à produção de matéria seca, sendo que essa ausência de resposta ao tratamento deveu-se provavelmente ao uso de superfosfato triplo no substrato de plantio utilizado, o que teria levado o mesmo a apresentar um teor de Ca suficiente para suprir as necessidades das mudas.

Ausência de resposta à aplicação de corretivo de acidez do solo também foi observada por Balieiro et al. (2001) para mudas das espécies *A. holosericea* e *A. auriculiformis*. Segundo os mesmos pesquisadores, as variáveis de crescimento avaliadas não refletiram respostas significativas à adição do corretivo, o que evidencia a tolerância das espécies à acidez do solo, fato que também pode ser observado em nível de campo. Apesar disso, árvores de *Zeyheria tuberculosa* (ipê felpudo) contrariam o verificado para as duas espécies anteriores, tendo apresentado menor desenvolvimento e crescimento quando foram plantadas em locais onde o solo apresentava baixa saturação por bases, baixos teores de Ca^{2+} e elevada saturação por alumínio (SILVEIRA et al., 1995).

Mudas de *Acacia mangium* não responderam à aplicação de calagem ao solo, tendo essa falta de resposta sido constatada para as matérias secas de folhas, ramos e total, bem como para o diâmetro do caule, contrastando com o verificado no trabalho anterior (DIAS et al., 1990). De acordo com os mesmos pesquisadores, a falta de resposta verificada para a espécie à adição da mistura corretiva pode estar relacionada ao fato de que foram adicionados 60 mg de S/ dm^3 de solo na forma de gesso e que o cálcio

adicionado ao solo ($0,37 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) já tenha sido suficiente para suprir as necessidades da planta, sugerindo que as plantas desta espécie requerem, para a fase de muda, baixos teores deste nutriente no solo.

Já para mudas de *Eucalyptus* spp, Goulart et al. (1990) verificaram que o crescimento de todas as espécies estudadas expresso pela altura e peso de matéria seca foi significativamente afetado pela aplicação de calagem. Essa resposta coincide com o verificado por Novais et al. (1979), onde os pesquisadores verificaram, para *Eucalyptus grandis*, resposta significativa à calagem como fonte de Ca^{2+} para as plantas. De acordo com estes mesmos autores, esses resultados sugerem que o nível crítico de cálcio trocável esteja em torno de $0,25 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, concluindo ainda que a utilização de solos pobres em cálcio favoreceu a resposta positiva das plantas de *E. grandis* à calagem.

A elevação da saturação por bases do substrato também teve efeito positivo no desenvolvimento de mudas de *Tabebuia impetiginosa* (ipê-roxo), tendo, de acordo com Cruz et al. (2004), alcançado os melhores valores para os atributos morfológicos avaliados, bem como dos indicadores de qualidade das mudas da referida espécie quando da elevação da saturação por bases para 50% em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Da mesma forma, a aplicação de corretivo da acidez afetou o crescimento de plantas de *Sclerolobium paniculatum* (táxi-branco), não tendo, no entanto, de acordo com as análises realizadas, sido verificada resposta significativa das plantas, à adição da mistura corretiva para a produção de matéria seca foliar de ramos e total (DIAS et al., 1991b). De acordo com os mesmos autores, esta falta de resposta pode estar relacionada ao fato de que foi adicionado ao solo cálcio na forma de gesso, de forma que as necessidades das plantas foram atendidas. Os pesquisadores ressaltaram ainda que, como o solo utilizado no trabalho apresentava baixíssimo teor de Ca^{2+} , pode-se concluir que o táxi-branco, na sua fase de muda, apresenta baixo requerimento deste nutriente, tendo o nível crítico do nutriente no solo sido inferior a $0,37 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

2.1.4.3.1.1. Efeitos da relação Ca:Mg do corretivo

De acordo com Silva e Defelipo (1993), o suprimento de cálcio e magnésio normalmente está vinculado à aplicação de calcário, e em virtude da baixa quantidade de magnésio existente nos corretivos calcínicos, o uso corrente dos mesmos faz com que

a relação Ca:Mg do solo seja afetada, podendo prejudicar o desenvolvimento das plantas devido a uma ausência do magnésio. Arantes (1983) afirma que uma variação na relação Ca:Mg provoca alterações visíveis no crescimento das plantas.

Venturin et al. (2000) destacaram que a aplicação de calcário calcítico, ou mesmo dolomítico, em solos naturalmente pobres pode afetar a sua relação Ca:Mg, com conseqüentes efeitos negativos na nutrição e crescimento das plantas. Essa afirmação vem de encontro com o verificado por Reis et al. (1997) para produção de mudas de *Dalbergia nigra*, onde a aplicação de calcário dolomítico (4:1) resultou em incrementos negativos, destacando ainda os autores que, os teores de Ca e Mg exigidos pela espécie utilizada no trabalho são baixos, e os efeitos da alta saturação de alumínio trocável não foram negativos para o crescimento da espécie.

De acordo com Lima et al. (1981), se o equilíbrio Ca:Mg no solo não é adequado, há condições para a deficiência induzida de um dos nutrientes como conseqüência de antagonismos na absorção, como a competição entre íons.

Venturin et al. (2000) verificaram, em mudas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão), que a relação Ca:Mg do corretivo adicionado ao solo influenciou o desenvolvimento e nutrição das plantas, entretanto, de acordo com os mesmos pesquisadores, não se obteve um comportamento coerente que indicasse a tendência de resposta das plantas ao aumento ou redução da relação entre os nutrientes. De qualquer forma, os pesquisadores concluíram que, para as condições experimentais utilizadas, e para a espécie considerada, o uso de calcário calcítico mais uma fonte solúvel de magnésio é mais efetiva que o uso de calcário dolomítico.

No caso de mudas de *Eucalyptus grandis*, Silva e Defelipo (1993) verificaram que a relação Ca:Mg no solo variou de 1,03:1 a 0,40:1, o que, de acordo com os pesquisadores, evidenciou a resposta positiva ao magnésio, tendo o equilíbrio ótimo do corretivo sido determinado como sendo de 5% Ca:95% Mg ou 24,5% Ca:75,5% Mg, sendo também deslocado em favor do magnésio.

2.1.5. Enxofre (S)

A fonte primária deste nutriente para as plantas são as rochas ígneas (FAQUIN 1994), nas quais o elemento ocorre em geral em pequenas proporções como sulfato (RAIJ, 1991).

No solo, a maior parte do S se encontra na forma orgânica, permanecendo combinado com carbono e nitrogênio, como nas plantas, nas quais participa das proteínas (RAIJ, 1991). A fração mineral do nutriente no solo é, em geral, reduzida, de menos de 5 % do total, sendo que em condições anaeróbicas, de solos permanentemente encharcados, ocorrem sulfetos, podendo haver desprendimento de H₂S do solo ou até a formação do S elementar (RAIJ, 1991; FAQUIN, 1994).

Sulfatos de cálcio, magnésio, potássio e sódio podem ser importantes em solos das regiões áridas, bem como em solos ricos em argilas do tipo 1:1 e óxidos de ferro e alumínio, sendo comum haver adsorção de sulfato (RAIJ, 1991). Em subsolos de áreas muito adubadas, pode haver acúmulo de quantidades consideráveis de sulfatos adsorvidos (FAQUIN, 1994).

A atmosfera é outra fonte adicional de S que aparece na forma de SO₂, oriundo da queima de combustíveis fósseis, atividade vulcânica e de outros produtos orgânicos; o H₂S também é desprendido de pântanos e da matéria orgânica em decomposição (RAIJ, 1991; FAQUIN, 1994).

2.1.5.1. Enxofre no solo

Desconsiderando-se os solos das regiões semi-áridas, a matéria orgânica é o principal reservatório de enxofre para as culturas, que para ser aproveitado pelas plantas deve ser mineralizado (FAQUIN, 1994). O mesmo autor destaca que, para que ocorra esse processo de mineralização do S-orgânico que representa cerca de 60 a 90 % do total de S do solo, há uma dependência da relação C/S, sendo que, quando esta tiver um valor menor do que 200, o sulfato geralmente se acumula; quando estiver em um valor acima de 400, o sulfato produzido e mais o existente no solo são imobilizados.

A forma em que o enxofre é absorvido pelas plantas é a forma aniônica (SO₄²⁻), e em muitos solos essa forma não é retida no solo, podendo ser, dessa forma, facilmente lixiviado (RAIJ, 1991). O mesmo autor destaca que em solos que predominam óxidos de ferro e alumínio, além de caulinita, pode haver adsorção específica de SO₄²⁻ no solo, sendo um fator muito importante nessa adsorção, o pH do solo, que, quanto maior for, menor é a adsorção.

Na camada arável do solo, o sulfato enfrenta três fatores que dificultam a sua permanência: a presença de teores maiores de matéria orgânica, que reduzem a adsorção por óxidos e aumentam a carga negativa do solo, portanto repelindo os sulfatos; a

aplicação freqüente de calcário, causando o aumento do pH e a liberação de sulfatos adsorvidos; e os fosfatos aplicados em adubações que ocupam, preferencialmente, as posições de troca que seriam ocupadas por sulfatos (RAIJ, 1991). Por isso, em solos de regiões tropicais ocorre acúmulo de sulfatos no subsolo (FOX; BLAIR, 1986), fazendo com que, em solos que receberam aplicações abundantes de sulfatos no passado, a deficiência de enxofre não se manifeste facilmente, se houver acúmulo no subsolo (RAIJ, 1991).

Concordando com os autores anteriores, Mendonça et al. (1999) também afirmam que a fixação do sulfato é maior em solos ácidos e diminui com o aumento do pH, entretanto, trabalhando com mudas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) cultivadas em um cambissolo, os pesquisadores encontraram os maiores teores de enxofre nas folhas de mudas submetidas aos tratamentos com omissão de calagem, o que, segundo os mesmos autores, se justificou pelo fato de se ter usado como fonte de cálcio no tratamento de omissão de calagem o $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ que é capaz de extrair o enxofre adsorvido no solo, fazendo com que a disponibilidade do nutriente em solução aumentasse com conseqüente aumento da absorção do nutriente pelas raízes das plantas.

2.1.5.2. Enxofre na planta

Na planta, o S encontra-se, na sua maior parte, nas proteínas, sendo encontrado em teores dentro das mesmas que variam entre 2 e 5 g/kg da matéria seca (MARSCHNER, 1995). As necessidades, de acordo com o mesmo autor, para a maioria das culturas estão na faixa de 10 e 30 kg/ha de S, podendo ser mais elevadas para as culturas exigentes (FAQUIN, 1994). Esse valor, segundo Raij (1991), é muito mais alto do que a atmosfera pode suprir em condições normais médias, de forma que, com o passar do tempo, a matéria orgânica do solo deve suprir cada vez menos enxofre, de maneira similar ao que acontece com o nitrogênio, com a diferença de que, no caso do enxofre, pode-se esperar acúmulo do nutriente no solo por causa das adubações.

Para mudas de *Schizolobium amazonicum* (paricá) cultivadas em solução nutritiva, a maior concentração do nutriente foi verificada nas raízes, onde foi encontrada uma concentração de 1,87 g/kg no tratamento com omissão de S, contra uma concentração de 6,13 g/kg encontrada no tratamento completo (MARQUES et al., 2004). No trabalho, os pesquisadores ressaltaram que a omissão de enxofre reduziu o teor do nutriente em todas as partes da planta. Os mesmos autores encontraram menores teores do nutriente

nas folhas e no caule das plantas sob omissão de S, tendo observado concentrações de 2,20 e 1,43 g/kg respectivamente para essas partes da planta, contra teores de 2,70 e 2,23 g/kg de S nas plantas submetidas ao tratamento completo.

Além do SO_4^{2-} absorvido pelas raízes, estudos têm mostrado que o SO_2 atmosférico pode ser absorvido através dos estômatos das folhas e metabolizado, fazendo-o, porém, de modo pouco eficiente (FAQUIN, 1994). Além disso, o mesmo autor menciona ainda que o S elementar usado como defensivo agrícola na forma de pó molhável aplicado às folhas também pode ser absorvido pelas folhas e frutos e ser metabolizado. Altos níveis de alguns ânions como o cloreto (Cl^-) e selenato (SeO_4^{2-}) reduzem a absorção do sulfato por inibição competitiva (MARSCHNER, 1995).

O sulfato é transportado das raízes para a parte aérea via xilema, apresentando ainda pequena redistribuição (MARSCHNER, 1995). De acordo com o mesmo autor, sob condições de carência a deficiência de S ocorre nos órgãos mais novos, como as folhas mais novas sendo os sintomas semelhantes aos que ocorrem sob deficiência de nitrogênio.

Mudas de *Cedrela fissilis* (cedro) cultivadas em solução nutritiva com omissão de enxofre demonstram o afirmado pelo autor anterior, ao apresentar sintomas de deficiência similares aos que ocorreram no tratamento em que se omitiu o nitrogênio, tendo os primeiros sintomas manifestado-se nas folhas mais novas, que apresentaram uma coloração verde-amarela, contrastando com a coloração das folhas mais velhas (SILVA; MUNIZ, 1995).

Da mesma forma, em mudas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa) os primeiros sintomas de deficiência do nutriente apareceram nas folhas mais novas, que apresentavam clorose generalizada, distinguindo-se de acordo com os autores nitidamente das demais, que tinham coloração verde-escura (MUNIZ; SILVA, 1995). Apesar disso, os pesquisadores ressaltaram que as plantas apresentavam-se bem desenvolvidas.

O enxofre participa de dois aminoácidos essenciais, a cistina e a metionina, além de participar em um grande número de compostos e reações, de forma que a carência do nutriente provoca uma série de distúrbios metabólicos como a interrupção da síntese de proteínas (MARSCHNER, 1995). É destacado pelo mesmo autor ainda, que, em plantas deficientes em enxofre, o crescimento é retardado e as plantas se apresentam uniformemente cloróticas, aparecendo essa clorose generalizada primeiro nas folhas mais novas, devido a pouca redistribuição do nutriente nos tecidos vegetais.

2.1.5.3. Respostas de diferentes espécies arbóreas florestais à adubação com enxofre

Na nutrição de plantas com enxofre, duas situações podem ocorrer: em solos com falta do nutriente a deficiência do nutriente não aparece quando se empregam adubos que contenham sulfato; ou, em solos onde as análises químicas não revelam falta de enxofre, sua deficiência pode ser induzida como resultado da aplicação de adubos nitrogenados e, ou, fosfatados com altos conteúdos de N e P (ALVAREZ, 1974).

As respostas à adubação com enxofre não têm sido tão comuns quando as culturas recebem níveis baixos de adubação com N e P. No entanto, quando estes nutrientes são adicionados em quantidades apreciáveis e as culturas são intensivas, a deficiência de enxofre se apresenta em muitos solos (ALVAREZ, 1974). Apesar disso, respostas de culturas a enxofre têm sido freqüentes em experimentos realizados no Brasil e em outras regiões tropicais (ALVAREZ, 1974; FOX; BLAIR, 1986).

De forma a confirmar as afirmações anteriores, a ausência de enxofre no meio de crescimento mostrou-se limitante para o crescimento de plantas de *Copaifera langsdorffii* (óleo copaíba) quando cultivadas em solos com pequena disponibilidade do nutriente, como o Latossolo Vermelho Amarelo utilizado por Duboc et al. (1996b). No entanto, mudas de *Sclerolobium paniculatum* (táxi-branco) cultivadas por Dias et al. (1992) em um Latossolo Vermelho Amarelo não apresentaram resposta significativa de nenhum dos diferentes parâmetros de crescimento usados na avaliação, à adição de enxofre ao substrato, que apresentava originalmente um teor de 5,1 mg de S/dm³ de solo. De acordo com os pesquisadores, tal fato permite concluir que o nível crítico do nutriente no solo para a referida espécie é inferior a esse valor, pois os teores de enxofre recuperados do solo pelo extrator ajustado em função das doses aplicadas demonstraram aumento da disponibilidade desse nutriente com as doses adicionadas.

A altura e o diâmetro de mudas de *Peltophorum dubium* (angico-amarelo) foram afetados pela omissão de enxofre, tendo esses parâmetros alcançado maiores valores no tratamento completo quando comparado ao tratamento da omissão do nutriente, tendo dessa forma, afetado o crescimento das mudas (VENTURIN et al., 1999). Da mesma forma, o sistema radicular também foi significativamente afetado pela omissão de enxofre, tendo alterado o fracionamento de assimilados, com reflexos na relação raiz/parte aérea. Os mesmos pesquisadores encontraram um teor do nutriente na matéria seca da parte aérea no tratamento com a omissão do enxofre de 0,46 g/kg, e verificaram

que a omissão do nutriente causou as maiores alterações na nutrição das plantas. De acordo com os mesmos pesquisadores, o teor de S no tratamento completo (0,36 g/kg) foi inferior ao encontrado no tratamento com a omissão do nutriente, devido a um efeito de diluição do nutriente, em virtude de sua maior produção de matéria seca.

Contrariando o observado para o angico-amarelo, mudas de *Dalbergia nigra* (jacarandá da Bahia) responderam negativamente à aplicação das doses do nutriente ao substrato, um Latossolo Vermelho Amarelo álico, o que evidenciaria que o nível crítico do nutriente para esta espécie seria menor do que o teor existente naturalmente no solo que foi de 4,8 mg/dm³ (REIS et al., 1997).

Essa falta de resposta a doses de enxofre pode estar associada, de acordo com Marschner (1995), ao acúmulo de enxofre não metabolizado e de compostos sulfurosos não protéicos, causado pelo excedente da quantidade requerida para a síntese protéica. Esse excesso pode ocasionar redução na produção de matéria seca, de acordo com Fox (1976). As células do sistema radicular não apresentam um mecanismo suficientemente capaz de evitar a absorção de excesso de enxofre (RENNENBERG, 1984). Além disso, Alvarez (1974) afirma que respostas ao enxofre não tem sido observadas quando as plantas não recebem doses adequadas de fósforo, pois com o aumento da dose de S há maior demanda de P devido ao fato de a planta necessitar de mais energia para reduzir o sulfato a compostos orgânicos.

Cultivadas em um latossolo vermelho-amarelo, Braga et al. (1995) utilizaram a técnica do nutriente faltante e verificaram que a omissão do enxofre no meio de crescimento, afetou o crescimento da parte aérea e radicular das plantas de *A. mangium*. Verificaram ainda que a produção de matéria seca, o diâmetro do caule e altura de plantas de *Tibouchina granulosa* (quaresmeira); a produção de matéria seca e diâmetro do caule de plantas *Aspidosperma polyneuron* de (peroba rosa); a produção de biomassa da parte aérea e radicular bem como a altura de plantas de *Platycyamus regnellii* (pereira), também foram afetados pela omissão do nutriente no meio de crescimento. Os mesmos pesquisadores verificaram ainda que a omissão de enxofre fez com que a relação raiz/parte aérea das plantas de pereira aumentasse. De acordo com Clarkson (1985), a relação raiz/parte aérea é comumente maior em ambiente de baixa fertilidade, podendo ser considerada uma estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes naquela condição, sendo que entre os nutrientes que mais afetam esta relação está o enxofre. Todas as quatro espécies florestais utilizadas por Braga et al. (1995) apresentaram menores teores de enxofre na matéria seca de parte aérea nos tratamentos

com omissão do nutriente, quando comparado ao tratamento completo, sendo esses teores de 0,7 e 1,0 g/kg para *A. mangium*; 0,9 e 1,3 g/kg para quaresmeira; 1,5 e 1,7 g/kg para pereira e 1,5 e 1,7 g/kg para peroba-rosa, nos tratamentos com omissão de S e completo, respectivamente.

Maffeis et al. (2000), produziram mudas de *Eucalyptus citriodora* em solução nutritiva, e verificaram que a omissão do S fez com que as mudas tivessem menor crescimento em altura e diâmetro, bem como menor biomassa de folhas (g/planta), comparativamente ao obtido nas mudas produzidas em solução completa. Apesar disso, os mesmos autores não detectaram sintomas visuais de deficiência nutricional nas plantas, o que segundo eles se deveu ao fato de as plantas terem sido cultivadas em solução completa nos três primeiros meses e, dessa forma, terem absorvido quantidade suficiente do nutriente para atender à demanda até a idade de 11 meses, quando foi encerrado o experimento. O teor de S encontrado no tratamento com omissão do nutriente foi menor do que o encontrado no tratamento completo (0,53 e 0,87 g/kg, respectivamente). No entanto de acordo com os mesmos autores, estes valores não diferiram entre si, pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

Já plantas de *Hymenaea courbaril* (jatobá) cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo com baixa disponibilidade de nutrientes não tiveram seu crescimento significativamente reduzido quando submetidas ao tratamento com omissão de enxofre, e os valores de altura, diâmetro, matéria seca de parte aérea, raiz e relação raiz/parte aérea não diferiram estatisticamente, dos obtidos no tratamento completo (DUBOC et al., 1996a). Os pesquisadores afirmam que as características de crescimento das plantas de jatobá demonstram ser uma espécie pouco responsiva, concordando com Clarkson (1985), que diz que plantas de crescimento lento são menos sensíveis às mudanças no ambiente nutricional, refletindo em taxa menos flexível de crescimento. As plantas de jatobá no tratamento sob omissão de S produziram 14,2 % a mais de matéria seca de parte aérea, contudo sem diferir do tratamento completo (DUBOC et al., 1996a). Apesar disso, os pesquisadores verificaram que o teor de enxofre sob omissão foi 2,6 vezes menor que o encontrado no tratamento completo e 2 vezes menor do que no tratamento testemunha, podendo esses valores indicar possivelmente o baixo requerimento deste nutriente pelas plantas de jatobá.

Mudas de cinco espécies nativas: *Cecropia* sp. (embaúba), *Stenolobium stans* (ipê-mirim), *Senna macranthera* (fedegoso), *Senna multijuga* (cássia) e *Peltophorum dubium* (angico amarelo), que foram cultivados em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico,

apresentaram decréscimo no teor foliar de enxofre em cerca de 50 %, quando o nutriente deixou de ser fornecido através da aplicação de superfosfato simples ao substrato, caracterizando o elevado requerimento nutricional para enxofre pelas espécies estudadas (CARNIEL et al., 1993). Da mesma forma o nutriente foi altamente limitante para o crescimento de mudas de *Cedrela fissilis* (cedro), *Piptadenia gonoacantha* (jacaré), *Caesalpineia ferrea* (pau ferro) e *Senna multijuga* (canafístula) em um Latossolo Vermelho Amarelo de fertilidade natural muito baixa, conforme foi verificado por Renó et al. (1997). Essa omissão do nutriente prejudicou a produção relativa de matéria seca de todas as quatro espécies consideradas no estudo, fazendo com que os pesquisadores concluíssem que a aplicação de enxofre em um solo com as características do que foi utilizado neste trabalho seja fundamental.

No entanto, contrariando o obtido para as espécies anteriores, Mendonça et al. (1999), verificaram que, para mudas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão), a omissão de enxofre não afetou o crescimento em altura nem a produção de matéria seca da parte aérea e radicular, tendo, inclusive, a omissão do nutriente propiciado maior crescimento em diâmetro, apesar de não ter diferido do tratamento completo. Os mesmos autores acrescentaram que a ausência de enxofre no substrato de crescimento das mudas, um Cambissolo, não causou prejuízo ao desenvolvimento das mudas da espécie em questão e nem afetou negativamente o aspecto visual das plantas.

Paredes et al. (1995) cultivaram mudas de *Mimosa tenuiflora* em um Latossolo Vermelho Amarelo e avaliaram, entre outras coisas, a resposta das plantas a doses de enxofre. Ao final do período experimental, constataram que a aplicação das diferentes doses de enxofre proporcionaram aumento na produção de matéria seca, altura e diâmetro das mudas da espécie, tendo sido recomendada uma dose de 12,65 mg/dm³ de enxofre e também determinado o nível crítico de enxofre no solo e na planta (13,14 mg/dm³ e 0,11 dag/kg, respectivamente), para a produção das mudas dessa espécie. Esse resultado concorda com o obtido por Fernandez et al. (1996), que, trabalhando com mudas da mesma espécie cultivadas em um Latossolo variação Una álico, verificaram que a aplicação de diferentes doses de enxofre ao substrato de plantio proporcionou, também nesse caso, aumento da produção de matéria seca das plantas. Estes mesmos autores encontraram uma dose recomendada de 14,0 mg de S/dm³ de solo, bem como níveis críticos no solo e na planta de 17,6 mg/dm³ e 0,11 dag/kg, respectivamente.

Mudas de *A. holosericea* responderam positivamente à adição de enxofre a um Latossolo Vermelho Amarelo álico, no que se refere à produção de matéria seca de

parte aérea, tendo sido determinada uma dose recomendável de 20 mg/dm³ e um nível crítico do nutriente no solo de 8,89 mg/dm³ (BALIEIRO et al., 2001). No entanto, no mesmo trabalho, os mesmos autores encontraram resposta negativa da adição de S ao substrato para mudas de *A. auriculiformis* para todas as variáveis de crescimento avaliadas, comportamento que, segundo os pesquisadores, evidencia a baixa exigência do nutriente pela espécie em questão e que o nível crítico desse nutriente no solo é inferior ao encontrado naturalmente no substrato utilizado (5,1 mg/dm³).

De acordo com Raij (1991), o maior problema na aplicação de enxofre está na sua ausência em formulações NPK de alta concentração, pois não há ainda uma mentalidade arraigada da necessidade de aplicação de enxofre e, muitas vezes, deixa-se faltar o elemento. O mesmo autor destaca ainda que a aplicação de enxofre isoladamente é, muitas vezes, inconveniente, por exigir uma operação a mais. No entanto, o S existe em diversos adubos, como é o caso do superfosfato simples, sulfato de amônio e sulfato de potássio, e no gesso, que é um sub-produto da fabricação de ácido fosfórico, aplicado no solo, têm sido responsável, em grande parte, pelos resultados favoráveis observados, devido à presença de enxofre em sua composição (RAIJ, 1991).

Alvarez (1974) concorda com o fato descrito, afirmando que a aplicação de alguns adubos fosfatados e nitrogenados fornece, além dos nutrientes fósforo e nitrogênio, quantidades apreciáveis de enxofre, fazendo com que, muitas vezes, o efeito deste nutriente não seja constatado, sendo a sua deficiência relegada a segundo plano. Apesar disso, segundo o mesmo autor, em solos cujas análises químicas não revelaram falta de enxofre o uso de adubos concentrados, com altos níveis de fósforo e, ou, nitrogênio, tem induzido a deficiência do nutriente, evidenciando assim, um desequilíbrio entre ânions, pois o uso de altas doses de fósforo pode causar desequilíbrio na adsorção de fosfatos e sulfatos na fase sólida do solo.

3. CONCLUSÃO

As espécies arbóreas respondem diferentemente à aplicação ou omissão dos macronutrientes no meio de crescimento.

De forma geral, pode-se concluir que a adição dos macronutrientes ao meio de crescimento tem efeitos significativos sobre o crescimento das plantas.

Tendo em vista a diferença constatada de necessidades nutricionais das diferentes espécies arbóreas florestais, ficou evidente a importância da determinação de doses críticas dos macronutrientes para permitir a recomendação correta de fertilização do substrato de produção de mudas.

4. REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1974. 125 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: ALVAREZ V., V. H.; GUIMARÃES, P. T. G.; RIBEIRO, A. C. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 43-60.

ALVES, V. M. C.; SANTANNA, C. A. F.; SENA, J. S. P.; BRAGA, J. M. Efeito da adubação potássica na produção de matéria seca de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos...** Manaus, AM: SBCS, 1996a. p. 335-336. 693p.

ALVES, V. M. C.; SANTANNA, C. A. F.; SENA, J. S. P.; BRAGA, J. M. Influência do Mg no crescimento de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos...** Manaus, AM: SBCS, 1996b. p. 341-342. 693p.

ARANTES, E. M. **Efeito da relação Ca:Mg do corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, concentração de K, Ca, Mg e equilíbrio catiônico do milho (*Zea mays*, L.)**. Lavras, MG: UFLA, 1983. 62p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BALLARD, R.; PRITCHETT, W. L. **Soil testing as a guide to phosphorus fertilization of young pine plantation in Coastal Plain Agricultural Experiment Stations**. Gainesville: University of Florida, 1975. 22p. (Boletim, 778).

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

BARBOSA, Z.; VENTURIN, R. P.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Fr. All.) Eng.) sob diferentes saturações por bases. II. Teor foliar de macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995a. p. 806-808. 1158p.

BARBOSA, Z.; VENTURIN, R. P.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Fr. All.) Eng.) sob diferentes saturações por bases. I. Crescimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995b. p. 806-808. 1158p.

BERGER, T. W.; GLATZEL, G. Response of *Quercus petraea* seedlings to nitrogen fertilization. **Forest Ecology and Management**, Viena, v. 149, n. 1, p. 1-14, 2001.

- BOVI, M. L. A.; GODOY JR, G.; SPIERING, S. H. Respostas de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 161-166. 2002.
- BRAGA, F. A.; VALE, F. R. do; VENTORIN, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n.1, p. 18-31, 1995.
- CARMO, C. A. F. S.; MENEGUELLI, N. A.; LIMA, J. A. S.; EIRA, P. A.; CUNHA, T. J. F. Avaliação do estado nutricional de seringueiras implantados na região da Zona da Mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1437-1444, 2002.
- CARNIEL, T.; LIMA, H. N.; VALE, F. R. do; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N. Resposta à adubação no campo de cinco espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993. Goiânia, GO. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 211-212. 418p.
- CARPANEZZI, A. A.; BRITO, J. O.; FERNANDES, P.; JARK FILHO, W. Teor de macro e micronutrientes em folhas de diferentes idades de algumas espécies florestais nativas. **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 23, p. 225-232. 1976.
- CARVALHO, M. M. Ações visando recuperação de áreas de pastagens degradadas. In: ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 1., 1997, Viçosa, **Anais...** Viçosa, MG: CMCN/DEF/UFV, 1997. p. 202-206. 488p.
- CLARKE, A. L.; BARLEY, K. P. The uptake of nitrogen salts in relation to solute diffusion. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 6, p. 75-79, 1968.
- CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, Ilhéus, 1984. **Anais...** Ilhéus, BA: CEPLAC/SBCS, 1985. p. 45-75.
- COELHO, F. S. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1975. 384p.
- CRESTANA, C. S. M.; BATISTA, E. A.; MARIANO, G.; COUTO, H. T. Z.; PINTO, M. M. Sombreamento e adubação nitrogenada no crescimento de mudas de guarantã – *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.7, n. 2, p. 115-123, 1995.
- CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C. O.; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 100-107, 2004.

DELU FILHO, N.; OLIVEIRA, L. E. M.; VALE, F. R. do. Efeito de diferentes concentrações de nitrato sobre o crescimento e atividade da redutase do nitrato em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 447-454, 1997.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V, V. H.; BRIENZA JR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n.1, p. 11-22, 1991a.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V, V. H.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F.; BRIENZA JR, S. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel) I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991b.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V, V. H.; JUNIOR, S. B. Formação de mudas de *Acacia mangium*: 1. Resposta à calcário e a fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão, SP. **Anais...** Campos do Jordão, SP: SBS, p.449-453, 1990.

DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; BRIENZA JR, S. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

DRESCHER, P.; ZECH, W. Foliar nutrient levels of broad leaved tropical trees: a tabular review. **Plant and Soil**, v. 131, p. 29-46, 1991.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R. do, DAVIDE, A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 31-47, 1996a.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R. do; DAVIDE, A. C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 1-12, 1996b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997. 212 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras, MG: ESAL; FAEPE, 1994. 227 p.

FARIA, M. P.; VALE, F. R. do; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N. Crescimento de Leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. II. *Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 433-446, 1995a.

FARIA, M. P.; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R. do; CURI, N. Crescimento de Leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. I. *Albizia lebbek* (L.) BENTH. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 293-307, 1995b.

- FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; PAIVA, H. N.; MIRANDA, J. R. P. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber.). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 37, p. 123-131, 2002.
- FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. do. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.
- FERNÁNDEZ, J. Q. P.; RUIVO, M. L. P.; DIAS, L. E.; COSTA, J. P. V.; DIAZ, R. R. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 4, p. 425-431, 1996.
- FOX, R. L. Sulfur and nitrogen requirements of sugar cane. **Agronomy Journal**, v. 68, n. 6, p. 891-896, 1976.
- FOX, R. L.; BLAIR, G. J. Plant response to sulfur in tropical soils. In: TABATABAI, M. A. (Ed.) **Sulfur in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 405-434.
- FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R. do; FAQUIN, V. FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 001-012, 1999.
- GARCIA, N. C. P. **Efeitos da calagem e de níveis de fósforo sobre o crescimento e composição mineral de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.)**. Viçosa, MG: UFV, 1986. 40 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- GOMES, K. C. O. **Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento e nutrição mineral de mudas de angico-branco e garapa**. Viçosa, MG: UFV. 2002. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- GONÇALVES, J. L. M.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea de eucalipto na presença e ausência da calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 91-104, 1986.
- GOULART, R. V.; TEIXEIRA, J. L.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; MACEDO, P. R. O. Resposta de mudas de *Eucalyptus spp* à calagem. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão, SP. **Anais...** Campos do Jordão: SBS, 1990, p.456-458.
- HABTE, M. Soil acidity as a constraint to the application of vesicular-arbuscular mycorrhizal technology. In: VARMA, A.; HOCK, B. (Ed.). **Mycorrhiza**, New York: Springer-Verlag, 1995. p. 593-605.
- JANOS, D. P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect the growth of *Bactris gasipaes*. **Principes**, v. 21, p. 12-18, 1977.

LIMA, J. A.; DEFELIPO, B. V.; NOVAIS, R. F.; THIÉBAUT, J. T. L. Efeitos das relações Ca:Mg e (Ca+Mg)/K na correção da acidez de dois latossolos e na produção de matéria seca do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv Kada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 28, n. 156, p. 103-115, 1981.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento das plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 87-98, 2000.

MAGALHÃES, A. C. N. **Fotossíntese**. In: Fisiologia vegetal. FERRI, M. G. (coord.). São Paulo: EDUSP, 1979. v. 1, p. 177-183, 1979.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Editora Ceres, 1987. 495p.

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

MANN, E. N.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R. do; FONSECA, F. C. Calagem e crescimento de espécies florestais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996, p. 240-241, 693p.

MARQUES, T. C. L., L. S. M.; CARVALHO, J. G.; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F. Exigências nutricionais do paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) na fase de muda. **Revista Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 167-183, 2004.

MARSCHNER, H. Mineral nutrient acquisition in nonmycorrhizal and mycorrhizal plants. **Phyton-Annales Rei Botanicae**, v. 36, p. 61-68, 1996.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MENDONÇA, A. V. R., NOGUEIRA, F. D.; VENTURIN, N. SOUZA, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodunon urundeuva* Fr. All (Aroeira do Sertão). **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

MIRANDA, J. R. P.; FREIRE, A. L. O.; SOUTO, J. S.; ARAÚJO, G. T.; ROLIM JR, S. S.; MOURA, O. N. Respostas da aroeira (*Myracrodunon urundeuva*) a diferentes relações $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p. 270-271, 693p.

MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G. Exigências nutricionais de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Muller Argoviensis) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 263-271. 1995.

NEVES, J. C. L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus spp* – Tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo.** 1983. 83f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de Eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação solo-Eucalipto.** Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126. 1990.

NICOLOSO, F. T.; FOGAÇA, M. A. F.; ZANCHETTI, F.; MISSIO, E. Nutrição mineral de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) em Argissolo Vermelho Distrófico Arênico: (1) Efeito da adubação NPK no crescimento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1-8, 2001.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus spp*. – Níveis críticos de implantação e de manutenção. **Revista Árvore**, v. 10, n. 1, p. 105-111, 1986.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 29-37, 1982.

NOVAIS, R. F.; GOMES, J. M.; BORGES, E. E. L.; ROCHA, D. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). II. Efeitos da calagem, do N e do superfosfato simples. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 1-13, 1980a.

NOVAIS, R. F.; GOMES, J. M.; FILHO, M. B. N.; BORGES, E. E. L. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). III. Efeitos da calagem, do superfosfato simples e de um fertilizante NPK. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 111-123, 1980b.

NOVAIS, R. F.; GOMES, J. M.; ROCHA, D.; BORGES, E. E. L. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). I. Efeitos da calagem e dos nutrientes N, P e K. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 121-134, 1979.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Relação fonte-dreno de fósforo no solo. In: NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. (Eds.). **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 2-6.

OLIVEIRA, J. M. F.; SILVA, A. J.; SCHWENGBER, D. R.; DUARTE, O. R. Respostas de mudas de Angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1-5, 1998.

PAREDES F., J. Q.; RUIVO, M. L. P.; COSTA, J. P. V.; DIAS, L. E.; RUIZ DIAZ, R. Formação de mudas de *Mimosa tenuiflora*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. p. 813-815, 1158p.

PARON, M. E.; SIQUIERA, J. O.; CURI, N.; VALE, F. R. do. Crescimento da copaíba e guatambu em resposta a fungo micorrízico, superfosfato, nitrogênio e fumigação do solo. **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 15-30, 1996.

PASSOS, M. A. A.; SEDIYAMA, C. S.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Níveis críticos de fósforo para Algaroba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995, p. 811-812, 1158p.

PEZZUTTI, R. V.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 117-125, 1999.

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

REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LELES, P. S. S.; NEVES, J. C. L.; GARCIA, N. C. P. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n.4, p. 463-471, 1997.

RENNENBERG, H. The fate of excess sulfur in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 121-153, 1984.

RENÓ, N. B.; SIQUIERA, J. O.; CURI, N.; VALE, F. R. do. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-25, 1997.

RENÓ, N. B.; VALE, F. R. do; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O. Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais nativas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993. Goiânia, GO. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993, p. 209-210, 418p.

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, 1999.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ROSSI, A. R.; VALE, F. R. do. Nutrição de espécies florestais nativas em função da acidez do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996, p. 242-243. 693p.

SANTANNA, C. A. F.; ALVES, V. M. C.; BRAGA, J. M.; SENA, J. S. P.; MELO, A. Influência do cálcio sobre a produção de matéria seca de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p. 339-340, 693p.

- SILVA, D. J.; DEFELIPO, B. V. Necessidade de calagem e diferentes relações Ca:Mg para a produção de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 303-313, 1993.
- SILVA, I. R.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; VALE, F. R. do. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 205-212, 1997.
- SILVA, I. R.; FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. do; CURI, N. Absorção de nutrientes em espécies florestais sob influência da adubação potássica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 99-108, 1996.
- SILVA, M. A. G.; MUNIZ, A. S. Exigências nutricionais de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Velloso) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 415-425, 1995.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; TERAMOTO, E. R.; DÁRIO, F. R.; BIERWAGEN, R.; MUNIZ, M. R. A.; GONÇALVES, A. N. Avaliação do estado nutricional de duas procedências de ipê felpudo (*Zeyheria tuberculosa*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. p. 797-799, 1158p.
- SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C.; CURI, N.; ROSADO, S. C. S.; DAVIDE, A. C. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 107, p. 241-252, 1998.
- VALE, F. R.; GUEDES, G. A. A.; GUILHERME, L. R. G. **Manejo da fertilidade do solo**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 1995. 206p.
- VENTURIN, N.; DUBOC, E. VALE, F. R. do; DAVIDE, A. C. Adubação mineral do Angico-Amarelo (*Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999.
- VENTURIN, R. P.; BASTOS, A. R. R.; MENDONÇA, A. V. R.; CARVALHO, J. G. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodouon urundeuva* Fr. All.). **Revista Cerne**, v. 6, n. 1, p. 030-0,39, 2000.
- WIENEKE, J. Altered influx/efflux relations of nitrate in roots due to nutrient stress. II. Effect of calcium limitations. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, n. 8, p. 1563-1576, 1995.

CAPITULO 2 - PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB. (CANAFÍSTULA) EM RESPOSTA À MACRONUTRIENTES.

RESUMO – *Peltophorum dubium* (canafístula) é uma Fabaceae-Caesalpinioideae, de rápido crescimento, rusticidade e ótima para uso em reflorestamentos mistos de áreas degradadas. Devido à grande necessidade de informações sobre a nutrição de espécies florestais como a canafístula, avaliou-se o efeito de doses de N, P, K, Ca, Mg e S sobre o crescimento, a produção de biomassa e sobre os índices de qualidade de mudas H/D, H/MSPA, MSPA/MSR e IQD da espécie estudada. No trabalho conduzido em casa de vegetação, foram utilizadas amostras de Latossolo vermelho amarelo distrófico, Latossolo vermelho amarelo álico e Argissolo vermelho amarelo, retiradas da camada abaixo de 20 cm, secos ao ar, peneirados e caracterizados quimicamente. Delimitou-se o trabalho por meio de uma matriz baconiana, avaliando-se três doses dos seis macronutrientes e dois tratamentos adicionais, um com doses de referência e outro sem adição de nutrientes. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, num total de 240 unidades amostrais. Colhidas as plantas, verificou-se, através de análise dos contrastes ortogonais, resposta significativa de todas as variáveis estudadas à aplicação dos macronutrientes, com exceção da relação H/D no Latossolo vermelho-amarelo álico, e para os tratamentos P, Ca e S, no Argissolo vermelho-amarelo. Não foi possível determinar, para todas as diferentes variáveis analisadas, a dose crítica (DC) dos nutrientes, verificando-se, ainda, a necessidade de maior diferenciação entre as doses testadas para se obter maior eficiência na determinação de DC. Usando uma testemunha por nutriente testado, pode-se ter, ainda, uma melhor visão do que ocorre com as plantas de *Peltophorum dubium* em resposta à adição dos mesmos.

1. INTRODUÇÃO

É comum a constatação da ocorrência de problemas de degradação das pastagens em decorrência de um manejo inadequado em algumas propriedades rurais do estado de Minas Gerais (CARVALHO, 1997). Isso tem conseqüências bastante prejudiciais como a perda do solo por erosão e uma baixa retenção da água da chuva.

Este problema se agrava em regiões de topografia acidentada como a Zona da Mata mineira e a região do Rio Doce, e o uso de árvores aparece como uma tecnologia para evitar a degradação das pastagens cultivadas de gramíneas nessas áreas. Isso fica claro ao se levar em conta o potencial das espécies arbóreas para controle da erosão; aumentar a capacidade de infiltração de água no solo; bem como aumentar a disponibilidade de nitrogênio e de outros nutrientes no solo, melhorando com isso as características químicas do mesmo (CARVALHO, 1997).

No entanto, Renó et al. (1993) destacaram que o sucesso no uso de espécies florestais nativas, notadamente em projetos de recuperação de áreas degradadas, depende de um melhor conhecimento dos requerimentos nutricionais das mesmas. Isso se deve ao fato de serem essas informações, necessárias para uma adequada recomendação da adubação.

O conhecimento dos requerimentos nutricionais e da capacidade de adaptação a ambientes distintos das espécies arbóreas florestais nativas é ainda incipiente. Como as diferentes espécies florestais possuem exigências nutricionais diferenciadas, é

necessária a investigação para que se possa otimizar a produção de mudas das mesmas (PEZZUTTI et al., 1999).

A espécie utilizada neste trabalho, *Peltophorum dubium*, é uma Fabaceae-caesalpinioideae; árvore semi-caducifólia a caducifólia, que pode atingir de 10 a 20 m de altura quando adulta e com ampla área de ocorrência no Brasil (CARVALHO, 1994). O mesmo autor ressalta que sua área de ocorrência abrange diversos estados desde o Nordeste, Sudeste até parte do Centro-Oeste e Sul do país, alcançando Uruguai, Paraguai e nordeste da Argentina.

Carvalho (1994) classifica a espécie como sendo secundária inicial com crescimento rápido e medianamente tolerante ao frio. O uso da canafístula é recomendável para a arborização urbana e cercas divisórias de diversas propriedades (VENTURIN et al., 1999) e, devido ao seu rápido crescimento e rusticidade, é ótima para a composição de reflorestamentos mistos de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

A grande diversidade e adaptabilidade de leguminosas arbóreas nas regiões tropicais evidenciam o potencial das mesmas para vasta utilização econômica, assim como também para conservação dos solos agrícolas e recuperação de solos degradados, por meio da produção de biomassa e da capacidade de se associar a bactérias fixadoras de N₂ (FRANCO et al., 1992).

Nesse sentido, para se obter sucesso nos diversos usos potenciais do *Peltophorum dubium*, fica clara a importância de um adequado programa de adubação. Desta forma, para que a fertilização seja empregada de maneira racional, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que visem ao estabelecimento de critérios para a recomendação de fertilização, como a determinação de doses críticas dos nutrientes, por exemplo (GONÇALVES et al., 1986). A determinação destas e o seu relacionamento das mesmas com as respostas da planta pode ser considerada como alternativa para uma melhor recomendação das quantidades a serem aplicadas dos nutrientes ao substrato.

Os objetivos desse trabalho foram, avaliar o efeito da aplicação de doses dos macronutrientes no solo sobre o crescimento de mudas de *Peltophorum dubium* e, determinar doses críticas dos mesmos para estabelecer de um adequado programa de adubação para a espécie estudada.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

Este trabalho foi conduzido em casa de vegetação no viveiro de pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, no período de janeiro a junho de 2006.

O município de Viçosa situa-se nas coordenadas 20°45' S e 42°55' W na Zona da Mata de Minas Gerais (MARISCAL-FLORES, 1993). O clima é classificado como tropical de altitude, com verões chuvosos e invernos frios e secos, do tipo Cwb, pelo sistema de Köppen. A precipitação média anual é de 1.221 mm (DNM, 1992).

Para a realização do estudo foram usadas amostras de três tipos de solos; latossolo vermelho-amarelo distrófico, latossolo vermelho-amarelo álico e argissolo vermelho-amarelo (Tabela 1), que foram retirados da camada abaixo de 20 cm de profundidade, secos ao ar, e peneirados em malha de 4 mm de diâmetro e devidamente caracterizados quimicamente (Tabela 2).

Tabela 1 – Caracterização física (%) das amostras de solos utilizadas na produção das mudas antes da aplicação dos tratamentos

| Fração Mineral | Tipo de Solo | | |
|----------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | Latossolo vermelho amarelo distrófico | Latossolo vermelho amarelo álico | Argissolo vermelho amarelo |
| Argila | 60 | 51 | 39 |
| Silte | 9 | 8 | 16 |
| Areia grossa | 14 | 21 | 27 |
| Areia fina | 17 | 16 | 18 |

As três amostras de solo utilizadas neste estudo são provenientes de áreas próximas ao município de Viçosa, e, segundo Resende et al. (1988), os mesmos têm ocorrência de maneira predominante na região da Zona da Mata mineira, tendo sido, por isso, escolhidos para a realização do experimento.

Tabela 2 – Análise química das amostras de solos utilizadas na produção das mudas antes da aplicação dos tratamentos

| Solo | pH H ₂ O | P mg/dm ³ | K | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ cmol _c /dm ³ | H+Al | SB | (T) | V | m |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|----|------------------|------------------|--|------|------|------|----|----|
| Argissolo | 6,00 | 2,10 | 14 | 1,60 | 0,10 | 0,00 | 3,63 | 1,74 | 5,37 | 32 | 0 |
| LVA álico | 4,80 | 1,40 | 32 | 0,20 | 0,00 | 0,80 | 3,96 | 0,28 | 4,24 | 7 | 74 |
| LVA distrófico | 5,20 | 0,80 | 49 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 1,82 | 0,43 | 2,25 | 19 | 0 |

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5

P e K – Extrator Mehlich 1

CTC (T) – Capacidade de troca catiônica (pH 7,0)

Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator KCl 1 mol/L

H+ Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0

SB – Soma de bases trocáveis

V – Índice de Saturação por bases

MO – C. Org x 1,724 – Método Walkley-Black

m – Saturação por alumínio

2.2. Tratamentos

Para delimitação do trabalho, utilizou-se uma matriz baconiana (TURRENT, 1979) tendo-se avaliado três diferentes doses dos seis macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), com avaliação ainda de dois tratamentos adicionais, sendo um com doses de referência e um outro no qual não foram adicionados nutrientes, de maneira a totalizar 20 tratamentos que foram dispostos segundo um DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado) com quatro repetições para cada um dos três tipos de solo, levando ao total de 240 unidades amostrais.

A unidade experimental foi composta por um vaso de polietileno rígido, contendo cada um 2,1 dm³ de solo. Para a realização deste trabalho, foi escolhida a espécie *Peltophorum dubium* (canafístula), tendo as sementes da referida espécie sido adquiridas junto ao Laboratório de Análise de Sementes (LASO) da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) do Rio Grande do Sul.

Os tratamentos foram dispostos de maneira que, quando a quantidade de um nutriente estivesse variando, as doses dos outros estariam fixas, sendo que as doses e os nutrientes que variam em cada tratamento podem ser visualizados na Tabela 3. A aplicação do nitrogênio foi parcelada (0, 30, 50, 70 e 90 dias), bem como a do potássio (0, 30, 50, 70 e 90 dias) após a semeadura.

Tabela 3 – Apresentação dos tratamentos com doses aplicadas dos nutrientes em cada um dos mesmos.

| TRATAMENTOS | DESCRIÇÃO | UNIDADES |
|-------------|-----------------------|---|
| 1 | Doses de referência * | mg/dm ³ e cmol _c /dm ³ |
| 2 | Solo sem correção | - |
| 3 | N = 50 ** | mg/dm ³ |
| 4 | N = 150 ** | mg/dm ³ |
| 5 | N = 200 ** | mg/dm ³ |
| 6 | P = 150 ** | mg/dm ³ |
| 7 | P = 450 ** | mg/dm ³ |
| 8 | P = 600 ** | mg/dm ³ |
| 9 | K = 50 ** | mg/dm ³ |
| 10 | K = 150 ** | mg/dm ³ |
| 11 | K = 200 ** | mg/dm ³ |
| 12 | Ca = 0,8 ** | cmol _c /dm ³ |
| 13 | Ca = 1,2 ** | cmol _c /dm ³ |
| 14 | Ca = 1,4 ** | cmol _c /dm ³ |
| 15 | Mg = 0,2 ** | cmol _c /dm ³ |
| 16 | Mg = 0,6 ** | cmol _c /dm ³ |
| 17 | Mg = 0,8 ** | cmol _c /dm ³ |
| 18 | S = 20 ** | mg/dm ³ |
| 19 | S = 60 ** | mg/dm ³ |
| 20 | S = 80 ** | mg/dm ³ |

* Valores da dose de referência: N = 100 mg/dm³; P = 300 mg/dm³; K = 100 mg/dm³; Ca = 1 cmol_c/dm³; Mg = 0,4 cmol_c/dm³; S = 40 mg/dm³.

** Em cada tratamento apenas o nutriente indicado tem a dose variando, permanecendo as doses dos demais nutrientes iguais à dose de referência.

Antes da semeadura foi aplicada ainda, uma solução de micronutrientes que tinha em sua composição: boro (B) (0,81 mg/dm³ de H₃BO₃), cobre (Cu) (1,33 mg/dm³ de CuSO₄.5H₂O), molibdênio (Mo) (0,15 mg/dm³ de (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O), manganês (Mn) (3,66 mg/dm³ de MnCl₂.H₂O e zinco (Zn) (4,0 mg/dm³ de ZnSO₄.7H₂O) conforme indicado por Alvarez V. (1974).

Para produção das mudas, foi feita a semeadura direta, colocando-se 10 sementes por vaso. O primeiro raleio foi realizado 15 dias após a emergência das mudas deixando-se duas mudas por vaso, e o segundo aos 30 dias depois, quando se deixou apenas uma muda por vaso. O teor de umidade do solo foi mantido próximo a 60% da capacidade de campo, tendo sido feito um monitoramento diário para este controle.

2.3. Análise dos dados

Foi realizada, aos 120 dias após a semeadura, uma medição de altura com a utilização de uma régua graduada em centímetros e diâmetro do coleto das mudas com um paquímetro com precisão de 0,01 mm, tendo sido o experimento encerrado e as

plantas colhidas, subdivididas em raiz, caule e folhas, lavadas em água destilada e postas a secar em estufa com circulação forçada de ar a 60° C até atingir peso constante.

Depois de seco, o material foi pesado em balança analítica com precisão de 0,01 g, para determinação do peso de matéria seca de raiz (MSR), peso de matéria seca de caule (MSC) e peso de matéria seca de folhas (MSF). Foram também calculados o peso de matéria seca de parte aérea (MSPA), bem como o peso de matéria seca total (MST). De posse desses dados, foram ainda calculados os índices de qualidade de mudas: Altura de parte aérea por diâmetro do coleto (H/D), Altura de parte aérea por peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA), Peso de matéria seca de parte aérea por peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR), bem como o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), de acordo com a fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST}{H/D + MSPA/MSR}$$

Onde:

MST = Peso de matéria seca total (g)

H = Altura de parte aérea (cm)

D = Diâmetro do coleto (mm)

MSR = Peso de matéria seca de raiz (g)

MSPA = Peso de matéria seca da parte aérea (g)

Os dados obtidos foram, então, interpretados estatisticamente, tendo sido feita uma análise dos contrastes ortogonais para verificar se houve efeito significativo dos tratamentos aplicados. Com o uso do software SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genética) foram feitas análises de variância individualmente por solo, com o objetivo de estimar o erro experimental, e de regressão, escolhendo-se o modelo que melhor se ajustou aos dados, com base no coeficiente de determinação (R^2) (EUCLYDES, 1997). O ajuste das equações de regressão foi feito, sendo testados os respectivos coeficientes pelo teste “t”, de Student, com base no quadrado médio do resíduo da ANOVA. Dessa forma, diante de dois ou mais modelos com coeficientes significativos, optou-se por aquele que apresentou maior R^2 . Com essas equações, foram determinadas as doses críticas dos macronutrientes, para obtenção de 90% dos valores máximos estimados das variáveis estudadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Resultados da análise de variância e dos contrastes ortogonais

A análise de variância e dos contrastes ortogonais permitiu inferir um significativo efeito da adição de nutrientes ao substrato sobre o crescimento em altura, diâmetro, produção de matéria seca e sobre os índices de qualidade de mudas das plantas de canafístula nos três tipos de solo utilizados no presente estudo (Tabela 4). Esse fato ocorreu para todos os tratamentos testados, com exceção dos resultados verificados para o índice de qualidade de mudas H/D nas plantas de canafístula cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico e dos tratamentos P, Ca e S nas plantas de canafístula cultivadas em argissolo vermelho-amarelo. Entretanto, apesar de significativo nos demais casos, não foi possível para alguns deles encontrar um modelo estatístico que se ajustasse adequadamente às respostas obtidas, impossibilitando assim, a determinação das doses críticas dos macronutrientes para a espécie estudada.

Efeito positivo da adição de nutrientes ao substrato sobre o crescimento de diferentes espécies florestais arbóreas também foi verificado por Crestana et al. (1995), Braga et al. (1995), Paredes et al. (1995), Santanna et al. (1996), Renó et al. (1997) e Venturin et al. (1999), respectivamente, para o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, da mesma forma que o verificado neste estudo.

Tabela 4 – Quadro resumo da análise de variância apresentando os dados de fonte de variação (FV), grau de liberdade (GL), quadrados médios (QM) e coeficiente de variação (CV)

| Nutrientes | Tipo de solo Variáveis | LVA distrófico | | | | LVA álico | | | | Argissolo | | | |
|------------|---------------------------|----------------|----|------------|--------|-----------|----|------------|--------|-----------|----|------------|--------|
| | | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV |
| Nitrogênio | H120 | Dose | 3 | 35,75729 | 29,795 | Dose | 3 | 9,027291 | 15,645 | Dose | 3 | 45,29062 | 16,128 |
| | | Residuo | 12 | 40,44228 | | Residuo | 12 | 18,03312 | | Residuo | 12 | 14,60313 | |
| | D120 | Dose | 3 | 0,7706895 | 17,122 | Dose | 3 | 1,715083 | 9,618 | Dose | 3 | 0,9570085 | 13,530 |
| | | Residuo | 12 | 0,8765481 | | Residuo | 12 | 0,4356374 | | Residuo | 12 | 0,6192291 | |
| | MSPA | Dose | 3 | 3,999050 | 49,105 | Dose | 3 | 3,370323 | 19,581 | Dose | 3 | 2,441774 | 33,523 |
| | | Residuo | 12 | 3,514095 | | Residuo | 12 | 1,366843 | | Residuo | 12 | 1,796393 | |
| | MSR | Dose | 3 | 0,3137083 | 37,622 | Dose | 3 | 0,7509169 | 13,342 | Dose | 3 | 0,4287229 | 25,317 |
| | | Residuo | 12 | 0,7141709 | | Residuo | 12 | 0,1874541 | | Residuo | 12 | 0,3466688 | |
| | MST | Dose | 3 | 6,450474 | 43,744 | Dose | 3 | 7,225574 | 16,170 | Dose | 3 | 4,741076 | 29,902 |
| | | Residuo | 12 | 7,035778 | | Residuo | 12 | 2,220572 | | Residuo | 12 | 3,575646 | |
| | H/D | Dose | 3 | 0,6361825 | 20,100 | Dose | 3 | 0,2237371 | 15,243 | Dose | 3 | 0,7335438 | 10,055 |
| | | Residuo | 12 | 0,6065302 | | Residuo | 12 | 0,3681610 | | Residuo | 12 | 0,1678532 | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 2,862157 | 18,147 | Dose | 3 | 1,214538 | 13,277 | Dose | 3 | 1,650779 | 19,566 |
| | | Residuo | 12 | 1,215632 | | Residuo | 12 | 0,3810012 | | Residuo | 12 | 1,501841 | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,2210175 | 19,027 | Dose | 3 | 0,01349709 | 14,594 | Dose | 3 | 0,07307578 | 13,158 |
| | | Residuo | 12 | 0,09982693 | | Residuo | 12 | 0,07203382 | | Residuo | 12 | 0,04975444 | |
| | IQD | Dose | 3 | 0,09722150 | 33,013 | Dose | 3 | 0,2933252 | 17,642 | Dose | 3 | 0,07491196 | 28,047 |
| | | Residuo | 12 | 0,1271163 | | Residuo | 12 | 0,08017921 | | Residuo | 12 | 0,09439581 | |
| Fósforo | H120 | Dose | 3 | 103,6784 | 26,470 | Dose | 3 | 36,74229 | 21,170 | Dose | 3 | 54,12834 | 17,834 |
| | | Residuo | 12 | 34,68708 | | Residuo | 12 | 22,57604 | | Residuo | 12 | 14,97625 | |
| | D120 | Dose | 3 | 1,617900 | 21,213 | Dose | 3 | 2,549489 | 8,612 | Dose | 3 | 1,317289 | 11,009 |
| | | Residuo | 12 | 1,611925 | | Residuo | 12 | 0,3183646 | | Residuo | 12 | 0,4435355 | |
| | MSPA | Dose | 3 | 13,69693 | 46,898 | Dose | 3 | 6,535242 | 21,061 | Dose | 3 | 2,868907 | 29,038 |
| | | Residuo | 12 | 4,115302 | | Residuo | 12 | 1,106171 | | Residuo | 12 | 1,290293 | |
| | MSR | Dose | 3 | 1,750116 | 42,471 | Dose | 3 | 1,555156 | 16,313 | Dose | 3 | 0,7483895 | 27,036 |
| | | Residuo | 12 | 0,9771624 | | Residuo | 12 | 0,2338438 | | Residuo | 12 | 0,4552355 | |
| | MST | Dose | 3 | 25,17101 | 45,136 | Dose | 3 | 14,29416 | 17,877 | Dose | 3 | 6,488566 | 27,630 |
| | | Residuo | 12 | 9,017844 | | Residuo | 12 | 2,023897 | | Residuo | 12 | 3,134184 | |

Continua ...

Tabela 4 – Continuação

| Nutrientes | Tipo de solo Variáveis | LVA distrófico | | | | LVA álico | | | | Argissolo | | | |
|------------|---------------------------|----------------|-----------|------------|---------|-----------|-----------|------------|---------|-----------|-----------|------------|--------|
| | | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV |
| Fósforo | H/D | Dose | 3 | 0,9830716 | 15,933 | Dose | 3 | 0,4662384 | 22,530 | Dose | 3 | 0,4318580 | 16,419 |
| | | Resíduo | 12 | 0,3443215 | | Resíduo | 12 | 0,6012074 | | Resíduo | 12 | 0,3450975 | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 8,125311 | 32,029 | Dose | 3 | 5,401974 | 21,917 | Dose | 3 | 1,952482 | 16,878 |
| | | Resíduo | 12 | 3,690406 | | Resíduo | 12 | 1,090650 | | Resíduo | 12 | 0,9548700 | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,4013633 | 12,256 | Dose | 3 | 0,06252407 | 17,452 | Dose | 3 | 0,04728263 | 13,589 |
| | | Resíduo | 12 | 0,04882297 | | Resíduo | 12 | 0,08554123 | | Resíduo | 12 | 0,04494558 | |
| | IQD | Dose | 3 | 0,3482891 | 42,321 | Dose | 3 | 0,6035735 | 18,994 | Dose | 3 | 0,1769104 | 28,466 |
| | | Resíduo | 12 | 0,2525825 | | Resíduo | 12 | 0,09084979 | | Resíduo | 12 | 0,1275823 | |
| Potássio | H120 | Dose | 3 | 34,12333 | 24,024 | Dose | 3 | 20,00395 | 12,687 | Dose | 3 | 66,25832 | 12,916 |
| | | Resíduo | 12 | 35,49749 | | Resíduo | 12 | 11,16020 | | Resíduo | 12 | 8,978751 | |
| | D120 | Dose | 3 | 2,620490 | 15,582 | Dose | 3 | 0,2886250 | 7,088 | Dose | 3 | 4,074773 | 19,911 |
| | | Resíduo | 12 | 1,025685 | | Resíduo | 12 | 0,2553082 | | Resíduo | 12 | 1,542760 | |
| | MSPA | Dose | 3 | 5,187873 | 29,929 | Dose | 3 | 0,1364666 | 18,425 | Dose | 3 | 6,661489 | 28,770 |
| | | Resíduo | 12 | 2,425060 | | Resíduo | 12 | 1,280808 | | Resíduo | 12 | 1,584777 | |
| | MSR | Dose | 3 | 1,039523 | 24,904 | Dose | 3 | 0,2160396 | 16,601 | Dose | 3 | 1,859906 | 27,636 |
| | | Resíduo | 12 | 0,4956313 | | Resíduo | 12 | 0,2867396 | | Resíduo | 12 | 0,4535354 | |
| | MST | Dose | 3 | 10,86092 | 27,416 | Dose | 3 | 0,2080730 | 16,435 | Dose | 3 | 15,40902 | 27,781 |
| | | Resíduo | 12 | 4,846570 | | Resíduo | 12 | 2,370585 | | Resíduo | 12 | 3,581787 | |
| | H/D | Dose | 3 | 0,3416696 | 17,897 | Dose | 3 | 0,7407232 | 15,685 | Dose | 3 | 0,8561268 | 18,300 |
| | | Resíduo | 12 | 0,4663861 | | Resíduo | 12 | 0,3408438 | | Resíduo | 12 | 0,4906229 | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 2,670608 | 13,686 | Dose | 3 | 0,2429994 | 16,642 | Dose | 3 | 6,989372 | 24,206 |
| | | Resíduo | 12 | 0,4695908 | | Resíduo | 12 | 0,5263602 | | Resíduo | 12 | 1,981409 | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,04510261 | 14,495 | Dose | 3 | 0,1180538 | 14,030 | Dose | 3 | 0,09686302 | 21,481 |
| | | Resíduo | 12 | 0,06938817 | | Resíduo | 12 | 0,07265463 | | Resíduo | 12 | 0,1585530 | |
| IQD | Dose | 3 | 0,3873602 | 22,771 | Dose | 3 | 0,1794887 | 20,351 | Dose | 3 | 0,4879352 | 33,203 | |
| | Resíduo | 12 | 0,1052822 | | Resíduo | 12 | 0,1189939 | | Resíduo | 12 | 0,1719329 | | |
| Cálcio | H120 | Dose | 3 | 16,53667 | 21,216 | Dose | 3 | 9,618336 | 20,264 | Dose | 3 | 3,811667 | 10,280 |
| | | Resíduo | 12 | 26,47083 | | Resíduo | 12 | 32,65541 | | Resíduo | 12 | 6,872084 | |
| | D120 | Dose | 3 | 0,7991728 | 16,030 | Dose | 3 | 0,4597060 | 10,739 | Dose | 3 | 0,2058063 | 7,764 |
| | | Resíduo | 12 | 0,9419562 | | Resíduo | 12 | 0,5839397 | | Resíduo | 12 | 0,2733104 | |
| | MSPA | Dose | 3 | 3,423373 | 31,376 | Dose | 3 | 0,4106562 | 25,494 | Dose | 3 | 0,9413062 | 15,995 |
| | | Resíduo | 12 | 2,477802 | | Resíduo | 12 | 2,700319 | | Resíduo | 12 | 0,6477771 | |

Continua ...

Tabela 4 – Continuação

| Nutrientes | Tipo de solo Variáveis | LVA distrófico | | | | LVA álico | | | | Argissolo | | | |
|------------|---------------------------|----------------|----|------------|--------|-----------|----|------------|--------|-----------|----|------------|--------|
| | | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV |
| Cálcio | MSR | Dose | 3 | 0,9515061 | 29,107 | Dose | 3 | 0,08292293 | 11,577 | Dose | 3 | 0,03896666 | 16,517 |
| | | Resíduo | 12 | 0,6059563 | | Resíduo | 12 | 0,1473354 | | Resíduo | 12 | 0,2108417 | |
| | MST | Dose | 3 | 7,743094 | 30,238 | Dose | 3 | 0,6427751 | 19,681 | Dose | 3 | 1,199723 | 15,214 |
| | | Resíduo | 12 | 5,408759 | | Resíduo | 12 | 3,690654 | | Resíduo | 12 | 1,412556 | |
| | H/D | Dose | 3 | 0,7926753 | 13,753 | Dose | 3 | 0,3679036 | 16,673 | Dose | 3 | 0,1109489 | 11,081 |
| | | Resíduo | 12 | 0,3053230 | | Resíduo | 12 | 0,4372787 | | Resíduo | 12 | 0,1774138 | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 2,728643 | 16,525 | Dose | 3 | 0,2440881 | 11,448 | Dose | 3 | 1,522800 | 10,663 |
| | | Resíduo | 12 | 0,7100415 | | Resíduo | 12 | 0,2588946 | | Resíduo | 12 | 0,3027952 | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,1292275 | 12,421 | Dose | 3 | 0,03411919 | 20,125 | Dose | 3 | 0,08961903 | 11,528 |
| | | Resíduo | 12 | 0,05431327 | | Resíduo | 12 | 0,1514466 | | Resíduo | 12 | 0,04395777 | |
| | IQD | Dose | 3 | 0,3326577 | 28,368 | Dose | 3 | 0,06127526 | 13,318 | Dose | 3 | 0,04971140 | 17,990 |
| | | Resíduo | 12 | 0,1399931 | | Resíduo | 12 | 0,04900172 | | Resíduo | 12 | 0,06338474 | |
| Magnésio | H120 | Dose | 3 | 59,44833 | 21,915 | Dose | 3 | 34,48666 | 15,173 | Dose | 3 | 65,22501 | 12,886 |
| | | Resíduo | 12 | 28,47625 | | Resíduo | 12 | 19,52916 | | Resíduo | 12 | 9,053749 | |
| | D120 | Dose | 3 | 4,043117 | 17,336 | Dose | 3 | 0,09453961 | 7,722 | Dose | 3 | 0,3406895 | 14,519 |
| | | Resíduo | 12 | 1,256154 | | Resíduo | 12 | 0,3054604 | | Resíduo | 12 | 0,8114937 | |
| | MSPA | Dose | 3 | 18,89674 | 26,324 | Dose | 3 | 1,884672 | 17,758 | Dose | 3 | 1,559090 | 19,940 |
| | | Resíduo | 12 | 2,127780 | | Resíduo | 12 | 1,374502 | | Resíduo | 12 | 0,6816688 | |
| | MSR | Dose | 3 | 3,738973 | 27,202 | Dose | 3 | 0,03617501 | 17,499 | Dose | 3 | 0,09535625 | 24,546 |
| | | Resíduo | 12 | 0,6813063 | | Resíduo | 12 | 0,3444208 | | Resíduo | 12 | 0,3633104 | |
| | MST | Dose | 3 | 39,03771 | 25,705 | Dose | 3 | 1,952056 | 16,746 | Dose | 3 | 1,817375 | 21,051 |
| | | Resíduo | 12 | 4,859289 | | Resíduo | 12 | 2,779602 | | Resíduo | 12 | 1,928137 | |
| | H/D | Dose | 3 | 0,08527941 | 18,773 | Dose | 3 | 0,7988238 | 18,055 | Dose | 3 | 1,061419 | 10,526 |
| | | Resíduo | 12 | 0,5063583 | | Resíduo | 12 | 0,5463510 | | Resíduo | 12 | 0,1574649 | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 8,506276 | 28,633 | Dose | 3 | 0,1483992 | 17,068 | Dose | 3 | 0,6887466 | 14,514 |
| | | Resíduo | 12 | 2,060029 | | Resíduo | 12 | 0,5829445 | | Resíduo | 12 | 0,6940818 | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,1416319 | 13,621 | Dose | 3 | 0,1906696 | 12,542 | Dose | 3 | 0,2566638 | 10,499 |
| | | Resíduo | 12 | 0,06047311 | | Resíduo | 12 | 0,06185676 | | Resíduo | 12 | 0,03205813 | |
| | IQD | Dose | 3 | 1,093797 | 33,984 | Dose | 3 | 0,05189474 | 20,623 | Dose | 3 | 0,04534095 | 27,841 |
| | | Resíduo | 12 | 0,2830512 | | Resíduo | 12 | 0,1186254 | | Resíduo | 12 | 0,1171199 | |
| Enxofre | H120 | Dose | 3 | 50,74167 | 26,313 | Dose | 3 | 13,64896 | 16,427 | Dose | 3 | 40,12896 | 18,280 |
| | | Resíduo | 12 | 46,71541 | | Resíduo | 12 | 21,29688 | | Resíduo | 12 | 17,49479 | |

Continua ...

Tabela 4 – Continuação

| Nutrientes | Tipo de solo Variáveis | LVA distrófico | | | | LVA álico | | | | Argissolo | | | |
|------------|---------------------------|----------------|----|------------|--------|-----------|----|-------------|--------|-----------|----|------------|--------|
| | | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV |
| Enxofre | D120 | Dose | 3 | 1,737083 | 14,878 | Dose | 3 | 0,3095335 | 8,450 | Dose | 3 | 0,4180834 | 17,718 |
| | | Resíduo | 12 | 0,9612792 | | Resíduo | 12 | 0,3936333 | | Resíduo | 12 | 1,261879 | |
| | MSPA | Dose | 3 | 7,114541 | 33,441 | Dose | 3 | 1,464841 | 19,836 | Dose | 3 | 2,494906 | 26,416 |
| | | Resíduo | 12 | 3,714328 | | Resíduo | 12 | 1,844171 | | Resíduo | 12 | 1,313931 | |
| | MSR | Dose | 3 | 1,320356 | 28,127 | Dose | 3 | 0,5020416 | 10,839 | Dose | 3 | 0,6197730 | 28,121 |
| | | Resíduo | 12 | 0,7326562 | | Resíduo | 12 | 0,1596542 | | Resíduo | 12 | 0,5190104 | |
| | MST | Dose | 3 | 14,52009 | 30,217 | Dose | 3 | 3,623567 | 15,564 | Dose | 3 | 5,514408 | 25,942 |
| | | Resíduo | 12 | 7,080741 | | Resíduo | 12 | 2,687266 | | Resíduo | 12 | 3,205329 | |
| | H/D | Dose | 3 | 0,2135411 | 16,253 | Dose | 3 | 0,3880192 | 17,965 | Dose | 3 | 0,3603720 | 17,385 |
| | | Resíduo | 12 | 0,4019044 | | Resíduo | 12 | 0,4673753 | | Resíduo | 12 | 0,4003986 | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 2,001388 | 20,436 | Dose | 3 | 0,8338112 | 17,105 | Dose | 3 | 3,390841 | 36,936 |
| | | Resíduo | 12 | 0,9689088 | | Resíduo | 12 | 0,5134100 | | Resíduo | 12 | 4,418254 | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,07088824 | 19,084 | Dose | 3 | 0,006314696 | 16,669 | Dose | 3 | 0,03288566 | 16,666 |
| | | Resíduo | 12 | 0,1275188 | | Resíduo | 12 | 0,09573027 | | Resíduo | 12 | 0,08085037 | |
| | IQD | Dose | 3 | 0,3237909 | 27,797 | Dose | 3 | 0,2555994 | 17,148 | Dose | 3 | 0,1068101 | 33,303 |
| | | Resíduo | 12 | 0,1776925 | | Resíduo | 12 | 0,1049804 | | Resíduo | 12 | 0,1940725 | |

Em contrapartida Oliveira et al. (1998), que trabalharam com mudas de *Dinizia excelsa*, Bovi et al. (2002) com *Bactris gasipaes*, Duboc et al. (1996b) com *Copaifera langsdorffii*, Duboc et al. (1996a) com *Hymenaea courbaril*, Renó et al. (1997) com *Piptadenia gonoacantha* e Dias et al. (1992) com *Sclerolobium paniculatum*, verificaram que não houve resposta significativa da adição dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S ao substrato sobre o crescimento das mesmas, diferenciando-se, assim, das respostas obtidas no presente estudo com a espécie *Peltophorum dubium*.

3.2. Resultados observados na análise de regressão

3.2.1. Altura da parte aérea

De acordo com Parviainen (1981) a altura é considerada um dos parâmetros mais antigos utilizados para proceder à classificação e seleção de mudas de diferentes espécies florestais. Entretanto, conforme constatado por Fao (1975), existem controvérsias sobre a definição de um tamanho ideal das mudas para o plantio definitivo.

Observou-se, neste estudo, uma resposta significativa das plantas de *Peltophorum dubium* à adubação nitrogenada nos três tipos de solo utilizados. Entretanto, apenas para o argissolo vermelho-amarelo foi possível encontrar um modelo estatístico que se ajustasse às respostas observadas. A resposta de crescimento em altura verificada nas plantas de *Peltophorum dubium* foi explicada por um modelo raiz quadrada, com a máxima altura das plantas (26,6 cm) ocorrendo quando da dose calculada de nitrogênio 130,2 mg/dm³ e dose crítica do nutriente sido calculada em 78,2 mg/dm³ (Figura 1).

Respostas positivas da adubação nitrogenada sobre a produção de diversas espécies florestais arbóreas podem ser encontradas na literatura. Crestana et al. (1995) observaram efeito isolado e positivo do adubo nitrogenado sobre o crescimento em altura das plantas de *Esenbeckia leiocarpa*, tendo o máximo crescimento ocorrido quando da aplicação de 4 g de uréia por planta. Já Oliveira et al. (1998) observaram para mudas de *Dinizia excelsa* que a adubação nitrogenada não promoveu a ocorrência de crescimento significativo em altura das plantas. De acordo com os autores, tal fato pode estar associado com o alto teor de matéria orgânica do solo utilizado, que ao sofrer mineralização forneceu quantidades suficientes de N, atendendo à demanda nutricional das plantas nessa fase de crescimento.

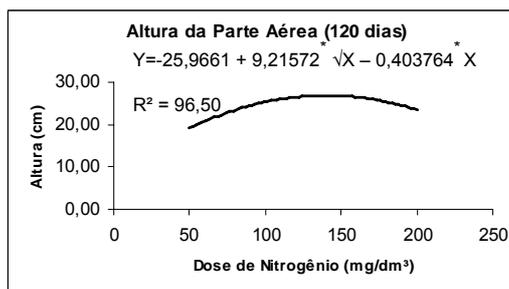


Figura 1 – Altura da parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Já para o fósforo a análise de regressão permitiu verificar no latossolo vermelho-amarelo distrófico que as plantas de *Peltophorum dubium* apresentaram resposta linear crescente à aplicação de doses de fósforo (Figura 2). Devido ao tipo de resposta apresentada, não houve como determinar, nesse caso, a dose crítica do nutriente.

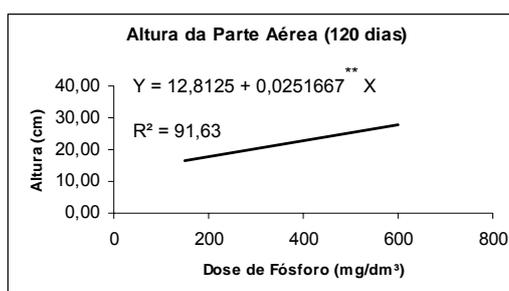


Figura 2 – Altura da parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo álico, observou-se que não foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse às respostas observadas no presente estudo para o tratamento P. No argissolo vermelho-amarelo, em contrapartida, observou-se resposta interpretada por um modelo raiz quadrada, onde a dose calculada 376,8 mg/dm³ levou as plantas de *Peltophorum dubium* a uma altura máxima estimada de 24,3 cm e permitiu o cálculo da dose crítica de fósforo em 223,8 mg/dm³ (Figura 3).

Resposta positiva à adubação fosfatada foi verificada também para *Dalbergia nigra* por Reis et al. (1997), que observaram resposta quadrática das plantas, no que se refere ao seu crescimento em altura, tendo determinado para esta espécie a dose crítica do nutriente em 220,0 mg/dm³. Para mudas de *Dinizia excelsa*, Oliveira et al. (1998) também verificaram influência positiva do P sobre o crescimento em altura das plantas desta espécie, enquanto Resende et al. (1999) observaram respostas diferenciadas de

crescimento de espécies florestais de grupos sucessionais distintos à adubação fosfatada. Os mesmos autores determinaram a maior dose crítica para a *Mimosa caesalpinifolia* (842,4 mg/dm³) e a menor para a *Schinus terebinthifolius* (225,0 mg/dm³), ambas pioneiras.

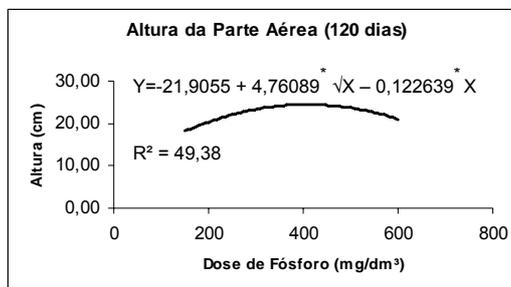


Figura 3 – Altura da parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

As doses críticas verificadas por Resende et al. (1999) foram, em todos os casos, maiores do que a verificada para as plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em argissolo no presente estudo. Já no caso das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico, pelo comportamento demonstrado pela espécie em resposta à adubação fosfatada, existe tendência de a dose crítica de fósforo se encontrar em valores próximos aos obtidos para *Mimosa caesalpinifolia* pelos autores anteriores.

Para o potássio, apenas no caso das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo foi possível encontrar um modelo estatístico que se ajustasse às respostas observadas no presente estudo. Observou-se que a máxima altura das mudas de *Peltophorum dubium* (27,8 cm) ocorreu quando da dose calculada 120,7 mg/dm³, enquanto a dose crítica deste nutriente foi determinada em 77,9 mg/dm³ (Figura 4).

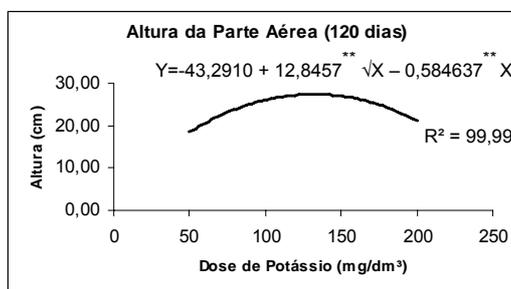


Figura 4 – Altura da parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Para *Dalbergia nigra*, Reis et al. (1997) constataram resposta quadrática do crescimento em altura das mudas à adubação potássica, tendo encontrado uma dose crítica de 30 mg/dm³, aproximadamente. Da mesma forma, Dias et al. (1992) observaram resposta positiva das mudas de *Sclerolobium paniculatum* à adubação potássica, tendo verificado neste caso, uma dose crítica de 80,0 mg/dm³. No presente estudo observou-se que a dose crítica obtida para as plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas no argissolo situa-se em um valor intermediário entre os obtidos pelos autores anteriores, mas muito próximo do observado para *Sclerolobium paniculatum*.

Costa Filho (1987) observou para *Astronium urundeuva*, que doses de potássio aplicadas ao substrato superiores a 100 mg/dm³ tiveram limitado efeito sobre o crescimento das mudas da referida espécie. Já Balieiro et al. (2001) constataram para *A. auriculiformis* um melhor desempenho do crescimento em altura das mudas, quando da não aplicação de K ao substrato, contrapondo-se, assim, ao obtido para as plantas de *Peltophorum dubium*, neste estudo, em todos os três tipos de solo utilizados para o cultivo das mudas.

No caso das plantas de *Peltophorum dubium* que receberam a aplicação de doses de cálcio ao substrato, observou-se, nos três tipos de solo, resposta significativa ao tratamento aplicado, não tendo, em nenhum dos três tipos de solo, sido encontrado um modelo estatístico que se ajustasse às respostas observadas. Em contrapartida, Reis et al. (1997) observaram para *Dalbergia nigra* uma resposta negativa, para o crescimento em altura das plantas, à aplicação de calagem como forma de adicionar cálcio ao substrato, o que, de acordo com os autores, deveu-se provavelmente ao fato de o superfosfato triplo aplicado ao substrato apresentar teor de cálcio suficiente para suprir as necessidades de crescimento das mudas, além de ser, de acordo com os pesquisadores, possível inferir ainda que a planta apresenta baixa exigência do nutriente na sua fase juvenil.

De acordo com Neves et al. (1982) a calagem, como forma de adicionar cálcio ao meio de crescimento, somente seria necessária quando o nível do mesmo for inferior a 0,2 cmol/dm³, no que concorda o obtido por Cruz et al. (2004), que verificaram, em um solo com 0,9 cmol/dm³ de teor do nutriente, uma resposta não significativa do crescimento em altura de plantas de *Tabebuia impetiginosa* à adição do nutriente ao meio de crescimento através da elevação da saturação por bases. Este resultado é oposto ao verificado no presente estudo, onde para os três tipos de solo, ocorreram respostas significativas.

Para o magnésio, foi constatado respostas significativas nos três tipos de solos à aplicação de doses crescentes do nutriente ao substrato. No caso do latossolo vermelho-amarelo distrófico e latossolo vermelho-amarelo álico, não foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse às respostas observadas nas plantas de *Peltophorum dubium*. Já para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observou-se, quando da dose calculada de 0,49 cmol_c/dm³, a máxima altura das plantas de *Peltophorum dubium* (27,64 cm), com dose crítica determinada em 0,31 cmol_c/dm³ (Figura 5).

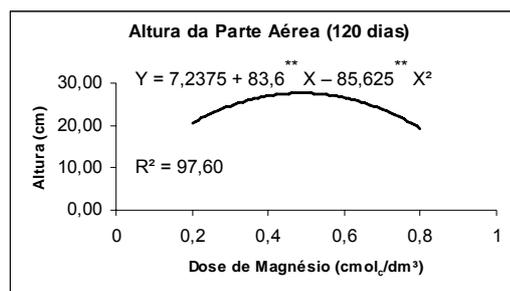


Figura 5 – Altura da parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

VENTURIN et al. (1999) observaram para *Peltophorum dubium* que o magnésio se mostrou limitante ao crescimento das plantas, corroborando o obtido no presente estudo, onde se verificaram respostas significativas da aplicação de magnésio nos três tipos de solo utilizados. Ao contrário do presente trabalho, Reis et al. (1997) observaram que, na fase de produção de mudas, as plantas de *Dalbergia nigra* exigem baixo teor de magnésio no substrato, não tendo por isso sido detectado efeito positivo sobre o crescimento em altura pela adição do nutriente ao substrato via calagem.

De acordo com Neves et al. (1982), a adição do nutriente ao substrato via calagem só é necessária quando o teor for inferior a 0,06 cmol_c/dm³, corroborando o obtido por Cruz et al. (2004), que, trabalhando com *Tabebuia impetiginosa*, observaram que em um solo com 0,4 cmol_c/dm³ de magnésio não houve resposta significativa da adição do nutriente via calagem.

As mudas de *Peltophorum dubium* cultivadas no argissolo vermelho-amarelo e que receberam a aplicação de doses crescentes de enxofre apresentaram altura máxima estimada em 26,41 cm quando da dose calculada de 47,27 mg/dm³ e dose crítica calculada em 28,97 mg/dm³ (Figura 6). Nos outros dois solos utilizados neste estudo, à semelhança do verificado para outros nutrientes, não houve ajuste adequado dos dados a um modelo estatístico que explicasse, de forma adequada, as respostas observadas.

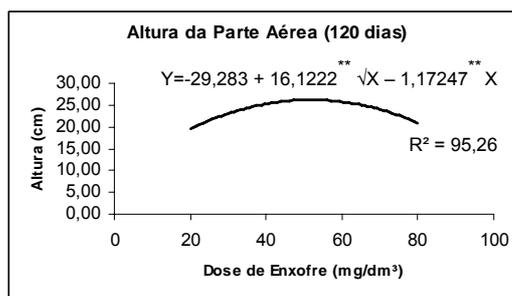


Figura 6 – Altura da parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Contrariando o verificado para *Peltophorum dubium*, Reis et al. (1997) observaram para *Dalbergia nigra* resposta negativa à aplicação de enxofre ao substrato, evidenciando que o teor do nutriente original do solo (4,8 mg/dm³) seria superior ao exigido pela espécie. Segundo Alvarez V. et al. (1987), respostas a S não têm sido observadas quando as plantas recebem doses insuficientes de fósforo. Em contrapartida, Balieiro et al. (2001) constataram, para mudas de *A. holosericea*, uma resposta positiva à aplicação de enxofre ao substrato, assim como Fernández et al. (1996) para mudas de *Mimosa tenuiflora*.

Apesar das respostas significativas obtidas no presente estudo para a altura da parte aérea e do fato de ser a mesma um excelente parâmetro de seleção das melhores mudas, o uso somente deste parâmetro morfológico para estabelecer a dose crítica, do nutriente, a ser aplicada (dosagem recomendada) na produção de mudas de qualidade pode suscitar controvérsias.

3.2.2. Diâmetro do coleto

De acordo com Gomes (1978), o diâmetro do coleto é facilmente mensurável e por ser obtido sem a destruição da planta, está sendo considerado por muitos pesquisadores como uma das mais importantes variáveis para avaliar a sobrevivência logo após o plantio (SCHUBERT; ADAMS, 1971).

As plantas de *Peltophorum dubium* apresentaram resposta significativa de crescimento em diâmetro devido à adubação nitrogenada, em todos os três tipos de solo utilizados no estudo. No caso do latossolo vermelho-amarelo distrófico e argissolo vermelho-amarelo, não foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse, de maneira satisfatória, às respostas observadas.

Já no latossolo vermelho-amarelo álico a resposta apresentada pelas plantas à adubação nitrogenada foi linear decrescente (Figura 7), mas, apesar disso e devido ao tipo de resposta observada, não foi possível a determinação de uma dose crítica do nutriente, bem como da dose que proporciona o máximo ou o mínimo valor deste parâmetro morfológico.

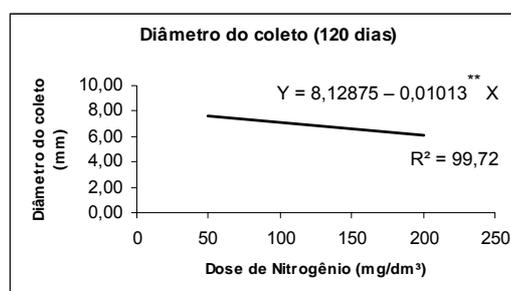


Figura 7 – Diâmetro do coleto das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Cruz et al. (2006) também observaram para o diâmetro do coleto efeito significativo da adubação nitrogenada em mudas de *Samanea inopinata*, com a ocorrência de resposta quadrática negativa à adubação realizada a cada 14 dias com a aplicação de 0,91 g de sulfato de amônio por muda. Já Oliveira et al. (1998) observaram para mudas de *Dinizia excelsa* que não houve, sobre o diâmetro do coleto, qualquer efeito do nitrogênio aplicado no substrato.

Dias et al. (1992) observaram resposta quadrática à adubação nitrogenada sobre o crescimento em diâmetro de mudas de *Sclerolobium paniculatum*, enquanto Braga et al. (1995) observaram que a omissão do nutriente comprometeu o crescimento em diâmetro de mudas de *Tibouchina granulosa* e *Platycyamus regnellii* conduzidas por 100 dias.

No caso das mudas de *Samanea inopinata* cultivadas por Cruz et al. (2006) observou-se que o maior valor do diâmetro do coleto foi de 21,83 mm, estando este valor bem acima dos valores indicados para as mudas de *Peltophorum dubium* pela tendência demonstrada na análise de regressão, no latossolo vermelho-amarelo álico. Apesar disso e mesmo na maior dose do nutriente aplicada ao substrato, observa-se para as plantas de *Peltophorum dubium* um valor de diâmetro superior a 4,0 mm, que foi o indicado para *Pinus elliottii* por Bacon et al. (1977), 4,6 mm para *Araucaria angustifolia* por Malinovski (1977) e a 2,0 mm para *E. urophylla* e *E. saligna* por Guerreiro e Colli Junior (1984).

No caso do fósforo, observou-se no latossolo vermelho-amarelo distrófico, resposta linear crescente do crescimento em diâmetro das plantas de *Peltophorum dubium*. Da mesma forma que no caso anterior, não foi possível determinar onde este parâmetro morfológico atinge o seu maior ou menor valor, devido ao tipo de resposta observada, bem como a dose crítica do nutriente para a referida espécie, neste solo (Figura 8).

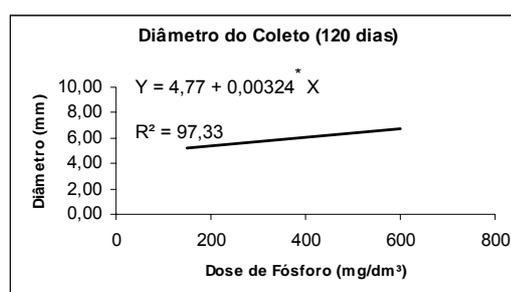


Figura 8 – Diâmetro do coleto das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

No latossolo vermelho-amarelo álico, entretanto, observou-se resposta explicada por um modelo raiz quadrada com máximo crescimento em diâmetro, quando da dose calculada 526,8 mg/dm³; com o diâmetro estimado para esta dose em 6,9 mm (Figura 9) e dose crítica de P determinada neste solo em 231,3 mg/dm³.

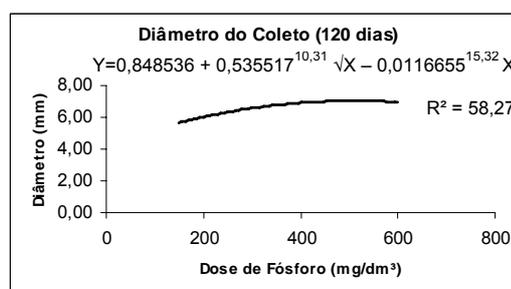


Figura 9 – Diâmetro do coleto das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

As respostas das plantas de *Peltophorum dubium* no argissolo vermelho-amarelo à aplicação de fósforo também foi explicada por um modelo raiz quadrada com o máximo crescimento em diâmetro (6,5 mm) estimado para a dose 397,2 mg/dm³ e a dose crítica em 207,8 mg/dm³ (Figura 10); valores estes, inferiores aos verificados no solo anterior

Respostas positivas sobre o crescimento em diâmetro de plantas também foram obtidas por Fernandes et al. (2002) para *Cordia goeldiana*, tendo sido verificado

aumento linear do valor deste parâmetro morfológico em resposta à aplicação de doses de P (150, 300 e 450 mg/dm³). Isso favoreceu, de forma crescente, o crescimento das mudas, semelhantemente ao verificado para as mudas de *Peltophorum dubium* no latossolo vermelho-amarelo distrófico. Já Reis et al. (1997) observaram, para mudas de *Dalbergia nigra*, resposta quadrática de crescimento em diâmetro à adubação fosfatada, enquanto Duboc et al. (1996a) observaram, para mudas de *Hymenaea courbaril*, que a mesma apresentou pequeno requerimento nutricional para fósforo, não tendo o crescimento em diâmetro das mudas diferido entre o tratamento completo e o tratamento com omissão do nutriente.

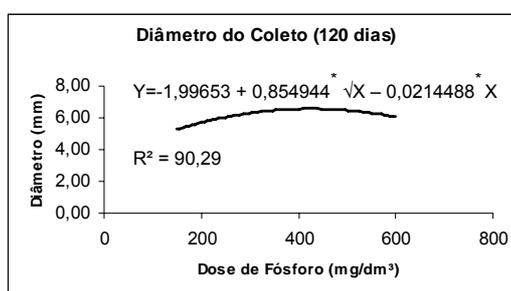


Figura 10 – Diâmetro do coleto das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a sementeira.

Em contrapartida, corroborando o obtido no presente estudo, Venturin et al. (1999) observaram a importância da presença de fósforo no meio de crescimento para o crescimento de mudas de *Pelthophorum dubium*, tendo, também verificado que a espécie é muito exigente em fósforo, e a sua omissão impede o adequado crescimento em diâmetro das mudas.

Resende et al. (1999) também observaram, para mudas de *Myracrodruon urundeuva*, resposta significativa da adubação fosfatada, tendo verificado o valor de 6,41 mm como o máximo valor de diâmetro do coleto obtido para as plantas da referida espécie, valor este abaixo dos observados no presente trabalho para *Pelthophorum dubium*. Os pesquisadores determinaram, ainda, uma dose crítica de 452,62 mg/dm³ do nutriente para *Myracrodruon urundeuva*, sendo esta dose bem superior à encontrada para as plantas de *Pelthophorum dubium* no presente trabalho e, demonstrando ser aquela, mais exigente nutricionalmente em P. Entretanto, para *Sesbania virgata* os mesmos pesquisadores observaram que a dose crítica do nutriente para a espécie foi de 215,10 mg/dm³, sendo este valor mas próximo dos observados para *Pelthophorum*

dubium, demonstrando que estas duas espécies apresentam, possivelmente, exigência nutricional de fósforo muito semelhante.

Nas plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico e latossolo vermelho-amarelo álico, a aplicação de K teve efeito significativo, mas não se encontrou um modelo estatístico que se ajustasse adequadamente às respostas observadas. Para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observou-se uma resposta linear crescente das plantas de *Peltophorum dubium* no crescimento em diâmetro (Figura 11). Entretanto, da mesma forma que nos outros dois solos, não foi possível devido ao tipo de resposta observada, determinar uma dose crítica de K, bem como a dose que proporciona o maior ou o menor valor de diâmetro das plantas.

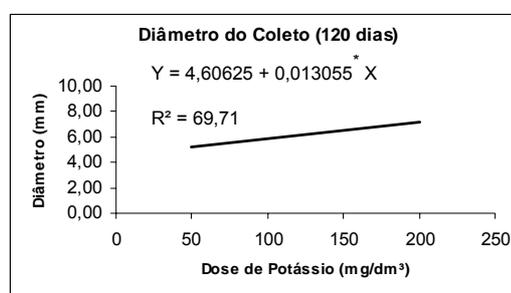


Figura 11 – Diâmetro do coleto das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Duboc et al. (1996a) observaram que, para mudas de *Hymenaea courbaril*, a omissão de potássio fez com que as plantas apresentassem tendência de aumento do diâmetro do coleto em relação ao tratamento completo. Da mesma forma Balieiro et al. (2001) verificaram para *A. auriculiformis*, um melhor desempenho das mudas desta espécie quando da não aplicação de K. As respostas obtidas pelos autores anteriores contrariam o observado para *Peltophorum dubium* neste estudo, onde ocorreram respostas significativas à aplicação de potássio ao meio de crescimento, tendo inclusive, no caso das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, sido verificada uma tendência de aumento nos valores de diâmetro do coleto das mudas em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio.

Para *A. holosericea* foi constatada pequena tendência de acréscimo do diâmetro do coleto com o aumento das doses de potássio aplicadas (BALIEIRO et al., 2001). Em *Dalbergia nigra*, o diâmetro do coleto respondeu quadraticamente à aplicação de potássio ao substrato, tendo sido determinada uma dose crítica de 30 mg/dm³ do

nutriente para a referida espécie (REIS et al., 1997). Esta dose crítica é inferior à indicada pela tendência demonstrada pelas plantas de *Peltophorum dubium* em argissolo vermelho-amarelo, onde esta espécie demonstra ainda ocorrer resposta a doses superiores à maior dose aplicada (200 mg/dm³). Para *Astronium urundeuva*, Costa Filho (1987) observou que doses superiores a 100 mg/dm³ tiveram limitado efeito em mudas da referida espécie, contrastando com o verificado para *Peltophorum dubium*.

A aplicação de cálcio ao substrato de cultivo das mudas de canafístula promoveu efeitos significativos sobre o crescimento em diâmetro das mudas, nos três tipos de solo utilizados. Apesar disso, para nenhum deles foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse às respostas observadas, impedindo, assim, a determinação da dose crítica do nutriente em questão.

Também Venturin et al. (1999) observaram, para mudas de *Peltophorum dubium*, menor crescimento em diâmetro devido à omissão de Ca no meio de crescimento. O mesmo ocorreu para *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999), enquanto para *Hymenaea courbaril* notou-se resposta não significativa da omissão deste nutriente, tendo, inclusive, as plantas sob omissão apresentado maior crescimento em diâmetro, comparativamente ao tratamento completo (DUBOC et al., 1996a).

As plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico e argissolo vermelho-amarelo apresentaram, ainda, resposta significativa à aplicação de doses de magnésio, não tendo, entretanto, sido encontrado um modelo estatístico que se ajustasse adequadamente às respostas observadas. Já para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo distrófico ocorreu diminuição linear do valor do diâmetro das plantas de *Peltophorum dubium*, em resposta ao aumento da dose de Mg aplicada (Figura 12).

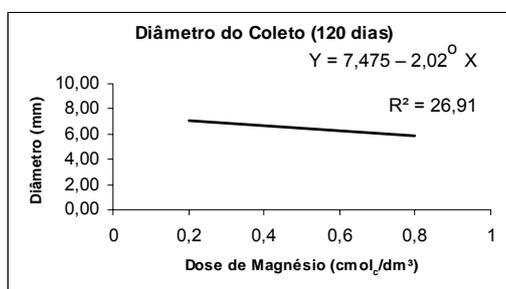


Figura 12 – Diâmetro do coleto das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Para a aplicação de doses de enxofre ao substrato, observou-se, da mesma forma que para os demais nutrientes, resposta significativa das plantas de *Peltophorum dubium* ao tratamento, em todos os três tipos de solo utilizados. Entretanto, não foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse adequadamente às respostas observadas, impedindo a determinação de uma dose crítica do nutriente para este parâmetro morfológico nos solos estudados. Ao contrário do verificado neste trabalho, plantas de *Copaifera langsdorffii*, apesar de terem tido menor crescimento em diâmetro, não apresentaram resposta significativa à omissão do nutriente comparativamente ao tratamento completo (DUBOC et al., 1996b). Para *Myracrodruon urundeuva*, Mendonça et al. (1999) observaram o mesmo comportamento, tendo, entretanto, neste caso, o crescimento em diâmetro sob omissão sido menor, comparativamente ao tratamento completo.

Apesar disso, demonstrando ser o enxofre para *Peltophorum dubium* um nutriente limitante ao seu crescimento, Venturin et al. (1999) verificaram sensível redução no crescimento em diâmetro das plantas sob omissão do nutriente, comparativamente ao tratamento completo.

Neste trabalho, observaram-se valores de diâmetro mínimo de 2,6 mm e máximo de 7,8 mm, com a maior parte dos tratamentos tendo promovido o crescimento em diâmetro para valores médios próximos a 6,0 mm, valor inferior ao indicado para *Liquidambar styraciflua* por Belanger e Mcalpine (1975), que foi de 6,4 mm, mas superior ao indicado para *Araucaria angustifolia* por Malinovski (1977) e para *Pinus taeda*, para o qual alguns pesquisadores tem indicado valores maiores que 3,7 mm (CARNEIRO e RAMOS, 1981). No presente estudo, os valores estimados para o diâmetro do coleto de *Peltophorum dubium* encontram-se acima dos definidos como ideais para outras espécies (2,0 mm para *E. urophylla* e *E. saligna* e 3,7 mm para *Pinus taeda*) por Guerreiro e Colli Junior (1984) e Carneiro e Ramos (1981).

3.2.3. Produção de matéria seca

A produção de matéria seca tem sido considerada por Walters e Kozak (1965) como um dos melhores parâmetros para que se faça a caracterização da qualidade de mudas. Entretanto, os autores destacam a necessidade da completa destruição das mesmas como inconveniente para a viabilização desse tipo de determinação, em grande parte dos viveiros. Apesar disso, Thompson (1985) destaca que, tanto a sobrevivência

quanto o crescimento inicial das mudas após o seu efetivo plantio no campo têm estreita relação como o peso de matéria seca das mesmas.

De acordo com Carneiro (1995), ao se referir ao peso de matéria seca como parâmetro de qualidade das mudas, deve-se considerar uma compartimentalização em raízes, parte aérea e total. No caso deste estudo, as plantas de *Peltophorum dubium* apresentaram respostas diferenciadas à aplicação dos macronutrientes, no que tange à produção de matéria seca em cada um dos três compartimentos citados, mas sendo, entretanto, significativas as respostas observadas nos três tipos de solo. No entanto, verificou-se que nos três compartimentos, parte aérea, raiz e total, em alguns casos, para os três tipos de solo utilizados, não foi encontrado um modelo estatístico que explicasse adequadamente as respostas observadas.

Para as plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico, não foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse adequadamente às respostas de produção de matéria seca de parte aérea, raiz e total à adubação nitrogenada. Já no latossolo vermelho-amarelo álico observou-se a ocorrência de diminuição linear da produção de matéria seca de parte aérea em resposta à adubação nitrogenada (Figura 13).

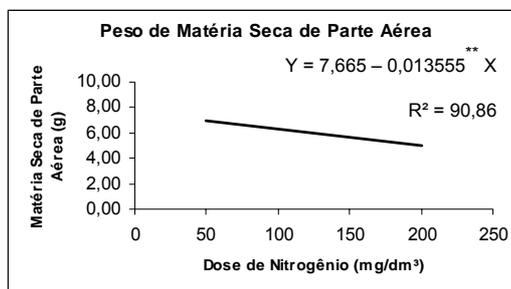


Figura 13 – Peso de matéria seca de parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Ainda para o peso de matéria seca de parte aérea verificou-se no caso das plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, uma resposta oposta à verificada no solo anterior, tendo ocorrido aumento linear da produção de matéria seca de parte aérea em resposta ao aumento da dose de nitrogênio aplicada ao substrato (Figura 14).

Apesar disso, em ambos os casos não foi possível determinar a dose crítica de nitrogênio para a produção de mudas de *Peltophorum dubium*, bem como as doses que conduzem ao maior ou menor valor de matéria seca de parte aérea das plantas.

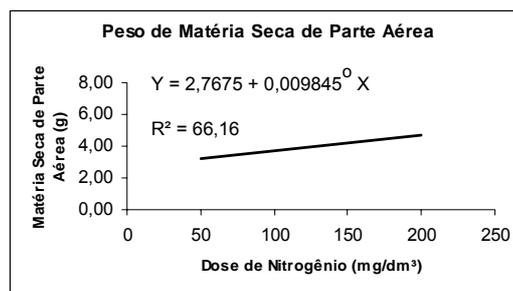


Figura 14 – Peso de matéria seca de parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

De acordo com Carneiro (1976), a determinação do peso de matéria seca da parte aérea deve ter seu uso considerado, pois, apesar de se constituir um método destrutivo, o mesmo fornece uma boa indicação da resistência de mudas, conforme constatado pelo autor para *Pinus taeda*. Cruz et al. (2006) também observaram efeito significativo da adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca de parte aérea de *Samanea inopinata*.

Braga et al. (1995) relataram que a produção de matéria seca de parte aérea de plantas de *Tibouchina granulosa* foi comprometida pela omissão de nitrogênio, tendo ainda, no caso de plantas de *Platycamus regnellii*, levado a uma redução significativa da biomassa de parte aérea sob omissão do nutriente. Ao contrário do observado pelos autores anteriores e do constatado para a *Peltophorum dubium* no presente estudo, Nicoloso et al. (2001) não encontraram para mudas de *Apuleia leiocarpa* efeito significativo da aplicação de nitrogênio na produção de biomassa de parte aérea, isoladamente ou associado ao fósforo, mas verificaram que, quando aplicado juntamente com potássio, ocorreu incremento significativo da produção de matéria seca de parte aérea.

Resposta linear decrescente ocorreu no latossolo vermelho-amarelo álico para a produção de matéria seca de raiz das plantas de *Peltophorum dubium*, quando da aplicação de doses crescentes de nitrogênio, tendo os valores deste parâmetro morfológico diminuído em resposta ao tratamento aplicado (Figura 15). Devido ao tipo de resposta apresentada, não foi possível também, neste caso, determinar a dose crítica do nutriente para a produção de mudas de *Peltophorum dubium* com base na produção de biomassa radicular.

Já para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observou-se que apesar de significativas as respostas de produção de matéria seca de raiz, não foi

encontrado um modelo estatístico que se ajustasse adequadamente às respostas observadas no tratamento N.

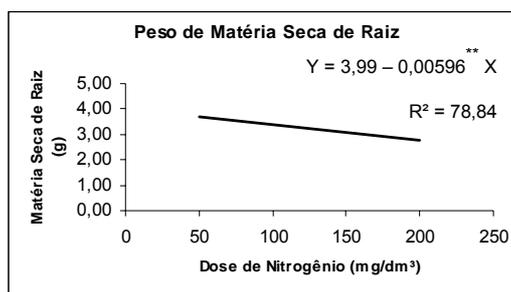


Figura 15 – Peso de matéria seca de raiz das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Gomes (2001) destaca que o peso de matéria seca das raízes tem sido reconhecido por diferentes autores como um dos mais importantes e melhores parâmetros para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo. Hermann (1964) observou que, para mudas de *Pseudotsuga menziesii*, a sobrevivência era consideravelmente maior quanto mais abundante fosse o sistema radicular, independentemente da altura da parte aérea. Neste estudo, a máxima produção de matéria seca de raiz das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico ocorre para uma dose que se encontra entre a dose “0” e a menor dose aplicada de nitrogênio.

Resposta significativa da adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca de raízes, como a constatada neste estudo com *Peltophorum dubium*, também se verificou para mudas de *Samanea inopinata* por Cruz et al. (2006), enquanto Mendonça et al. (1999) constataram para *Myracrodruon urundeuva* que a produção de matéria seca radicular obtida no tratamento com omissão de N foi estatisticamente semelhante à verificada no tratamento completo.

Venturin et al. (1999), trabalhando com a mesma espécie utilizada neste trabalho observaram que o sistema radicular das plantas foi significativamente afetado pela omissão de nitrogênio, com menor produção de matéria seca de raiz sob omissão do nutriente em relação ao tratamento completo. Da mesma forma, Braga et al. (1995), para mudas de *A. mangium*, verificaram que o crescimento radicular das mudas foi muito reduzido pela omissão de nitrogênio, comprovando para esta espécie, assim como para *Peltophorum dubium*, a necessidade de se realizar adubação com nitrogênio.

À semelhança do que ocorreu no argissolo vermelho-amarelo, não foi possível também no latossolo vermelho-amarelo álico encontrar um modelo estatístico que se

ajustasse adequadamente às respostas observadas nas plantas de *Peltophorum dubium* neste estudo, impedindo a determinação de uma dose crítica de nitrogênio também neste caso.

Quanto à produção de matéria seca total das plantas de *Peltophorum dubium*, observou-se no presente estudo que apenas para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo álico foi encontrado um modelo estatístico que explicasse as respostas observadas à aplicação de N, verificando-se uma diminuição linear dos valores deste parâmetro morfológico em resposta ao tratamento aplicado (Figura 16).

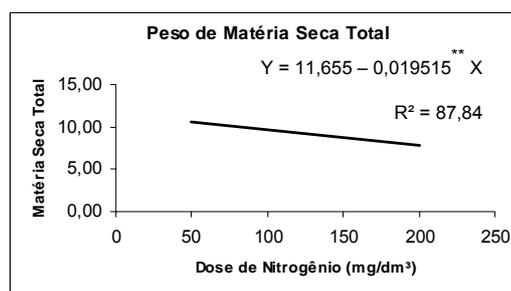


Figura 16 – Peso de matéria seca total das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Dias et al. (1991a) obtiveram uma dose crítica para *A. mangium* de 100 mg/dm³ para este mesmo parâmetro morfológico, enquanto para mudas de *Sclerolobium paniculatum* Dias et al. (1992) verificaram que a dose crítica foi de 79,0 mg/dm³. Estas doses estão bem acima do que indicou a tendência demonstrada pelas plantas de *Peltophorum dubium* no latossolo vermelho-amarelo álico. Em contrapartida, Nicoloso et al. (2001), trabalhando com *Apuleia leiocarpa*, observaram que a aplicação de nitrogênio isolada, ou mesmo associada ao fósforo, não proporcionou resposta significativa da produção de matéria seca total das plantas, contrariando, assim, o obtido no presente estudo.

De acordo com Malinovski (1977), para avaliação do padrão de qualidade de mudas de *Araucaria angustifolia* o peso de matéria seca total foi o mais importante, devendo as mesmas ter sempre mais que 2,0 g de peso, aliado a uma altura nunca superior a 21,0 cm. Neste trabalho, observou-se que, para todos os tratamentos, a análise de regressão indicou estarem os valores esperados de matéria seca total das plantas de *Peltophorum dubium* obtidos em resposta à adubação nitrogenada, sempre acima do valor obtido para a espécie anterior.

No caso do tratamento P, para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico observou-se resposta linear crescente da produção de matéria seca de parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium*, em resposta às doses de fósforo (Figura 17).

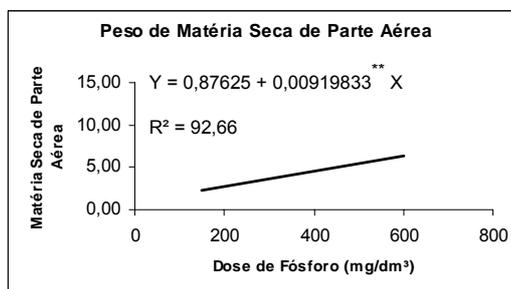


Figura 17 – Peso de matéria seca de parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

No latossolo vermelho-amarelo álico, as mudas de *Peltophorum dubium* apresentaram resposta à aplicação de fósforo interpretada por um modelo raiz quadrada, com a máxima produção de matéria seca de parte aérea (5,70 g) sido estimada para a dose 490,7 mg/dm³ e um valor de dose crítica de 291,4 mg/dm³ (Figura 18).

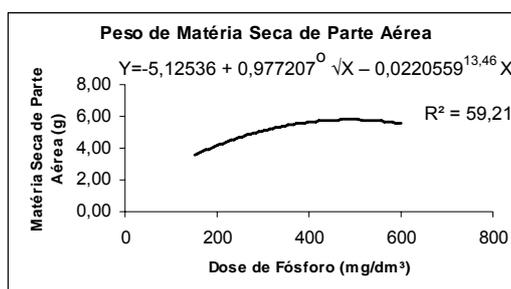


figura 18 – Peso de matéria seca de parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

No argissolo vermelho-amarelo, observou-se resposta linear crescente de produção de matéria seca de parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* à aplicação de fósforo ao substrato (Figura 19). Entretanto, não foi possível determinar, devido ao tipo de resposta apresentada, a dose crítica do nutriente para a produção das mudas de *Peltophorum dubium* neste solo.

Respostas significativas à adubação fosfatada, como as observadas no presente estudo, são encontradas com frequência na literatura. Fernandes et al. (2002) observaram que, para mudas de *Cordia goeldiana*, a aplicação de fósforo ao substrato promoveu aumento da produção de matéria seca de parte aérea, tendo a aplicação de

doses do nutriente (150, 300 e 450 mg/dm³) favorecido, de forma crescente, o desenvolvimento das mudas e sendo esta resposta semelhante à apresentada pelas plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas tanto no latossolo vermelho-amarelo distrófico quanto no argissolo vermelho-amarelo.

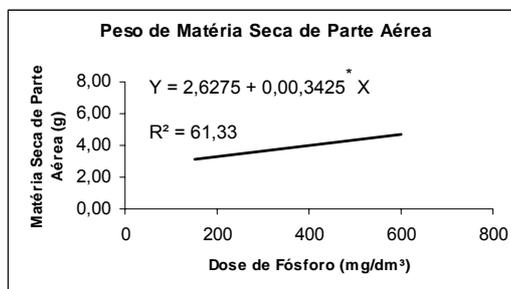


Figura 19 – Peso de matéria seca de parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Fernández et al. (1996) observaram para mudas de *Mimosa tenuiflora* que a produção de matéria seca de parte aérea aumentou em resposta à aplicação de diferentes doses de fósforo ao substrato, tendo ainda determinado uma dose crítica de 224,0 mg/dm³; dose esta inferior à verificada para *Peltophorum dubium* no latossolo vermelho-amarelo álico. Da mesma forma, a dose crítica observada para a espécie estudada neste trabalho foi maior do que a obtida por Fernandes et al. (2000) para *Ceiba speciosa*, que foi de 267,0 mg/dm³. Entretanto, quando comparada ao *Syzygium jambolanum* e *Schinus terebinthifolius*, a dose crítica verificada para *Peltophorum dubium* foi bem inferior à determinada pelos autores para aquelas duas espécies (600 mg/dm³). Dessa forma, pode-se inferir que *Peltophorum dubium* apresenta-se mais exigente nutricionalmente em fósforo que *Cordia goeldiana*, *Mimosa tenuiflora* e *Ceiba speciosa*, mas menos exigente do que o *Syzygium jambolanum* e *Schinus terebinthifolius*, no que se refere à produção de matéria seca de parte aérea.

A produção de biomassa de raiz, à semelhança da de parte aérea, também foi significativa para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico, tendo seus valores aumentado em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo ao substrato (Figura 20).

No caso das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico, observou-se que a produção de matéria seca radicular das plantas de *Peltophorum dubium* aumentou até a dose calculada de 700,7 mg/dm³ de P e produção estimada para esta dose de 3,45 gramas, com a dose crítica sido calculada em 358,7 mg/dm³ (Figura 21)

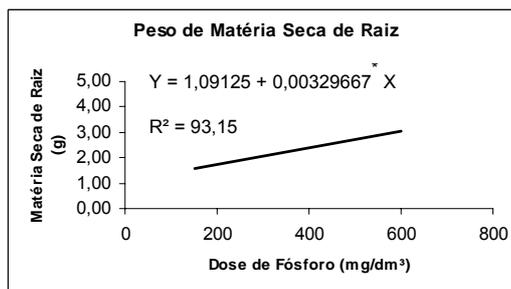


Figura 20 – Peso de matéria seca de raiz das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

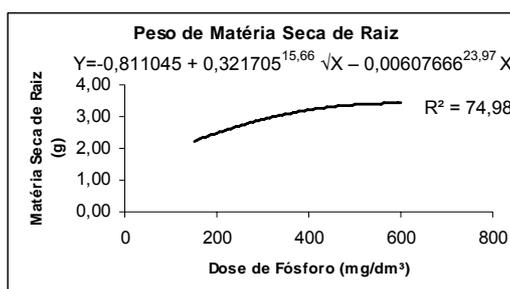


Figura 21 – Peso de matéria seca de raiz das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Já para as plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observou-se resposta linear crescente da produção de matéria seca de raiz à aplicação das doses de fósforo ao substrato (Figura 22), não tendo sido possível, neste caso, determinar a dose crítica do nutriente.

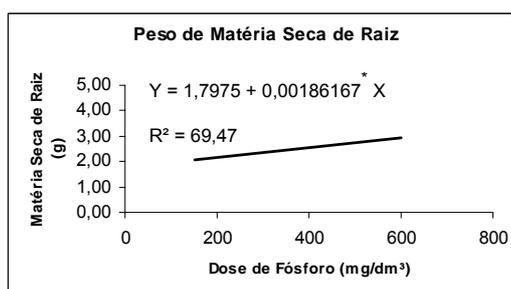


Figura 22 – Peso de matéria seca de raiz das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Assim como as respostas verificadas para a produção de biomassa radicular das plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas no presente estudo em latossolo vermelho-amarelo distrófico e argissolo vermelho-amarelo, também Fernandes et al. (2002) observaram respostas lineares crescentes para este mesmo parâmetro morfológico de

mudas de *Cordia goeldiana* à aplicação de doses de fósforo ao substrato (150, 300 e 450 mg/dm³). Deve-se ressaltar, entretanto, que as plantas de *Peltophorum dubium* apresentaram este comportamento até uma dose superior à maior dose aplicada pelos autores anteriores, demonstrando, desta forma, ser mais exigente nutricionalmente em fósforo para a produção de biomassa radicular do que *Cordia goeldiana*.

Entretanto, *Peltophorum dubium* se mostrou menos exigente em fósforo quando se compara a dose crítica obtida no latossolo vermelho-amarelo álico com as doses críticas obtidas por Resende et al. (1999) para *Myracrodruon urundeuva*, *Schinus terebinthifolius*, *Piptadenia gonoacantha*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Sesbania virgata* (800,00; 396,05; 800,00; 599,82; e 404,85 mg/dm³, respectivamente) que foram superiores às encontradas nesta pesquisa. Em contrapartida, observa-se fato oposto, comparando-se a dose crítica observada para *Peltophorum dubium*, no presente estudo, com a obtida por Dias et al. (1991b) para *Sclerolobium paniculatum*, que foi de 278,0 mg/dm³.

As plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico apresentaram, também, resposta linear crescente de produção de matéria seca total à aplicação de doses de fósforo (Figura 23).

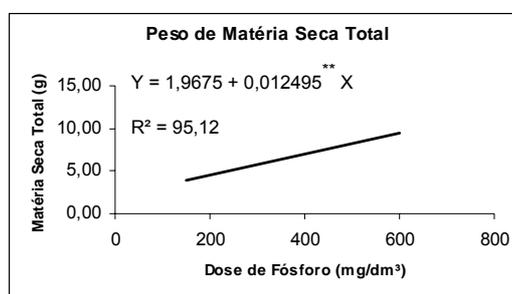


Figura 23 – Peso de matéria seca total das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Já no latossolo vermelho-amarelo álico, estimou-se a dose de 532,9 mg/dm³ para a máxima produção de matéria seca total (9,06 g), com dose crítica de fósforo determinada em 303,2 mg/dm³ (Figura 24).

No caso das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observou-se, em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo ao substrato, aumento linear da produção de matéria seca total (Figura 25), à semelhança do constatado no latossolo vermelho-amarelo distrófico.

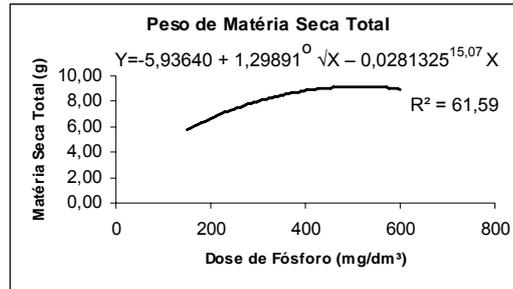


Figura 24 – Peso de matéria seca total das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

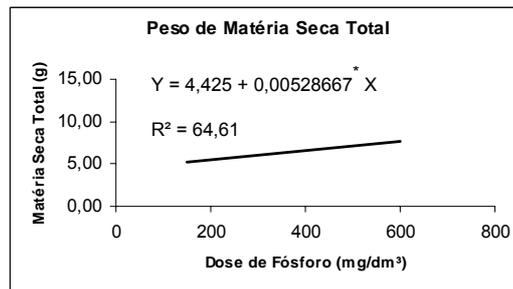


Figura 25 – Peso de matéria seca total das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Respostas lineares crescentes à adubação fosfatada para este mesmo parâmetro morfológico também foi verificada para mudas de *Cordia goeldiana* por Fernandes et al. (2002), tendo, segundo os autores, a aplicação de doses crescentes do nutriente estimulado o desenvolvimento das mudas.

Dias et al. (1991b) também observaram, para *Sclerolobium paniculatum*, resposta positiva à aplicação de doses de P, enquanto Duboc et al. (1996a) verificaram para *Hymenaea courbaril*, resposta oposta à anterior, bem como à observada para as plantas de *Peltophorum dubium* neste estudo, não tendo a omissão de fósforo do meio de crescimento afetado o crescimento das plantas.

Em plantas de *Dalbergia nigra*, a produção de matéria seca total das plantas respondeu de maneira quadrática à aplicação de doses de fósforo ao substrato, tendo sido recomendada uma dose crítica de 220 mg/dm³ (REIS et al., 1997). Este valor é bem superior ao constatado para as mudas de *Peltophorum dubium* no latossolo vermelho-amarelo álico no presente estudo, demonstrando ser, no que tange à produção de biomassa total neste solo, menos exigente nutricionalmente em P do que *Dalbergia nigra*. Já, ao se verificar a tendência demonstrada no latossolo vermelho-amarelo

distrófico e argissolo vermelho-amarelo, *Peltophorum dubium* demonstra ser nestes casos mais exigente em P do que a espécie estudada pelos autores anteriores.

A fertilização potássica teve efeito significativo sobre a produção de matéria seca de parte aérea nos três tipos de solo utilizados como substrato neste estudo. Apesar disso, apenas para as plantas cultivadas no argissolo vermelho-amarelo foi possível ajustar um modelo estatístico às respostas de produção de matéria seca de parte aérea observadas, tendo o máximo valor (5,29 g) ocorrido quando da dose calculada 147,5 mg/dm³ (Figura 26). Foi, ainda, determinado, no presente estudo, um valor de dose crítica de potássio de 98,2 mg/dm³.

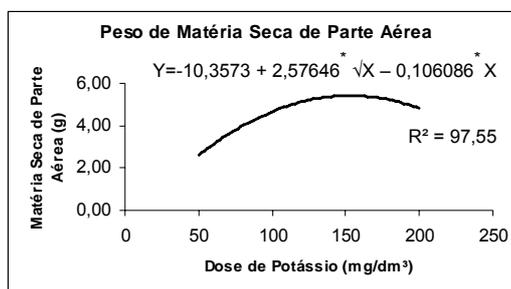


Figura 26 – Peso de matéria seca de parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

A importância da adubação potássica sobre a produção de matéria seca de parte aérea de plantas de *Peltophorum dubium* ficou evidente também para Venturin et al. (1999), que verificaram que a omissão de potássio teve efeito significativo sobre este parâmetro morfológico das mudas de *Peltophorum dubium*. Entretanto, para plantas de *Copaifera langsdorffii*, Duboc et al. (1996b) observaram que as plantas desta espécie sob omissão do nutriente apresentaram maior produção de biomassa seca de parte aérea sem, no entanto, diferir estatisticamente do tratamento completo, demonstrando, assim, o baixo requerimento nutricional da espécie para o nutriente em questão.

Respostas significativas da adubação potássica na produção de matéria seca de parte aérea de mudas de espécies florestais também foram encontrados por outros autores. Fernández et al. (1996), trabalhando com mudas de *Mimosa tenuiflora*, verificaram resposta significativa deste parâmetro morfológico à aplicação de doses de K, tendo encontrado uma dose crítica de 38,02 mg/dm³ do nutriente para a referida espécie, dose esta bem abaixo da observada para *Peltophorum dubium* neste estudo. Já Balieiro et al. (2001) observaram para *A. auriculiformis* um melhor desempenho na produção de matéria seca de parte aérea quando da não aplicação de K no substrato,

enquanto para *A. holosericea* observou-se uma pequena tendência de acréscimo da MSPA com o aumento das doses de K aplicadas, indicando em ambos os casos que o K disponível no substrato (5,0 mg/dm³) estivesse já fornecendo o nutriente em quantidade suficiente para as espécies.

Da mesma forma que para a matéria seca de parte aérea, para a matéria seca de raiz também não foi possível ajustar um modelo estatístico às respostas observadas por parte das plantas de *Peltophorum dubium*, no latossolo vermelho-amarelo distrófico e no latossolo vermelho-amarelo álico, à aplicação de doses de potássio. No caso das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, entretanto, observou que as plantas apresentaram máxima produção de matéria seca radicular (2,97 g) quando da dose calculada 139,7 mg/dm³, tendo ainda sido determinada uma dose crítica do nutriente neste solo de 94,6 mg/dm³ (Figura 27).

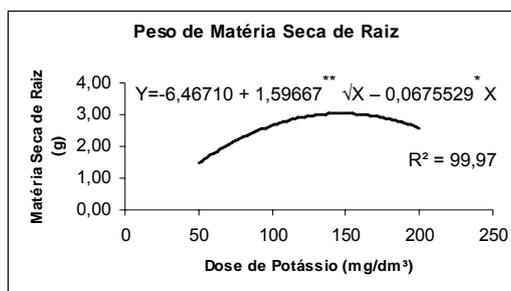


Figura 27 – Peso de matéria seca de raiz das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

No que tange à produção de matéria seca de raiz, Venturin et al. (1999) observaram para *Pelthophorum dubium* que a omissão de potássio do meio de crescimento não levou o crescimento radicular das plantas a diferir do observado no tratamento completo. Em contrapartida, para mudas de *Myracrodruon urundeuva*, Mendonça et al. (1999) observaram que a omissão de potássio fez com que as plantas apresentassem menor produção de matéria seca radicular; diferindo estatisticamente do tratamento completo e demonstrando, dessa forma, a importância da adubação potássica para algumas espécies.

Ao contrário do constatado neste estudo para as plantas de *Pelthophorum dubium*, Dias et al. (1991a) não recomendam para *A. mangium* a realização de adubação com K, devido à resposta negativa obtida para a espécie, ressaltando ainda que, para algumas espécies a dose crítica tem sido inferior a 50,0 mg/dm³. Já Costa Filho (1987) observou, para *Astronium urundeuva*, que a aplicação de doses superiores a 100,0 mg/dm³ do

nutriente tiveram limitado efeito sobre o crescimento de mudas da referida espécie; dose esta abaixo da dose para a qual se verificou a máxima produção de matéria seca radicular das plantas de *Peltophorum dubium*, estando no entanto, a dose crítica muito próxima do valor encontrado pelos autores anteriores.

Para a produção de matéria seca total, observou-se uma resposta à adubação potássica também significativa das plantas de *Peltophorum dubium* no argissolo vermelho-amarelo, assim como ocorreu para este mesmo parâmetro morfológico, para as plantas cultivadas no latossolo vermelho amarelo e latossolo álico. Apenas para o primeiro, entretanto, foi possível ajustar um modelo matemático às respostas observadas, tendo-se observado a máxima produção de matéria seca (8,2 g), quando da dose estimada 144,40 mg/dm³, com a dose crítica do nutriente sido estimada em 96,8 mg/dm³ (Figura 28).

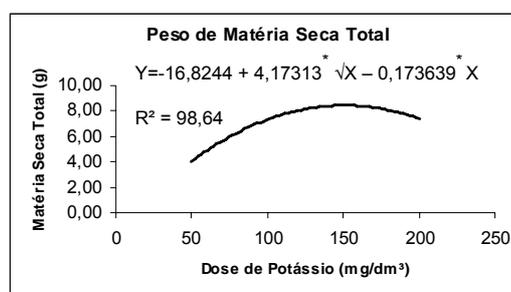


Figura 28 – Peso de matéria seca total das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

A dose crítica de K obtida no presente estudo para produção de matéria seca total das plantas de *Peltophorum dubium* está pouco acima do verificado por Dias et al. (1992) para mudas de *Sclerolobium paniculatum*, que foi de 80,0 mg/dm³, mas abaixo da dose acima da qual Costa Filho (1987) afirma que o efeito sobre mudas de *Astronium urundeuva* foi limitado. Mas, da mesma forma que para a variável MSR, o maior valor de produção de matéria seca total por parte das plantas de *Peltophorum dubium* ocorreu para uma dose estimada bem acima da citada pelos autores anteriores.

Já Reis et al. (1997) observaram que, apesar de significativa a resposta da adubação potássica sobre *Dalbergia nigra*, não foi possível ajustar equações à produção de matéria seca da mesma, à semelhança do ocorrido no presente estudo em alguns casos. Apesar disso, os autores determinaram que a dose crítica do nutriente é de aproximadamente 30 mg/dm³, bem abaixo do valor encontrado para as plantas de *Peltophorum dubium* no presente estudo, mas corroborando a informação de Dias et al.

(1991a), que afirmaram que, para algumas espécies, a dose crítica do nutriente tem sido inferior a 50 mg/dm³.

Quanto à aplicação de doses de cálcio ao substrato, observou-se, neste estudo que, apesar de significativas as respostas obtidas de produção de matéria seca de parte aérea, raiz e total ao tratamento aplicado às mudas de *Peltophorum dubium*, não foi possível, para nenhum dos três tipos de solo utilizados para o cultivo das mesmas, ajustar modelos de regressão que explicassem adequadamente as respostas obtidas.

A importância da adubação com cálcio também foi evidenciada por Simões e Couto (1973) que verificaram para *Araucaria angustifolia* uma sensível redução na produção de matéria seca das plantas devido à ausência do nutriente na adubação. Em contrapartida, usando calagem em substrato para cultivo de mudas de *Dalbergia nigra*, Reis et al. (1997) observaram resposta não significativa do tratamento aplicado sobre a produção de matéria seca das plantas, o que, de acordo com os autores, provavelmente ocorreu em função de o superfosfato simples aplicado ao substrato apresentar teor de cálcio suficiente para suprir as necessidades de crescimento das mudas, além de permitir ainda inferir que a espécie apresenta baixo requerimento do nutriente na sua fase juvenil.

Da mesma forma que os autores anteriores, Fonseca e Dias (1994) verificaram para *A. holosericea* o mesmo tipo de comportamento na fase de produção de mudas. De acordo com Neves et al. (1982), o fornecimento de cálcio às plantas através da calagem só se faz necessário quando o nível deste no solo for inferior a 0,2 cmol_c/dm³. Entretanto, concordando com o verificado no presente estudo, onde notou-se resposta significativa da aplicação do nutriente em todos os três tipos de solo que apresentavam pouco ou nenhum cálcio naturalmente, Santanna et al. (1996) observaram também efeito significativo do cálcio aplicado ao substrato sobre a produção de matéria seca de plantas de *Hevea brasiliensis*.

No caso do magnésio, observou-se para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico uma diminuição linear da produção de biomassa de parte aérea em resposta à adição de doses crescentes de magnésio ao substrato (Figura 29). Para o latossolo vermelho-amarelo álico, entretanto, apesar de significativas as respostas observadas à adição do nutriente, não foi possível ajustar um modelo estatístico às respostas observadas.

Para o argissolo vermelho-amarelo, observou-se, neste estudo, que a máxima produção de matéria seca de parte aérea (4,79 g) ocorreu quando da dose calculada de

0,49 cmol/dm³, tendo ainda, sido determinada uma dose crítica de magnésio de 0,34 cmol/dm³ (Figura 30).

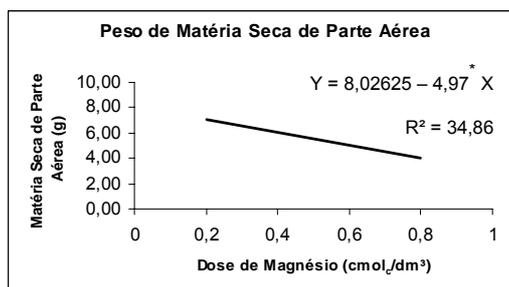


Figura 29 – Peso de matéria seca de parte aérea das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

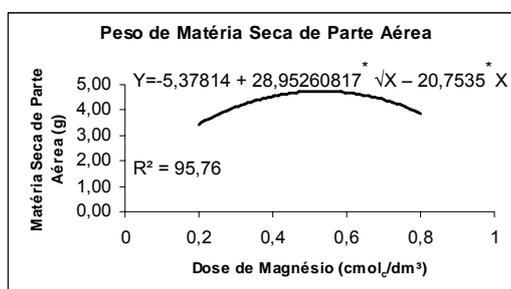


Figura 30 – Peso de matéria seca de parte aérea das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

A produção de biomassa de raiz à semelhança da de parte aérea também foi significativa para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico com a produção de matéria seca radicular diminuído linearmente em resposta ao aumento da dose de magnésio aplicada (Figura 31).

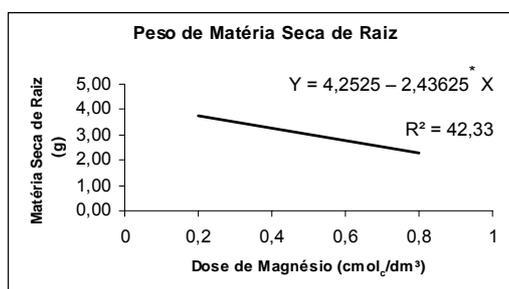


Figura 31 – Peso de matéria seca de raiz das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Nos outros dois tipos de solo utilizados no presente estudo, foi constatado também efeito significativo da aplicação de Mg sobre a produção de matéria seca de raiz das

mudas de *Peltophorum dubium*. Entretanto, não foi possível ajustar modelos de regressão que explicassem adequadamente as respostas verificadas. De qualquer modo, para todos os três tipos de solo não foi possível determinar a dose crítica do nutriente para obtenção de 90% da máxima produção de matéria seca de raiz.

As plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico apresentaram também respostas de produção de matéria seca total lineares decrescentes, devido à aplicação das doses magnésio (Figura 32).

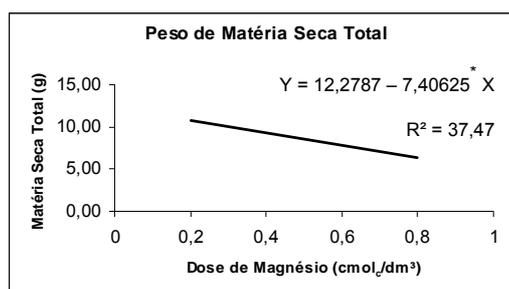


Figura 32 – Peso de matéria seca total das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

No latossolo vermelho-amarelo álico, à semelhança do ocorrido em outros casos já mencionados, apesar de significativos os efeitos da aplicação de magnésio ao substrato, não foi encontrado um modelo matemático que explicasse adequadamente as respostas observadas nas plantas de *Peltophorum dubium*. Já no argissolo vermelho-amarelo foi constatado que a máxima produção de matéria seca (7,26 g) ocorreu quando da dose calculada 0,49 cmol/dm³, tendo-se ainda determinado uma dose crítica de 0,27 cmol/dm³ do nutriente neste solo (Figura 33).

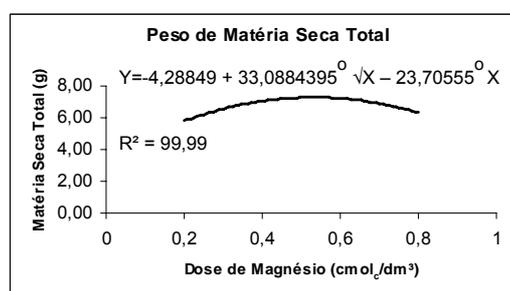


Figura 33 – Peso de matéria seca total das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Efeitos da aplicação de magnésio não são encontrados com frequência na literatura, mas, apesar disso, Gomes (2001) afirma que a sua aplicação é feita por meio do calcário

dolomítico em mistura com o substrato, antes da semeadura, quando necessário. De acordo com Neves et al. (1982), o uso dessa prática na produção de mudas se faz necessária quando o nível de Mg do solo for inferior a $0,06 \text{ cmol/dm}^3$, assim como se verificou para os solos utilizados no presente estudo. Neste sentido e corroborando os efeitos desse procedimento para fornecer este nutriente para as plantas Cruz et al. (2004) observaram em *Tabebuia impetiginosa* efeito significativo do procedimento sobre a produção de matéria seca de parte aérea, raiz e total das plantas.

Venturin et al. (1999), trabalhando com a mesma espécie utilizada neste estudo, verificaram que a mesma apresenta elevada exigência nutricional em magnésio. Da mesma forma, Mendonça et al. (1999) observou para *Myracrodruon urundeuva* que a omissão de magnésio afetou significativamente a produção de matéria seca de parte aérea e de raiz das plantas, acarretando menor produção, comparativamente com o tratamento completo.

Já Alves et al. (1996) observaram para *Hevea brasiliensis* que as plantas não apresentaram respostas muito acentuadas de produção de matéria seca à aplicação de doses do nutriente ao substrato, não tendo ocorrido diferença significativa entre as diferentes doses do nutriente aplicadas ao substrato. Em *Hymenaea courbaril* foi observado por Duboc et al. (1996a) que a omissão do nutriente não afetou significativamente a produção de matéria seca das plantas, diferenciando-se do observado neste estudo para *Peltophorum dubium*, onde nos três solos observaram-se respostas significativas.

Para as plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico e latossolo vermelho-amarelo álico neste trabalho, observou-se ainda resposta significativa para MSPA, MSR e MST à adição de doses de enxofre ao substrato. Entretanto, não foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse adequadamente às respostas observadas.

Já a produção de matéria seca de parte aérea das plantas de *Peltophorum dubium*, em resposta à aplicação de doses de enxofre no argissolo vermelho-amarelo, foi explicada por um modelo quadrático, verificando-se a máxima produção (5,07 g) para a dose calculada $53,0 \text{ mg/dm}^3$ e dose crítica estimada em $34,2 \text{ mg/dm}^3$ (Figura 34).

As plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em argissolo vermelho-amarelo apresentaram, ainda, resposta de produção de biomassa radicular explicada por um modelo raiz quadrada, tendo-se determinada a dose de $51,1 \text{ mg/dm}^3$ como promotora da

máxima produção de matéria seca de raiz (2,89 g), e uma dose crítica de enxofre de 31,0 mg/dm³ (Figura 35).

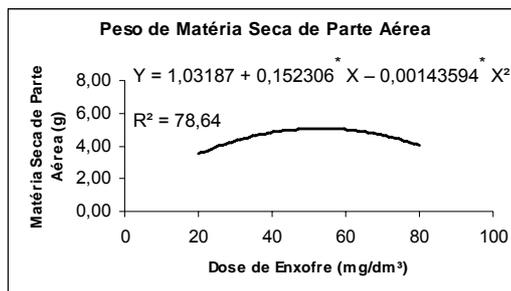


Figura 34 – Peso de matéria seca de parte aérea das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

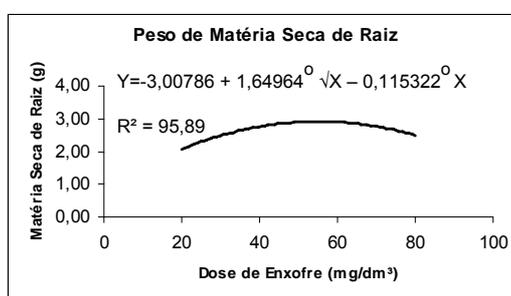


Figura 35 – Peso de matéria seca de raiz das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Ainda no caso das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observou-se resposta quadrática negativa das plantas à aplicação de doses crescentes de enxofre, tendo a máxima produção de matéria seca total (8,01 g) ocorrido quando da dose calculada do nutriente 53,7 mg/dm³ e dose crítica de 34,4 mg/dm³ (Figura 36).

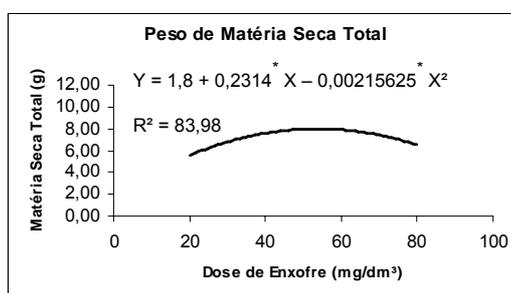


Figura 36 – Peso de matéria seca total das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Ao contrário do verificado neste trabalho, Dias et al. (1992) observaram para *Sclerolobium paniculatum* falta de resposta às doses de enxofre aplicadas ao substrato

que resultou, de acordo com os pesquisadores, numa ausência de modelos matemáticos significativos para as diversas variáveis analisadas em função das doses aplicadas e indicando que o teor de enxofre existente originalmente no solo seria suficiente para a formação das mudas desta espécie. Alvarez V. et al. (1987) ressaltaram que respostas à adição do nutriente ao solo não têm sido observadas quando as plantas recebem doses insuficientes de fósforo.

Trabalhando com mudas de *Myracrodruon urundeuva*, Mendonça et al. (1999) observaram que não houve resposta significativa da omissão de enxofre sobre a produção de matéria seca tanto de parte aérea quanto de raiz das plantas. Duboc et al. (1996b) também verificaram o mesmo fato para *Copaifera langsdorffii*, enquanto Venturin et al. (1999), trabalhando com *Peltophorum dubium*, observaram ser a espécie muito exigente nutricionalmente em S, tendo a omissão do nutriente afetado negativamente a produção de matéria seca de raiz e de parte aérea das plantas, comparativamente ao tratamento completo.

Já Reis et al. (1997) observaram para *Dalbergia nigra* que a aplicação de enxofre promoveu respostas negativas, o que provavelmente deveu-se ao fato de o nível do nutriente no solo ser superior à quantidade exigida pela planta. Já para *A. holosericea* Balieiro et al. (2001) observaram uma resposta positiva à aplicação de enxofre ao substrato, tendo encontrado uma dose crítica de 20 mg/dm³, enquanto Fernandez et al. (1996) obtiveram, também, resposta positiva para mudas de *Mimosa tenuiflora*, mas determinaram uma dose crítica do nutriente de 14,0 mg/dm³. Em ambos os casos, entretanto, as doses críticas obtidas pelos autores anteriores são inferiores às observadas para *Peltophorum dubium* neste trabalho, podendo-se inferir ser a espécie objeto do presente estudo, mais exigente no nutriente do que as outras três espécies citadas.

3.2.4. Índices de qualidade de mudas

3.2.4.1. Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D)

De acordo com Gomes (2001), em razão da facilidade de medição tanto da altura da parte aérea quanto do diâmetro do coleto e por ser um método não destrutivo, a relação entre esses parâmetros pode ser considerada e aplicada para muitas das espécies florestais, constituindo-se num dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (Carneiro, 1995).

Ainda de acordo com este autor, o valor resultante da altura da parte aérea da muda pelo seu respectivo diâmetro do coleto exprime um equilíbrio de crescimento.

Para as plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico, tiveram respostas significativas em todos os tratamentos testados, mas apenas para P e Ca foram encontrados modelos matemáticos que se ajustassem adequadamente às respostas apresentadas, indicando um aumento linear dos valores encontrados para H/D em resposta à doses crescentes desses nutrientes aplicadas no substrato (Figura 37).

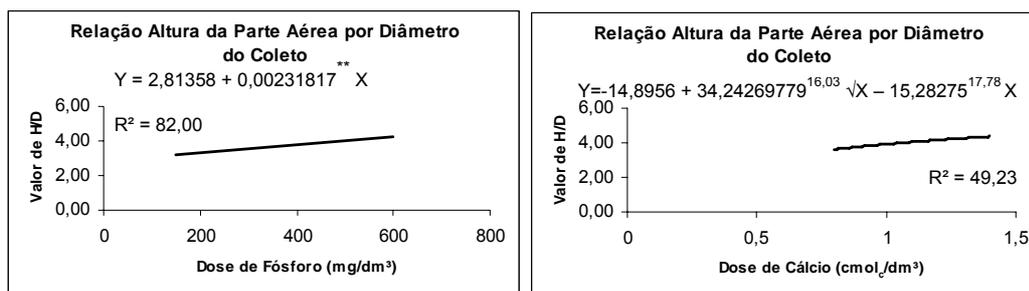


Figura 37 – Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D) das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo e cálcio em latossolo vermelho amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Enquanto no latossolo vermelho-amarelo álico não se verificou resposta significativa para H/D aos tratamentos aplicados; no argissolo vermelho-amarelo, este fato também ocorreu para os tratamentos de P, Ca e S. Resposta não significativa para este índice de qualidade de mudas também foi verificada por Cruz et al. (2004) para *Tabebuia impetiginosa* submetidas à elevação da saturação por bases, bem como para *Samanea inopinata* submetidas à adubação nitrogenada (CRUZ et al., 2006).

Para os tratamentos N e K, no argissolo vermelho-amarelo, verificou-se respostas lineares opostas entre si, tendo no primeiro ocorrido uma resposta linear crescente de H/D (Figura 38), enquanto no segundo, observou-se uma resposta linear decrescente (Figura 39). Já no tratamento onde se aplicaram doses crescentes de magnésio ao substrato, observou-se uma resposta quadrática negativa com o máximo valor de H/D (4,28) ocorrido para a dose calculada 0,48 cmol_c/dm³, e a dose crítica calculada 0,27 cmol_c/dm³ (Figura 40).

De acordo com Carneiro (1983), este índice de qualidade de mudas é muito importante e, quanto menor for seu valor, maior será a capacidade de sobrevivência e estabelecimento das mudas após seu plantio definitivo no campo. Neste trabalho, com exceção do tratamento K para *Peltophorum dubium* cultivada em argissolo vermelho-

amarelo, nos demais tratamentos a análise de regressão indicou que o menor valor a ser atingido por este índice ocorre para uma dose abaixo da menor dose aplicada dos nutrientes em seus respectivos tratamentos. Já no tratamento K, para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, o menor valor de H/D pode ser obtido para uma dose de potássio aplicada ao substrato superior a 200 mg/dm³.

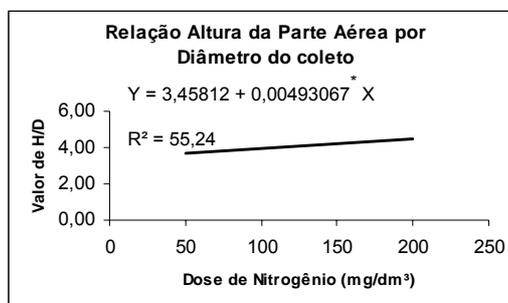


Figura 38 – Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

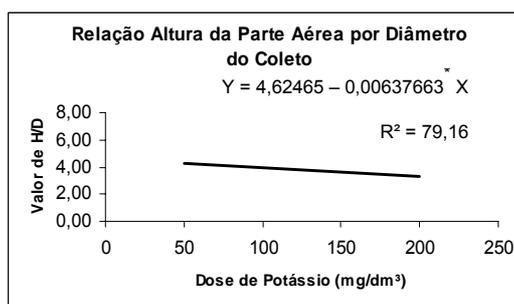


Figura 39 – Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

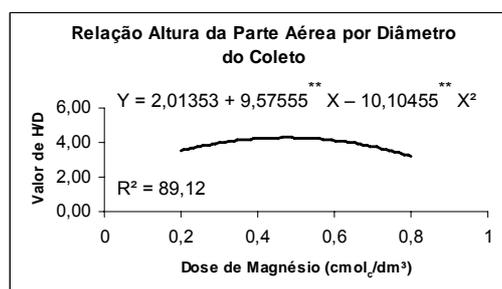


Figura 40 – Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Carneiro (1976) relata que, para um crescimento equilibrado de mudas em raiz nua de *Pinus taeda*, o valor de H/D deverá ser inferior a 8,1 e, que quanto mais elevada for a

percentagem de mudas que se enquadrem nessa norma de classificação, mais acertadas terão sido as técnicas utilizadas no viveiro e mais aptas estarão as mudas para o plantio. De forma geral, como se constata pela tendência linear indicada pelas plantas, bem como pelo ponto de máximo valor ocorrido no tratamento Mg das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, os valores observados para *Peltophorum dubium* estão abaixo do maior valor indicado para *Pinus taeda*. Por esse critério, observou-se, ainda, para *Peltophorum dubium*, em todos os tratamentos, valores médios para esta relação inferiores ao indicado por Carneiro (1976), demonstrando estarem as mudas com um desenvolvimento equilibrado e boa capacidade de se estabelecerem após o plantio no campo.

3.2.4.2. Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA)

O quociente obtido pela divisão da altura da parte aérea pelo peso de matéria seca da parte aérea não é comumente usado para avaliar o padrão de qualidade de mudas, mas pode ser de grande valia, principalmente para predizer o potencial de sobrevivência da muda no campo (GOMES, 2001). Ainda de acordo o autor, quanto menor for esse índice, mais lenhificada será a muda e maior deverá ser sua capacidade de sobrevivência no campo.

As respostas verificadas nos tratamentos N (Figura 41) e P (Figura 42) para H/MSPA das plantas de *Peltophorum dubium* no latossolo vermelho-amarelo distrófico demonstraram ter ocorrido diminuição linear dos valores desta variável ao aumento das doses aplicadas dos nutrientes. No mesmo solo, o aumento da dose de magnésio aplicada ao substrato levou a um aumento linear dos valores observados de H/MSPA (Figura 43). Já para os tratamentos Ca, Mg e S, apesar de significativas as respostas observadas, não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse às respostas observadas para *Peltophorum dubium*.

No tratamento K, no substrato latossolo vermelho-amarelo distrófico, as plantas de *Peltophorum dubium* apresentaram resposta explicada por um modelo raiz quadrada com o máximo valor para H/MSPA (5,34) sido obtido para a dose calculada 151,7 mg/dm³ e dose crítica estimada em 72,6 mg/dm³ (Figura 44).

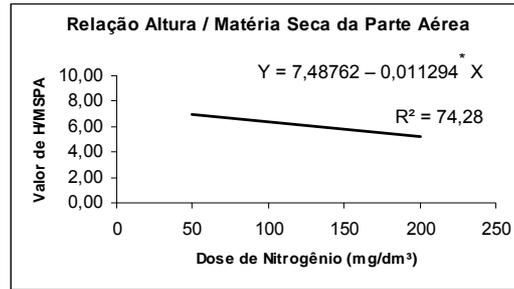


Figura 41 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

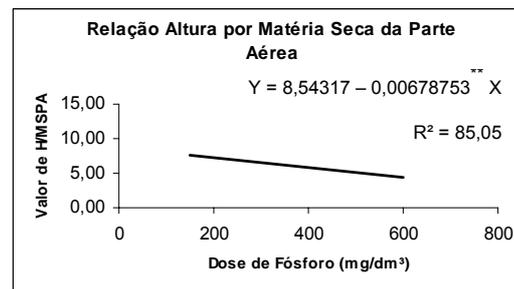


Figura 42 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

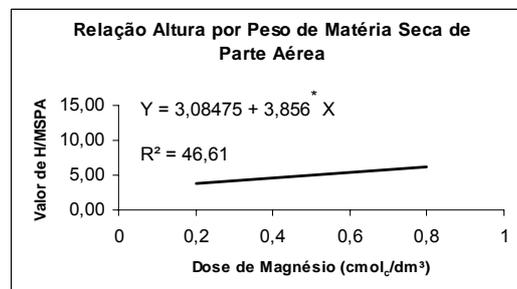


Figura 43 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Já no latossolo vermelho-amarelo álico, observou-se respostas lineares opostas entre si para as plantas de *Pelthophorum dubium* quando dos tratamentos N e P, enquanto que para os tratamentos K, Ca, Mg e S, apesar de significativas as respostas observadas para H/MSPA, não foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse adequadamente às respostas observadas. No tratamento N, observou-se aumento dos valores de H/MSPA em resposta às doses aplicadas do nutriente (Figura 45).

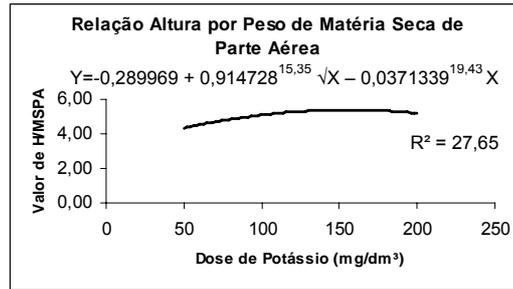


Figura 44 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

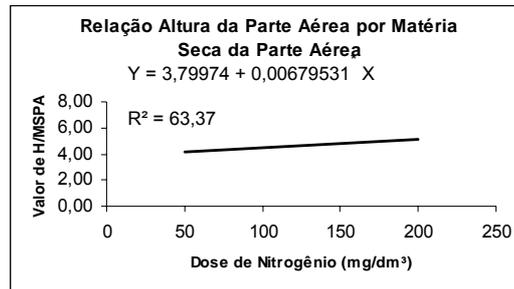


Figura 45 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

No caso do fósforo, observou-se diminuição linear dos valores de H/MSPA com o aumento da dose aplicada do nutriente ao latossolo vermelho amarelo álico (Figura 46). Já, no argissolo vermelho-amarelo, observou-se em resposta aos tratamentos P (Figura 47), K (Figura 48), Ca e Mg (Figura 49) diminuição linear nos valores de H/MSPA das plantas de *Pelthophorum dubium* ao aumento da dose aplicada destes nutrientes ao solo em questão.

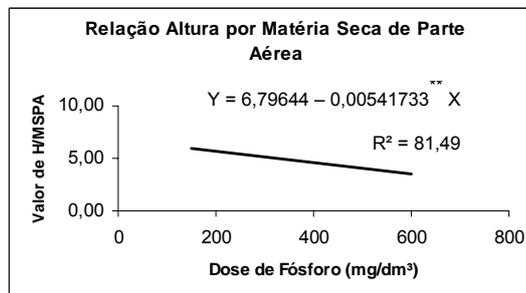


Figura 46 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Já, para os tratamentos N e S no argissolo vermelho-amarelo, observou-se resposta significativa das plantas de *Peltophorum dubium* à doses destes nutrientes, não tendo entretanto, sido encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas de H/MSPA das plantas da espécie estudada.

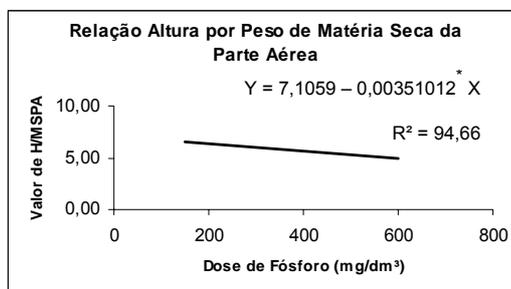


Figura 47 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

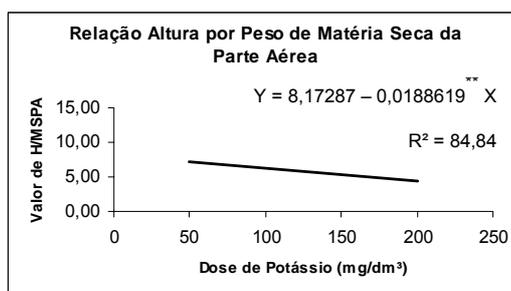


Figura 48 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

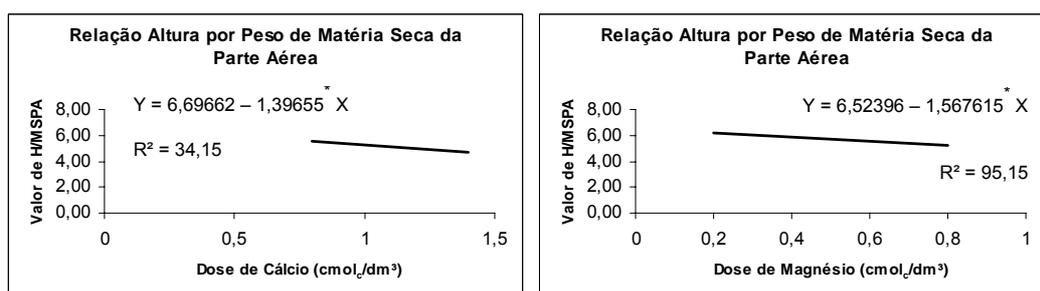


Figura 49 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de cálcio e magnésio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

De acordo com Gomes (2001), tanto melhor será a muda quanto menor for o valor de H/MSPA. O melhor valor da relação estudada para *Peltophorum dubium* variou em cada um dos tratamentos aplicados. Para o tratamento N, no latossolo vermelho-amarelo

distrófico, o menor valor da relação ocorre para uma dose acima da maior dose aplicada do nutriente (200 mg/dm³). O mesmo tipo de resposta se verificou para as plantas submetidas a aplicação de doses de fósforo nos três tipos de solo, bem como nos tratamentos K, Ca e Mg das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo.

Já no tratamento Mg, no latossolo vermelho-amarelo distrófico, o menor valor de H/MSPA das plantas de *Peltophorum dubium* se encontra abaixo da menor dose aplicada do nutriente (0,2 cmol_c/dm³). No tratamento K das plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico, verificou-se a ocorrência de um ponto de máximo, podendo-se interpretar, dessa forma, que o melhor valor de H/MSPA ocorre quando da aplicação de doses maiores ou menores à 151,70 mg/dm³.

Entretanto, devido às respostas observadas neste estudo, não foi possível determinar, a dose para a qual se observa para *Peltophorum dubium* o menor valor de H/MSPA, bem como a dose crítica para se obter 90% desse valor.

Trabalhando com *Tabebuia impetiginosa*, Cruz et al. (2004) observaram resposta significativa da elevação da saturação por bases no substrato sobre H/MSPA da espécie estudada. Respostas significativas para este índice de qualidade de mudas também foram encontrados para *Samanea inopinata* por Cruz et al. (2006), que receberam adubação nitrogenada, tendo verificado para esta relação valores de 0,84 para adubações realizadas a cada 14 dias e 0,87 para adubações realizadas a cada 28 dias; valores estes bem abaixo dos valores médios verificados nos diferentes tratamentos aplicados a plantas de *Peltophorum dubium* neste estudo e que ficaram próximos de 4,5 e 5,0 de maneira geral.

3.2.4.3. Relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR)

De acordo com alguns autores (PARVIAINEN, 1981; LIMSTROM, 1963), a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e do respectivo sistema radicular das mudas é considerada como um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade destas, mas, de acordo com Burnett (1979), essa relação poderá não ter significado para o crescimento no campo.

Para plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico, observou-se que respostas de MSPA/MSR ao tratamento N interpretadas por um modelo raiz quadrada,

com o maior valor da relação (1,83) ocorrido para a dose calculada 138,90 mg/dm³ e dose crítica calculada em 130,90 mg/dm³ (Figura 50).

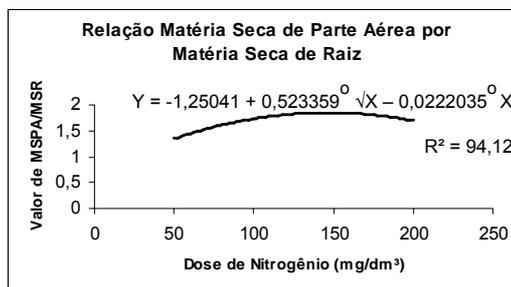


Figura 50 – Relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Para *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Pinus echinata* e *Pinus palustris*, a importância deste índice de qualidade de mudas foi confirmada, tendo sido para estas espécies determinados valores entre 1,0 e 3,0 (WAKELEY, 1954). O valor máximo observado para *Pelthophorum dubium* no tratamento anterior é um valor intermediário ao verificado pelo autor anterior, para aquelas espécies.

Já, no tratamento P, observou-se no latossolo vermelho-amarelo distrófico resposta linear crescente de MSPA/MSR das mudas de *Pelthophorum dubium* ao tratamento aplicado (Figura 51). No caso dos tratamentos K, Ca, Mg e S, observaram-se também respostas significativas, não tendo, apesar disso, sido encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas neste mesmo tipo de solo.

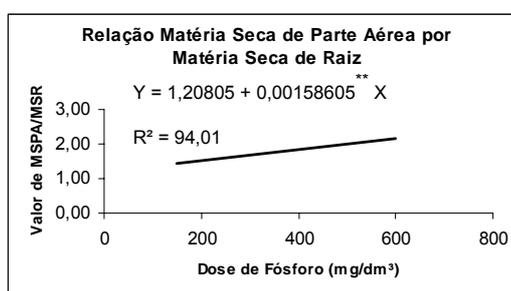


Figura 51 – Relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Pelthophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo, em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

A resposta observada para o tratamento P no latossolo vermelho-amarelo distrófico, foi oposta à verificada para as plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico e que receberam doses de magnésio, tendo ocorrido diminuição dos valores de MSPA/MSR em resposta ao tratamento P (Figura 52).

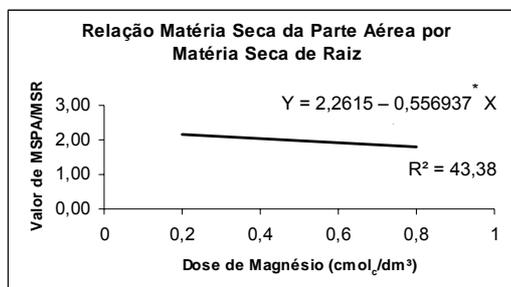


Figura 52 – Relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio, em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Apesar disso, à semelhança do verificado no solo anterior para a maioria dos tratamentos, também no latossolo vermelho-amarelo álico verificou-se para alguns nutrientes (N, P, K, Ca e S) que não houve um modelo de regressão que se ajustasse adequadamente às respostas das plantas de *Peltophorum dubium* observadas.

No argissolo vermelho-amarelo, observou-se respostas lineares de MSPA/MSR das plantas de *Peltophorum dubium* nos tratamentos N e Ca, tendo em ambos os casos sido observado aumento linear dos valores da relação quando da aplicação de doses dos nutrientes (Figura 53).

No argissolo vermelho-amarelo, observou-se resposta quadrática negativa das plantas de *Peltophorum dubium* à aplicação de doses de Mg, observando-se para MSPA/MSR o máximo valor (1,92) quando da dose calculada 0,52 cmol/dm³ e dose crítica calculada 0,31 cmol/dm³. No mesmo tipo de solo, para os tratamentos P, K e S não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse às respostas observadas das plantas de *Peltophorum dubium*.

O valor observado no tratamento anterior para este índice de qualidade de mudas das plantas de *Peltophorum dubium* está pouco abaixo do encontrado para *Pinus taeda* por Carneiro (1985), que obteve valores entre 2,12 e 2,87, bem como do valor que ficou estabelecido como ideal em um encontro de pesquisadores, que é de 2,0 (BRISSETE, 1984). De forma geral, pôde-se observar que os valores médios esperados para as maiores ou menores doses aplicadas de cada um dos nutrientes nos tratamentos

aplicados se encontram próximos do valor tido como ideal (2,0) pelo autor anterior e permitindo ainda inferir que por este índice as mudas de *Peltophorum dubium* produzidas alcançaram um bom padrão de qualidade.

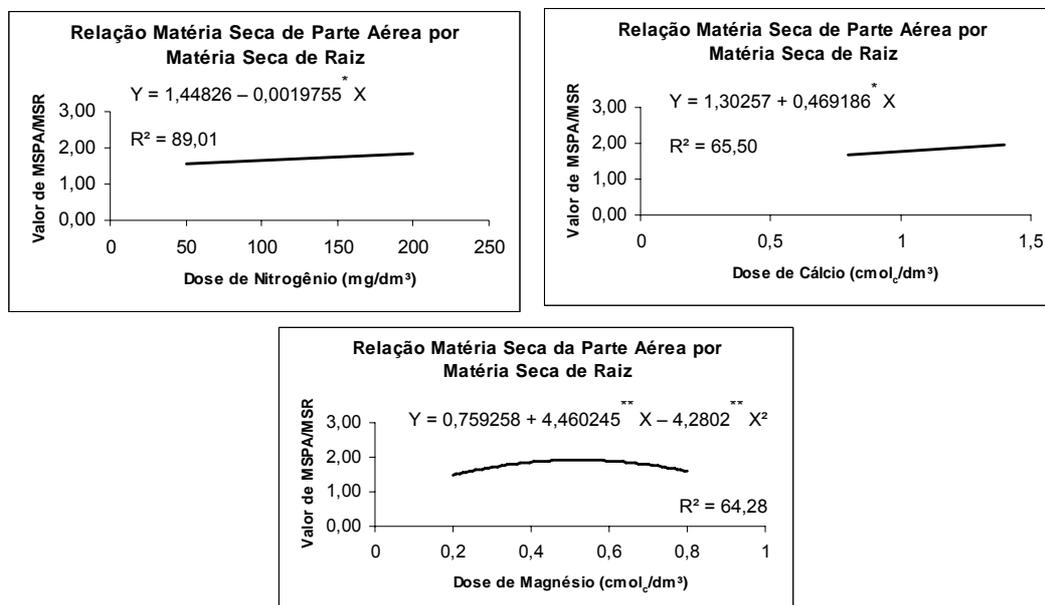


Figura 53 – Relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio cálcio e magnésio, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Cruz et al. (2004) obtiveram para a relação MSPA/MSR valores que variaram entre 1,18 e 1,65, valores estes abaixo dos máximos valores verificados para *Peltophorum dubium* neste estudo. Para mudas de *Samanea inopinata* Cruz et al. (2006) obtiveram valores maiores e menores do que os verificados para a espécie utilizada no presente estudo, variando entre 2,04 e 1,22 e estando próximos dos valores médios verificados para *Peltophorum dubium* neste estudo, onde observou-se valores variando entre 0,69 e 2,10 com grande concentração de valores próximos de 1,80.

3.2.4.4. Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD)

O IQD é uma fórmula balanceada onde estão incluídos as relações dos parâmetros morfológicos (GOMES, 2001) e que foi desenvolvido estudando o comportamento de mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola* por Dickson et al. (1960).

As plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico apresentaram respostas aos tratamentos P e Mg opostas entre si. No caso do primeiro, verificou-se aumento linear nos valores observados de IQD (Figura 54).

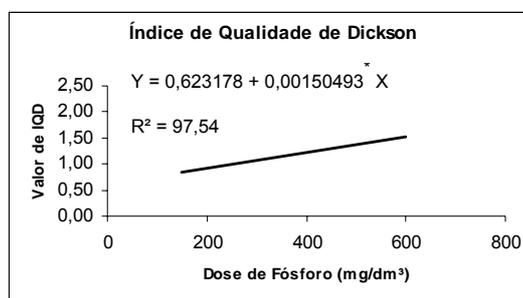


Figura 54 – Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) das plantas de *Peltophorum dubium* (canaústula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Já para o tratamento magnésio, no mesmo tipo de solo anterior, observou-se diminuição dos valores observados de IQD em resposta à aplicação de doses do nutriente (Figura 55), enquanto nos tratamentos N, K, Ca e S, apesar de significativas, não encontrou-se um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas de IQD observadas para *Peltophorum dubium*.

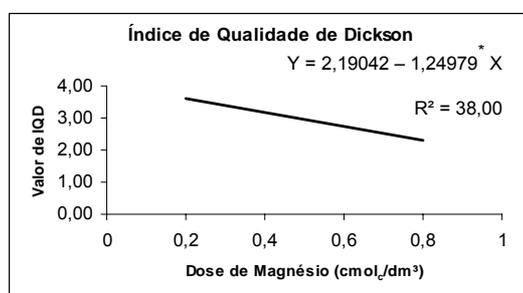


Figura 55 – Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) das plantas de *Peltophorum dubium* (canaústula) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Quando do cultivo das plantas de *Peltophorum dubium* em latossolo vermelho-amarelo álico, observou-se resposta linear decrescente do IQD à aplicação de nitrogênio ao substrato, enquanto no tratamento P as plantas apresentaram resposta explicada por um modelo raiz quadrada com o máximo valor de IQD (2,63) ocorrido quando da dose calculada 2.494,23 mg/dm³ e dose crítica 1.166,60 mg/dm³ (Figura 56).

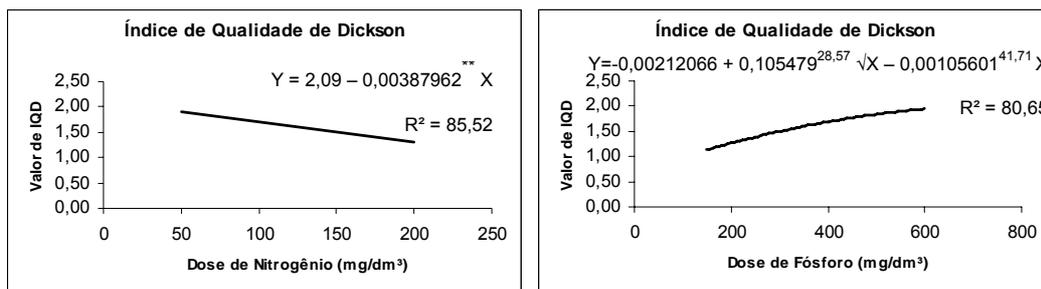


Figura 56 – Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) das plantas de *Peltophorum dubium* (canafigstula) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio e fósforo em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Já no tratamento K, no latossolo vermelho-amarelo álico, a análise de regressão demonstrou que as plantas de *Peltophorum dubium* apresentaram resposta quadrática negativa com o máximo valor de IQD (1,88), ocorrido na dose 134,51 mg/dm³ e dose crítica estimada em 76,86 mg/dm³ (Figura 57). Entretanto, para o Ca, Mg e S no mesmo tipo de solo não houve ajuste adequado de um modelo estatístico às respostas observadas .

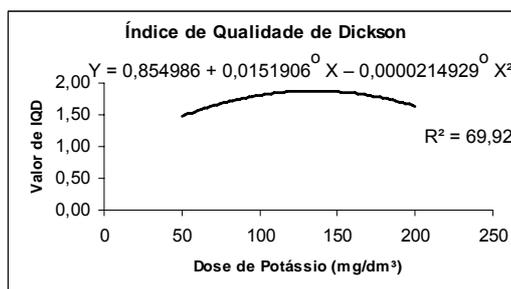


Figura 57 – Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) das plantas de *Peltophorum dubium* (canafigstula) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

No caso das plantas de *Peltophorum dubium* cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observaram-se respostas lineares crescentes à aplicação de doses crescentes de fósforo e potássio ao substrato (Figura 58), enquanto para os tratamentos N, Ca, Mg e S observou-se que, apesar de significativas as respostas das plantas, não houve ajuste adequado de um modelo estatístico às respostas observadas, impedindo, assim, a determinação da dose crítica destes nutrientes.

De acordo com Gomes (2001), quanto maior o valor obtido para IQD, melhor será o padrão de qualidade das mudas. Tendo isso em mente, verifica-se que, para a adubação nitrogenada realizada nas de *Peltophorum dubium*, cultivadas em latossolo

vermelho-amarelo álico, esse valor vai ser tanto maior quanto menor for a dose do nutriente aplicada, e o maior valor deste índice de qualidade de mudas ocorrerá para as plantas ao aplicar-se uma dose inferior a 50 mg/dm³, que foi a menor dose do nutriente aplicada no presente estudo. Já para o fósforo ocorre o inverso nos três tipos de solo com o maior valor de IQD, ocorrendo para uma dose superior à maior dose do nutriente aplicada. Tal fato se repete para o K no caso das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, enquanto para o Mg no latossolo vermelho-amarelo distrófico o maior valor ocorre para aplicação de uma dose inferior à menor dose do nutriente aplicada (0,2 cmol/dm³).

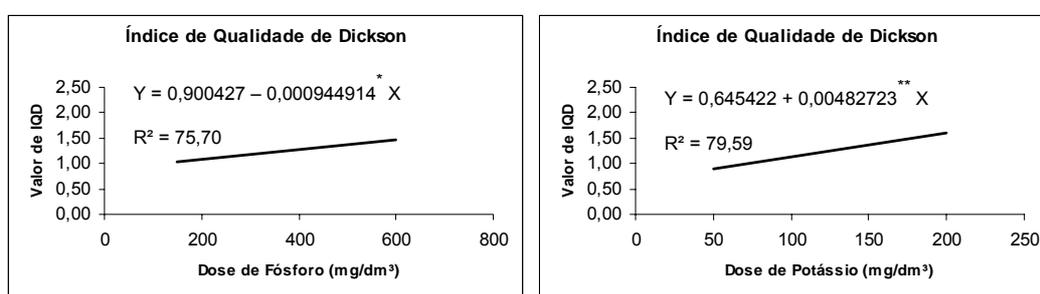


Figura 58 – Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) das plantas de *Peltophorum dubium* (canafístula) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo e potássio, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Nos tratamentos P e K aplicados às plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico, observou-se a ocorrência de pontos de máximo com valores bem acima do mínimo recomendado por Hunt (1990) para *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies* (0,20). Estes valores encontrados para *Samanea inopinata* por Cruz et al. (2006) são superiores aos verificados no presente estudo para as plantas de *Peltophorum dubium*. Os autores anteriores observaram valores de IQD de 36,49 para as mudas que receberam adubações nitrogenadas a cada 14 dias e 16,81 para as mudas que receberam as adubações a cada 28 dias, enquanto no presente estudo os valores de IQD variaram entre 0,16 e 2,25, com a maioria dos valores estando próximos de 1,5.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A adição de nutrientes teve efeito significativo sobre todas as variáveis analisadas, com exceção da relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico e para as plantas submetidas aos tratamentos P, Ca e S quando cultivadas em argissolo vermelho-amarelo.

Apesar de significativo o efeito da adubação nitrogenada, apenas para a altura da parte aérea e para a relação MSPA/MSR foi possível realizar a definição de uma dose crítica do nutriente. No caso da altura, obteve-se uma dose crítica de 78,2 mg/dm³ de N quando cultivadas no argissolo vermelho-amarelo, enquanto para a relação MSPA/MSR obteve-se uma dose crítica de 130,9 mg/dm³ quando cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico.

As plantas de *Peltophorum dubium* mostraram-se bastante exigentes em fósforo, tendo apresentado valores de dose crítica bastante distintos para as diferentes variáveis analisadas com o menor valor de 207,8 mg/dm³ para o diâmetro do coleto das plantas cultivadas em argissolo e o maior de 1.666,6 mg/dm³ para o IQD, quando cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico.

Para o potássio, obteve-se, no caso das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, valores de dose crítica que foram de 77,9 a 98,2 mg/dm³, conforme a variável analisada, enquanto no latossolo vermelho-amarelo distrófico determinou-se valor de dose crítica apenas para a relação H/MSPA, que foi de 72,6 mg/dm³. Já no latossolo vermelho-amarelo álico apenas para o IQD determinou-se dose crítica, sendo ela de 76,9 mg/dm³.

Para o cálcio e magnésio, obteve-se resposta significativa da adição dos mesmos ao substrato principalmente, devido aos baixos teores dos mesmos, existentes nas amostras de solos utilizadas. Para o primeiro, entretanto, não foi possível a determinação de nenhum valor de dose crítica, ao contrário do magnésio, para o qual se pôde atribuir quando do cultivo em argissolo vermelho-amarelo, um valor entre 0,27 e 0,34 cmol/dm^3 como dose crítica para a produção de mudas da espécie no referido solo.

As plantas de *Peltophorum dubium* mostraram-se bastante responsivas ao enxofre, tendo-se verificado apenas para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo valores de dose crítica que variaram entre 28,97 mg/dm^3 e 34,39 mg/dm^3 .

A fertilização com macronutrientes se mostrou importante para o adequado crescimento e produção de biomassa das plantas de canafístula quando cultivadas nos três tipos de solo utilizados neste estudo.

Os resultados deste estudo demonstrou ainda, a necessidade de maior diferenciação entre as doses testadas dos seis macronutrientes para permitir maior precisão na determinação de doses críticas destes, para produção de mudas de plantas de canafístula.

É interessante, ainda, o uso de um tratamento testemunha (dose zero) para cada um dos nutrientes estudados, para permitir uma melhor definição da resposta das plantas de *Peltophorum dubium* à adição dos nutrientes.

5. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UGV, 1974. 125 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ALVAREZ V., V. H.; FREIRE, F. M.; GUIMARÃES, P. T. G. Concentrações relativas ótimas de nitrogênio, fósforo e enxofre, na adubação do cafeeiro, num latossolo vermelho escuro de Machado, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 22, n. 2, p. 145-152, 1987.
- ALVES, V. M. C.; SANTANNA, C. A. F.; SENA, J. S. P.; BRAGA, J. M. Efeito da adubação potássica na produção de matéria seca de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996, p. 335-336.693p.
- BACON, G. J.; HAMINS, P. J. & JERMYN, D. Morphological grading studies math 1-0 slash seedlings. **Aust. For.**, Queensland, n. 40, p. 293-303, 1977.
- BALIEIRO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: Resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 183-191, 2001.
- BELANGER, R. P.; MCALPINE, R. G. Survival and early growth of planted sweetgum related to root-collar diameter. **Tree Planter's Notes**, v. 21, p. 20-21, 1975.
- BOVI, M. L. A.; GODOY JR, G.; SPIERING, S. H. Respostas de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.161-166, 2002.
- BRAGA, F. A.; VALE, F. R. do; VENTORIN, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n.1, p. 18-31, 1995.
- BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1984. p. 127-128.
- BURNETT, A. N. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. **Canadian Journal of Forest Research**. v. 9, p. 63-67, 1979.
- CARNEIRO, J. G. A. **Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo**. Curitiba, PR: UFPR, 1976. 70p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CARNEIRO, J. G. A. **Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro e após o plantio.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1985. 106p. (Concurso para Professor Titular).

CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam a sua qualidade. **Série Técnica FUPF**, n. 12, p. 1-40, 1983.

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

CARNEIRO, J. G. A.; RAMOS, A. Influência da altura aérea, diâmetro de colo e idade de mudas de *Pinus taeda* sobre a sobrevivência e desenvolvimento após 15 meses e aos seis anos após o plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 10., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPF, 1981. p. 91-110.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira,** Colombo: EMBRAPA-CNPQ/SPI, 1994. 639p.

CARVALHO, M. M. Ações visando recuperação de áreas de pastagens degradadas. In: ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 1, Viçosa, 1997. **Anais...** Viçosa, MG: CMCN/DEF/UFV, 1997. p. 202-206. 488p.

COSTA FILHO, R. T. **Crescimento de mudas de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.) em resposta à calagem, fósforo e potássio.** Viçosa, MG: UFV, 1987. 54f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRESTANA, C. S. M.; BATISTA, E. A.; MARIANO, G.; COUTO, H. T. Z.; PINTO, M. M. Sombreamento e adubação nitrogenada no crescimento de mudas de guarantã – *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 115-123, 1995.

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

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

DIAS, L. E.; ALVAREZ V, V. H.; BRIENZA JR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n.1, p. 11-22, 1991a.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V, V. H.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F.; BRIENZA JR, S. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel) I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991b.

DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; BRIENZA JR, S. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

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

DNM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84p.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R. do, DAVIDE, A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 31-47, 1996a.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R. do; DAVIDE, A. C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 1-12, 1996b.

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéticas), Viçosa, MG: UFV, 1997. 59p.

FAO. Práticas de plantación de arboles em la sabana africana. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Cuad. de fomento for.**, v.19, p. 95-109, 1975.

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

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; PAIVA, H. N.; MIRANDA, J. R. P. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber.). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 37, p. 123-131, 2002.

FERNÁNDEZ, J. Q. P.; RUIVO, M. L. P.; DIAS, L. E.; COSTA, J. P. V.; DIAZ, R. R. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 4, p. 425-431, 1996.

FONSECA, M. J. O.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea*: resposta à calagem, P e K. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 1994, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1994. p. 124.

FRANCO, A. A.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. R. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. In: SIMPÓSIO SOBRE ESTRUTURA, FUNCIONAMENTO E MANEJO DOS ECOSISTEMAS, 1992, Itaguaí, **Anais...** Itaguaí: Editor, 1992. 13p

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K.** Viçosa, MG: UFV, 2001. 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOMES, J. M.; BRANDI, R. M.; COUTO, L.; LELLES, J. G. Influência do tratamento prévio do solo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 9, n. 35, p. 18-23, 1978.

GONÇALVES, J. L. M.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea de eucalipto na presença e ausência da calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 91-104, 1986.

GUERREIRO, C. A.; COLLI JUNIOR, G. Controle de qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. Na Champion Papel e Celulose S.A. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1984. p. 164-170.

HERMANN, R. K. Importance of top-root ratios for survival of Douglas-fir seedling. **Tree Planter's Notes**, v. 64, p. 711, 1964.

HUNT, G. A. Effect of styrobloc design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

LIMSTROM, G. A. **Forest planting practice in the Central States.** Washington, Agriculture Handbook, 1963, p. 2471.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa, SP: Editora Plantarum. 1992, 352p.

MALINOVSKI, J. R. Método de poda radicular em *Araucaria angustifolia* Bert. 0. Ktze. e seus efeitos sobre a qualidade de mudas em raiz nua. **Revista Floresta**, v. 8, n.1, p. 85-88, 1977.

MARISCAL-FLORES, E. J. **Potencial produtivo e alternativas de manejo sustentável de um fragmento de Mata Atlântica secundária, Município de Viçosa, Minas Gerais.** Viçosa, MG: UFV, 1993, 165f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

MENDONÇA, A. V. R.; NOGUEIRA, F. D.; VENTURIN, N.; SOUZA, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Aroeira do Sertão). **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; ANJOS, J. L. Efeito do alumínio em amostras de dois latossolos sob cerrado sobre o crescimento e absorção de nutrientes de mudas de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 6, n. 1, p. 17-28, 1982.

- NICOLOSO, F. T.; FOGAÇA, M. A. F.; ZANCHETTI, F.; MISSIO, E. Nutrição mineral de mudas de grábia (*Apuleia leiocarpa*) em Argissolo Vermelho Distrófico Arênico: (1) Efeito da adubação NPK no crescimento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1-8, 2001.
- OLIVEIRA, J. M. F.; SILVA, A. J.; SCHWENGBER, D. R.; DUARTE, O. R. Respostas de mudas de Angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1-5, 1998.
- PAREDES F., J. Q.; RUIVO, M. L. P.; COSTA, J. P. V.; DIAS, L. E.; RUIZ DIAZ, R. Formação de mudas de *Mimosa tenuiflora*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. p. 813-815. 1158p.
- PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.
- PEZZUTTI, R. V.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 117-125, 1999.
- REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LELES, P. S. S.; NEVES, J. C. L.; GARCIA, N. C. P. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n.4, p. 463-471, 1997.
- RENÓ, N. B.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; VALE, F. R. do. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-25, 1997.
- RENÓ, N. B.; VALE, F. R. do; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O. Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais nativas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 209-210. 418p.
- 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, 1999.
- RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo:** Interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p.
- SANTANNA, C. A. F.; ALVES, V. M. C.; BRAGA, J. M.; SENA, J. S. P.; MELO, A. Influência do cálcio sobre a produção de matéria seca de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996, p. 339-340, 693p.

SCHUBERT, G. H.; ADAMS, R. S. **Reforestation practices for ponifers in California**. Sacramento: Resources Agency, 1971.

SIMÕES, J. W.; COUTO, H. T. Z. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do Pinheiro do Paraná (Bert) O. Kitze, cultivada em vaso. **IPEF**, v. 7, p. 93-102, 1973.

THOMPSON, E. Seedling morphological evaluation – What you can tell by looking. In: **EVALUATION SEEDLING QUALITY: PRINCIPLES PROCEDURES AND PREDICTIVE ABILITIES OF MAJOR TESTS**, 1984, Corvallis. **Proceedings...** Corvallis: Forest Research Laboratory, 1985. p. 59-71.

TURRENT, F. A. **Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción**. Chapingo-México: Rama de Suelos, Colégio de Postgraduados, 1979. 65p. (Boletim técnico, 6).

VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F. R. do; DAVIDE, A. C. Adubação mineral do Angico-Amarelo (*Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999.

WALTERS, J.; KOZAK, A. **Effects of seedling size on survival and growth of plantations with particular referente to douglas fir**. Vancouver: University of British Columbia, 1965. 26p. (Research Paper, 72).

WAKELEY, P. C. **Planting the southern pines**. Washington: Agricultura Monograph, D. C., 1954. p. 181-233.

CAPITULO 3 - PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Barnaby (FEDEGOSO) EM RESPOSTA A MACRONUTRIENTES

RESUMO – O fedegoso (*Senna macranthera*) tem grande ocorrência natural, com potencial uso na recuperação de áreas degradadas. Entretanto, existe uma grande necessidade de informações sobre a nutrição das espécies florestais. Nesse sentido, avaliou-se a resposta das plantas de fedegoso a doses de N, P, K, Ca, Mg e S sobre o crescimento e produção de biomassa, bem como sobre os índices de qualidade de mudas H/D, H/MSPA, MSPA/MSR e IQD. O trabalho conduzido em casa de vegetação, utilizou amostras de latossolo vermelho-amarelo distrófico, latossolo vermelho-amarelo álico, e um argissolo vermelho-amarelo retirados da camada abaixo de 20 cm. Delimitou-se o trabalho por meio de uma matriz baconiana, avaliando-se três diferentes doses dos seis macronutrientes e dois tratamentos adicionais, um com doses de referência e outro no qual não se adicionou nutrientes. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições para cada um dos solos, num total de 240 unidades amostrais. Colhidas as plantas, foi feita a análise estatística dos contrastes ortogonais e procedeu-se quando possível, à análise de regressão para obtenção de modelos que permitissem a determinação da dose crítica (DC) dos nutrientes. Verificou-se resposta significativa de todas as variáveis estudadas aos nutrientes aplicados, com exceção da variável H/D nos tratamentos N, P, K, Ca e Mg no latossolo vermelho-amarelo álico. Apesar disso, não foi possível determinar a DC para todas as diferentes variáveis analisadas nos três tipos de solo. O estudo dos nutrientes individualmente, com maior diferenciação entre as doses aplicadas dos mesmos e a instalação de testemunhas (dose zero) para cada nutriente, permitirá alcançar maior precisão nos resultados obtidos. É interessante ainda devido ao crescimento mais lento da espécie, comparativamente a outras já estudadas, aumentar o tempo experimental.

1. INTRODUÇÃO

A espécie selecionada para este estudo, *Senna macranthera* (fedegoso), ocorre naturalmente do estado do Ceará até São Paulo, nas florestas semi-decíduas de altitude (LORENZI, 1992). De acordo com o mesmo autor, a espécie é uma Caesalpiniaceae é bastante ornamental quando em flor e atinge, quando adulta, de 6 a 8 metros de altura.

A espécie possui características pioneiras, sendo freqüente em formações secundárias de regiões de altitude, se adaptando à diversos tipos de solos (CHAVES; PAIVA, 2004). Os autores destacaram ainda que, devido ao seu rápido crescimento, a espécie é considerada própria para uso em arborização urbana e também para programas de revegetação de áreas degradadas e matas ciliares.

A espécie em questão, por se tratar de uma leguminosa arbórea, tem potencial uso para resolver uma situação muito comum no estado de Minas Gerais nas propriedades rurais: a degradação das pastagens acarretada por manejo inadequado. Além de atuar no controle da erosão e aumentar a retenção de água no solo, o uso da *Senna macranthera* pode levar a um aumento na disponibilidade de diversos nutrientes no solo, especialmente o nitrogênio.

Paron et al. (1996) afirmam que diversas das espécies nativas do Sudeste brasileiro estudadas até o presente são promissoras para o repovoamento de áreas onde a vegetação foi retirada, desde que suas exigências nutricionais e as limitações para o crescimento sejam conhecidas. Apesar disso, Carpanezzi et al. (1976) ressaltam a existência de muito poucas informações a respeito da nutrição das espécies florestais

nativas, mesmo sabendo-se que existem registros da ocorrência de deficiências minerais e de distúrbios de crescimento nas espécies tropicais e subtropicais comumente utilizada nos reflorestamentos (DRECHSEL; ZECH, 1991).

As várias espécies florestais possuem exigências nutricionais distintas, exigindo, por isso, um trabalho investigativo para a melhoria do processo produtivo das mesmas. De acordo com Resende et al. (1996), é ainda incipiente o conhecimento que se tem sobre as necessidades nutricionais das diferentes espécies arbóreas florestais nativas.

De acordo com Neves (1983), as diferentes condições e hábitos de crescimento das espécies vegetais, bem como suas exigências nutricionais, são fatores que explicam o freqüente insucesso das recomendações de adubação para determinada cultura baseadas em resultados experimentais obtidos em diferentes condições de solo e planta. Assim sendo, Gonçalves et al. (1986) destacam que, para uma adubação racional, é necessário o preenchimento da lacuna existente atualmente sobre a quantidade dos vários nutrientes a serem aplicados no solo como um dos passos iniciais para formação de uma recomendação de adubação eficiente.

A determinação de doses críticas dos nutrientes a serem aplicadas ao substrato e o relacionamento dessas doses com a performance da planta pode ser considerada como alternativa que deverá possibilitar uma recomendação melhor e mais segura da adubação. Neves (1983) afirma que as mesmas apresentam diferenças não apenas em suas exigências nutricionais variáveis, mas também quanto à eficiência de absorção e, ou, utilização de um dado nutriente, o que leva à existência de diferentes níveis críticos para diferentes plantas cultivadas em um mesmo solo, podendo o mesmo ser atribuído à dose crítica.

Tendo em vista o seu potencial uso na recuperação de áreas degradadas, foi conduzido o presente trabalho com os objetivos de avaliar o efeito da aplicação de doses dos macronutrientes sobre o crescimento das plantas de fedegoso e determinar a dose crítica dos mesmos para a produção de mudas da espécie estudada.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

Este trabalho foi conduzido em casa de vegetação no viveiro de pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro de 2006 a junho de 2006.

O município de Viçosa situa-se nas coordenadas 20°45' S e 42°55'W, na Zona da Mata de Minas Gerais (MARISCAL-FLORES, 1993). O clima é classificado como tropical de altitude, com verões chuvosos e invernos frios e secos, do tipo Cwb, pelo sistema de Köppen. A precipitação média anual é de 1.221 mm (DNM, 1992).

Para a realização do mesmo foram usadas amostras de três tipos de solo provenientes de áreas próximas ao município de Viçosa: latossolo vermelho-amarelo distrófico, latossolo vermelho amarelo álico e argissolo vermelho-amarelo; retirados da camada abaixo de 20 cm de profundidade, secos ao ar e peneirados em malha de 4 mm de diâmetro e devidamente caracterizados fisicamente (Tabela 1) e quimicamente (Tabela 2),

Tabela 1 – Caracterização física (%) das amostras utilizadas na produção das mudas antes da aplicação dos tratamentos.

| Fração Mineral | Tipo de Solo | | |
|----------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | Latossolo vermelho amarelo distrófico | Latossolo vermelho amarelo álico | Argissolo vermelho amarelo |
| Argila | 60 | 51 | 39 |
| Silte | 9 | 8 | 16 |
| Areia grossa | 14 | 21 | 27 |
| Areia fina | 17 | 16 | 18 |

Tabela 2 – Análise química das amostras utilizadas na produção das mudas antes da aplicação dos tratamentos.

| Solo | pH H ₂ O | P mg/dm ³ | K | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ cmol _c /dm ³ | H+Al | SB | (T) | V | m |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|----|------------------|------------------|--|------|------|------|----|----|
| Argissolo | 6,00 | 2,10 | 14 | 1,60 | 0,10 | 0,00 | 3,63 | 1,74 | 5,37 | 32 | 0 |
| LVA álico | 4,80 | 1,40 | 32 | 0,20 | 0,00 | 0,80 | 3,96 | 0,28 | 4,24 | 7 | 74 |
| LVA distrófico | 5,20 | 0,80 | 49 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 1,82 | 0,43 | 2,25 | 19 | 0 |

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5

P e K – Extrator Mehlich 1

CTC (T) – Capacidade de troca catiônica (pH 7,0)

Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator KCl 1 mol/L

H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0

SB – Soma de bases trocáveis

V – Índice de Saturação por bases

MO – C. Org x 1,724 – Método Walkley-Black

m – Saturação por alumínio

De acordo com Resende et al. (1988), estes tipos de solos têm ocorrência de maneira predominante na região da zona da mata mineira, tendo sido, por isso, escolhidos para a realização do experimento.

2.2. Tratamentos

Para delimitação do trabalho, utilizou-se uma matriz baconiana (TURRENT, 1979) tendo-se avaliado três diferentes doses dos seis macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), com avaliação ainda de dois tratamentos adicionais, sendo um com doses de referência e outro no qual não foram adicionados nutrientes, de maneira a totalizar 20 tratamentos que foram dispostos segundo um DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado) com quatro repetições para cada um dos três tipos de solo, levando ao total de 240 unidades amostrais.

A unidade experimental foi composta por um vaso de polietileno rígido, contendo cada um 2,1 dm³ de solo. Para realização deste trabalho, foi escolhida a espécie *Senna macranthera* (fedegoso), tendo as sementes da mesma sido adquiridas junto ao setor de silvicultura do Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

Os tratamentos foram dispostos de maneira que, quando a quantidade de um nutriente estivesse variando, as doses dos outros estariam fixas, sendo que as doses e os nutrientes que variam em cada tratamento podem ser visualizados na Tabela 3. A aplicação do nitrogênio foi parcelada (0, 30, 50, 70 e 90 dias), bem como a do potássio (0, 30, 50, 70 e 90 dias), após a semeadura.

Antes da semeadura foi aplicada, em cobertura, uma solução de micronutrientes a qual tinha em sua composição: boro (B) (0,81 mg/dm³ de H₃BO₃), cobre (Cu) (1,33 mg/dm³ de CuSO₄.5H₂O), molibdênio (Mo) (0,15 mg/dm³ de (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O),

manganês (Mn) (3,66 mg/dm³ de MnCl₂.H₂O) e zinco (Zn) (4,0 mg/dm³ de ZnSO₄.7H₂O), conforme indicado por Alvarez V. (1974).

Tabela 3 – Apresentação dos tratamentos com doses aplicadas dos nutrientes em cada um dos mesmos.

| TRATAMENTOS | DESCRIÇÃO | UNIDADES |
|-------------|-----------------------|---|
| 1 | Doses de referência * | mg/dm ³ e cmol _c /dm ³ |
| 2 | Solo sem correção | - |
| 3 | N = 50 ** | mg/dm ³ |
| 4 | N = 150 ** | mg/dm ³ |
| 5 | N = 200 ** | mg/dm ³ |
| 6 | P = 150 ** | mg/dm ³ |
| 7 | P = 450 ** | mg/dm ³ |
| 8 | P = 600 ** | mg/dm ³ |
| 9 | K = 50 ** | mg/dm ³ |
| 10 | K = 150 ** | mg/dm ³ |
| 11 | K = 200 ** | mg/dm ³ |
| 12 | Ca = 0,8 ** | cmol _c /dm ³ |
| 13 | Ca = 1,2 ** | cmol _c /dm ³ |
| 14 | Ca = 1,4 ** | cmol _c /dm ³ |
| 15 | Mg = 0,2 ** | cmol _c /dm ³ |
| 16 | Mg = 0,6 ** | cmol _c /dm ³ |
| 17 | Mg = 0,8 ** | cmol _c /dm ³ |
| 18 | S = 20 ** | mg/dm ³ |
| 19 | S = 60 ** | mg/dm ³ |
| 20 | S = 80 ** | mg/dm ³ |

* Valores da dose de referência: N = 100 mg/dm³; P = 300 mg/dm³; K = 100 mg/dm³; Ca = 1 cmol_c/dm³; Mg = 0,4 cmol_c/dm³; S = 40 mg/dm³.

** Em cada tratamento apenas o nutriente indicado tem a dose variando, permanecendo as doses dos demais nutrientes iguais à dose de referência.

Para produção das mudas foi feita a semeadura direta, colocando-se dez sementes por vaso. O primeiro desbaste foi realizado 15 dias após a emergência das mudas deixando-se duas mudas por vaso. Um novo desbaste foi realizado 30 dias após a emergência, quando deixando-se apenas uma muda por vaso. O teor de umidade do solo foi mantido próximo a 60% da capacidade de campo, tendo sido feito um monitoramento diário para este controle.

2.3. Análise dos dados

Foram realizadas aos 120 dias medições de altura com a utilização de uma régua, graduada em centímetros, e do diâmetro do coleto, com um paquímetro com precisão de 0,01 mm, tendo sido o experimento encerrado e as plantas colhidas e subdivididas em

raiz, caule e folhas, lavadas em água destilada e postas a secar em estufa com circulação forçada de ar a 60° C até atingir peso constante.

Depois de seco, o material foi pesado em balança analítica com precisão de 0,01 g, para determinação do peso de matéria seca de raiz (MSR), peso de matéria seca de caule (MSC), peso de matéria seca de folhas (MSF). Além disso, foram calculados ainda o peso de matéria seca de parte aérea (MSPA), bem como o peso de matéria seca total (MST). De posse desses dados, foram ainda calculados os índices de qualidade de mudas: Altura de parte aérea por diâmetro do coleto (H/D), Altura de parte aérea por peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA), Peso de matéria seca de parte aérea por peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR), bem como o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de acordo com a fórmula:

$$IQD = \frac{MST}{H/D + MSPA/MSR}$$

Onde:

MST = Peso de matéria seca total (g)

H = Altura de parte aérea (cm)

D = Diâmetro do coleto (mm)

MSR = Peso de matéria seca de raiz (g)

MSPA = Peso de matéria seca da parte aérea (g)

Os dados obtidos foram interpretados estatisticamente, tendo sido feita uma análise dos contrastes ortogonais para verificar se houve efeito significativo dos tratamentos aplicados. Com o uso do software SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genética) foram feitas análises de variância individualmente por solo, para estimar o erro experimental, e de regressão, escolhendo-se o modelo que melhor se ajustou aos dados com base no coeficiente de determinação (R^2) (EUCLYDES, 1997). O ajuste das equações de regressão foi feito testando-se os respectivos coeficientes pelo teste “t”, de Student, com base no quadrado médio do resíduo da ANOVA. Dessa forma, diante de dois ou mais modelos com coeficientes significativos, optou-se por aquele com maior R^2 . Com essas equações, foram determinadas as doses críticas dos macronutrientes, para obtenção de 90% dos valores máximos estimados das variáveis estudadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Resultados da análise dos contrastes ortogonais

As plantas de *Senna macranthera* cultivadas nos três tipos de solo utilizados demonstraram, pela análise de variância e dos contrastes ortogonais para todos os tratamentos testados no presente estudo, uma resposta significativa da aplicação das doses dos macronutrientes sobre as variáveis estudadas, com exceção apenas para a variável H/D das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico nos tratamentos N, P, K, Ca e Mg (Tabela 4).

Respostas significativas à adição de macronutrientes ao substrato também foram encontradas por outros autores, como Venturin et al. (1999), que, trabalhando com mudas de *Peltophorum dubium*, verificaram que o crescimento em altura e diâmetro, bem como a produção de matéria seca de parte aérea e raiz das plantas, diminuiu quando se omitiram os mesmos nutrientes aqui utilizados, do meio de crescimento, tendo a omissão de cada um dos seis macronutrientes afetado diferentemente os parâmetros morfológicos avaliados.

Mas alguns estudos indicaram a existência de espécies com baixo requerimento nutricional para macronutrientes, como constatado por Duboc et al. (1996a), que, trabalhando com mudas de *Hymenaea courbaril*, verificaram que a produção de matéria seca de parte aérea não diferiu entre os tratamentos com omissão dos macronutrientes, o tratamento completo e o tratamento testemunha.

Tabela 4 – Quadro resumo da análise de variância apresentando os dados de fonte de variação (FV), grau de liberdade (GL), quadrados médios (QM) e coeficiente de variação (CV).

| Nutrientes | Tipo de solo Variáveis | LVA distrófico | | | | LVA álico | | | | Argissolo | | | |
|------------|---------------------------|----------------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|------------|---------|-----------|------------|------------|--------|
| | | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV |
| Nitrogênio | H120 | Dose | 3 | 10,97506 | 36,043 | Dose | 3 | 8,342292 | 36,592 | Dose | 3 | 1,157291 | 18,196 |
| | | Resíduo | 11 | 16,21856 | | Resíduo | 12 | 20,81729 | | Resíduo | 12 | 3,273958 | |
| | D120 | Dose | 3 | 0,6993590 | 32,441 | Dose | 3 | 0,3599397 | 16,893 | Dose | 3 | 0,1992728 | 12,590 |
| | | Resíduo | 11 | 1,634292 | | Resíduo | 12 | 0,7282853 | | Resíduo | 12 | 0,2868979 | |
| | MSPA | Dose | 3 | 0,1839588 | 53,034 | Dose | 3 | 0,3129897 | 32,547 | Dose | 3 | 0,1930167 | 29,490 |
| | | Resíduo | 11 | 1,007511 | | Resíduo | 12 | 0,7240355 | | Resíduo | 12 | 0,2587792 | |
| | MSR | Dose | 3 | 0,3019411 | 55,110 | Dose | 3 | 1,049083 | 31,771 | Dose | 3 | 0,08534167 | 31,588 |
| | | Resíduo | 11 | 0,4584863 | | Resíduo | 12 | 0,7222958 | | Resíduo | 12 | 0,2614625 | |
| | MST | Dose | 3 | 0,9349522 | 52,395 | Dose | 3 | 2,384173 | 29,530 | Dose | 3 | 0,4730918 | 28,414 |
| | | Resíduo | 11 | 2,674647 | | Resíduo | 12 | 2,439665 | | Resíduo | 12 | 0,9026749 | |
| | H/D | Dose | 3 | 1,440860 | 25,176 | Dose | 3 | 0,07149415 | 30,035 | Dose | 3 | 0,06522756 | 19,744 |
| | | Resíduo | 11 | 0,5305347 | | Resíduo | 12 | 0,5469531 | | Resíduo | 12 | 0,2183061 | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 15,58340 | 76,055 | Dose | 3 | 0,7180731 | 31,297 | Dose | 3 | 1,974766 | 20,858 |
| | | Resíduo | 11 | 35,69554 | | Resíduo | 12 | 2,416054 | | Resíduo | 12 | 1,577459 | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,1432776 | 26,293 | Dose | 3 | 0,07750624 | 27,920 | Dose | 3 | 0,05948988 | 24,216 |
| | | Resíduo | 11 | 0,1722537 | | Resíduo | 12 | 0,08189329 | | Resíduo | 12 | 0,07037502 | |
| IQD | Dose | 3 | 0,2148537 | 64,625 | Dose | 3 | 0,1989258 | 36,186 | Dose | 3 | 0,06736581 | 38,545 | |
| | Resíduo | 11 | 0,2336348 | | Resíduo | 12 | 0,3307998 | | Resíduo | 12 | 0,1494647 | | |
| Fósforo | H120 | Dose | 3 | 67,32254 | 30,012 | Dose | 3 | 27,84062 | 40,986 | Dose | 3 | 18,02063 | 21,231 |
| | | Resíduo | 11 | 14,31470 | | Resíduo | 12 | 23,51438 | | Resíduo | 12 | 4,811041 | |
| | D120 | Dose | 3 | 0,7162895 | 15,955 | Dose | 3 | 0,9013083 | 15,790 | Dose | 3 | 1,078250 | 16,133 |
| | | Resíduo | 11 | 0,3863721 | | Resíduo | 12 | 0,5370541 | | Resíduo | 12 | 0,4263958 | |
| | MSPA | Dose | 3 | 4,099753 | 36,111 | Dose | 3 | 1,555584 | 28,922 | Dose | 3 | 1,826406 | 34,203 |
| | | Resíduo | 11 | 0,6660309 | | Resíduo | 12 | 0,4560542 | | Resíduo | 12 | 0,4548688 | |
| | MSR | Dose | 3 | 0,4869244 | 37,086 | Dose | 3 | 0,2236167 | 42,816 | Dose | 3 | 0,05808959 | 34,890 |
| | | Resíduo | 11 | 0,2213636 | | Resíduo | 12 | 0,8913290 | | Resíduo | 12 | 0,3382229 | |
| | MST | Dose | 3 | 7,190677 | 35,012 | Dose | 3 | 2,561967 | 32,229 | Dose | 3 | 2,376842 | 33,972 |
| | | Resíduo | 11 | 1,526358 | | Resíduo | 12 | 2,140958 | | Resíduo | 12 | 1,528054 | |
| | H/D | Dose | 3 | 2,160290 | 22,075 | Dose | 3 | 0,6744271 | 38,938 | Dose | 3 | 0,3163421 | 10,157 |
| | | Resíduo | 11 | 0,4879953 | | Resíduo | 12 | 0,9790897 | | Resíduo | 12 | 0,06590094 | |

Continua ...

Tabela 4 – Continuação

| Nutrientes | Tipo de solo Variáveis | LVA distrófico | | | | LVA álico | | | | Argissolo | | | | |
|------------|---------------------------|----------------|---------|------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|-----------|---------|------------|-----------|--------|
| | | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | |
| Fósforo | H/MSPA | Dose | 3 | 3,801239 | 20,960 | Dose | 3 | 2,373555 | 29,636 | Dose | 3 | 5,871319 | 26,449 | |
| | | Resíduo | 11 | 1,620528 | | Resíduo | 12 | 2,414868 | | Resíduo | 12 | 2,377015 | | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,7283134 | 19,142 | Dose | 3 | 0,2895935 | 36,335 | Dose | 3 | 0,5587431 | 13,138 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,1160479 | | Resíduo | 12 | 0,1715276 | | Resíduo | 12 | 0,02382632 | | |
| | IQD | Dose | 3 | 0,07139451 | 30,909 | Dose | 3 | 0,07914526 | 40,321 | Dose | 3 | 0,01898762 | 32,666 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,04723972 | | Resíduo | 12 | 0,2835058 | | Resíduo | 12 | 0,1011857 | | |
| Potássio | H120 | Dose | 3 | 27,80228 | 32,415 | Dose | 3 | 8,617290 | 27,662 | Dose | 3 | 17,81417 | 18,758 | |
| | | Resíduo | 11 | 21,06810 | | Resíduo | 12 | 11,56479 | | Resíduo | 12 | 3,962916 | | |
| | D120 | Dose | 3 | 0,7356922 | 16,583 | Dose | 3 | 0,04291669 | 15,475 | Dose | 3 | 0,2604167 | 23,615 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,5114378 | | Resíduo | 12 | 0,6847959 | | Resíduo | 12 | 1,135554 | | |
| | MSPA | Dose | 3 | 1,038831 | 39,704 | Dose | 3 | 0,006941659 | 26,322 | Dose | 3 | 0,3451729 | 30,868 | |
| | | Resíduo | 11 | 1,206042 | | Resíduo | 12 | 0,5008792 | | Resíduo | 12 | 0,3473813 | | |
| | MSR | Dose | 3 | 0,4513367 | 36,059 | Dose | 3 | 1,427808 | 30,115 | Dose | 3 | 1,092606 | 36,911 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,3643592 | | Resíduo | 12 | 0,8291959 | | Resíduo | 12 | 0,4503520 | | |
| | MST | Dose | 3 | 2,842428 | 35,996 | Dose | 3 | 1,265400 | 24,733 | Dose | 3 | 2,594884 | 31,736 | |
| | | Resíduo | 11 | 2,554356 | | Resíduo | 12 | 1,996208 | | Resíduo | 12 | 1,399387 | | |
| | H/D | Dose | 3 | 0,7636070 | 23,920 | Dose | 3 | 0,2388160 | 28,835 | Dose | 3 | 0,6001495 | 27,280 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,6032135 | | Resíduo | 12 | 0,4506477 | | Resíduo | 12 | 0,4404476 | | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 0,2441100 | 17,646 | Dose | 3 | 1,328138 | 20,525 | Dose | 3 | 1,924676 | 30,093 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,8809006 | | Resíduo | 12 | 0,9084570 | | Resíduo | 12 | 3,149245 | | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,05549446 | 29,354 | Dose | 3 | 0,1659999 | 33,437 | Dose | 3 | 0,1373011 | 24,238 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,2455851 | | Resíduo | 12 | 0,1026823 | | Resíduo | 12 | 0,07413051 | | |
| | IQD | Dose | 3 | 0,04999531 | 28,408 | Dose | 3 | 0,4113759 | 30,668 | Dose | 3 | 0,1155062 | 35,408 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,06396482 | | Resíduo | 12 | 0,3146696 | | Resíduo | 12 | 0,1422772 | | |
| | Cálcio | H120 | Dose | 3 | 13,19356 | 33,127 | Dose | 3 | 2,857292 | 25,178 | Dose | 3 | 14,49229 | 18,347 |
| | | | Resíduo | 11 | 19,25607 | | Resíduo | 12 | 11,11896 | | Resíduo | 12 | 4,283958 | |
| | | D120 | Dose | 3 | 0,7068923 | 25,324 | Dose | 3 | 0,3635418 | 12,235 | Dose | 3 | 1,798690 | 13,736 |
| | | | Resíduo | 11 | 1,063692 | | Resíduo | 12 | 0,4326791 | | Resíduo | 12 | 0,4100478 | |
| | | MSPA | Dose | 3 | 0,2486256 | 44,585 | Dose | 3 | 0,3037895 | 18,533 | Dose | 3 | 1,088473 | 34,681 |
| | | | Resíduo | 11 | 1,081656 | | Resíduo | 12 | 0,3069271 | | Resíduo | 12 | 0,5364354 | |
| MSR | | Dose | 3 | 0,2868495 | 50,244 | Dose | 3 | 0,9367564 | 25,266 | Dose | 3 | 0,07822504 | 43,332 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,4985659 | | Resíduo | 12 | 0,5728438 | | Resíduo | 12 | 0,6627584 | | |

Continua ...

Tabela 4 – Continuação

| Nutrientes | Tipo de solo Variáveis | LVA distrófico | | | | LVA álico | | | | Argissolo | | | | |
|------------|---------------------------|----------------|---------|------------|----------|-----------|---------|------------|----------|-----------|---------|------------|----------|--------|
| | | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | |
| Cálcio | MST | Dose | 3 | 0,9117329 | 45,304 | Dose | 3 | 2,294617 | 19,902 | Dose | 3 | 1,664207 | 36,422 | |
| | | Resíduo | 11 | 2,867786 | | Resíduo | 12 | 1,418779 | | Resíduo | 12 | 2,112590 | | |
| | H/D | Dose | 3 | 1,140527 | 21,036 | Dose | 3 | 0,3032111 | 25,330 | Dose | 3 | 0,04351003 | 19,848 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,4751178 | | Resíduo | 12 | 0,3960165 | | Resíduo | 12 | 0,2347781 | | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 3,241547 | 31,621 | Dose | 3 | 1,359673 | 18,638 | Dose | 3 | 2,448695 | 28,372 | |
| | | Resíduo | 11 | 3,847084 | | Resíduo | 12 | 0,6942523 | | Resíduo | 12 | 2,722403 | | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,1154168 | 31,360 | Dose | 3 | 0,04096312 | 24,438 | Dose | 3 | 0,2179145 | 35,194 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,3302190 | | Resíduo | 12 | 0,06464721 | | Resíduo | 12 | 0,1761591 | | |
| | IQD | Dose | 3 | 0,1271909 | 47,384 | Dose | 3 | 0,5027648 | 28,715 | Dose | 3 | 0,04078506 | 39,789 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,1337133 | | Resíduo | 12 | 0,2621616 | | Resíduo | 12 | 0,1965791 | | |
| | Magnésio | H120 | Dose | 3 | 74,45744 | 26,426 | Dose | 3 | 4,548331 | 38,320 | Dose | 3 | 3,977292 | 28,442 |
| | | | Resíduo | 11 | 14,84470 | | Resíduo | 12 | 26,26875 | | Resíduo | 12 | 7,621458 | |
| D120 | | Dose | 3 | 1,434839 | 21,250 | Dose | 3 | 0,5526749 | 10,313 | Dose | 3 | 0,6688666 | 27,988 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,7650403 | | Resíduo | 12 | 0,3256792 | | Resíduo | 12 | 1,332867 | | |
| MSPA | | Dose | 3 | 2,404920 | 36,659 | Dose | 3 | 0,6404666 | 25,037 | Dose | 3 | 0,24312228 | 50,039 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,7358581 | | Resíduo | 12 | 0,6408750 | | Resíduo | 12 | 0,7662604 | | |
| MSR | | Dose | 3 | 0,5769078 | 48,544 | Dose | 3 | 0,7165229 | 23,516 | Dose | 3 | 0,07995624 | 56,221 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,4160046 | | Resíduo | 12 | 0,5476479 | | Resíduo | 12 | 1,012035 | | |
| MST | | Dose | 3 | 5,334377 | 39,924 | Dose | 3 | 2,156623 | 20,898 | Dose | 3 | 0,1050417 | 50,346 | |
| | | Resíduo | 11 | 2,145277 | | Resíduo | 12 | 1,757794 | | Resíduo | 12 | 3,174104 | | |
| H/D | | Dose | 3 | 2,334280 | 27,863 | Dose | 3 | 0,01118289 | 37,626 | Dose | 3 | 0,2022987 | 22,236 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,9714727 | | Resíduo | 12 | 0,8265465 | | Resíduo | 12 | 0,2810605 | | |
| H/MSPA | | Dose | 3 | 15,96752 | 46,474 | Dose | 3 | 0,6079597 | 19,142 | Dose | 3 | 181,0216 | 150,489 | |
| | | Resíduo | 11 | 11,47344 | | Resíduo | 12 | 0,6296647 | | Resíduo | 12 | 203,9573 | | |
| MSPA/MSR | | Dose | 3 | 0,07330742 | 22,675 | Dose | 3 | 0,08156154 | 27,162 | Dose | 3 | 0,07359339 | 24,756 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,1702619 | | Resíduo | 12 | 0,08187164 | | Resíduo | 12 | 0,06422412 | | |
| IQD | | Dose | 3 | 0,1227395 | 47,069 | Dose | 3 | 0,2737547 | 22,119 | Dose | 3 | 0,05131135 | 57,216 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,1087997 | | Resíduo | 12 | 0,1772575 | | Resíduo | 12 | 0,3713475 | | |
| Enxofre | H120 | Dose | 3 | 44,82278 | 22,713 | Dose | 3 | 4,537500 | 28,219 | Dose | 3 | 5,135624 | 21,785 | |
| | | Resíduo | 11 | 12,39379 | | Resíduo | 12 | 14,11208 | | Resíduo | 12 | 5,102293 | | |
| | D120 | Dose | 3 | 0,6223829 | 18,391 | Dose | 3 | 1,780789 | 12,163 | Dose | 3 | 0,4401896 | 21,314 | |
| | | Resíduo | 11 | 0,6691721 | | Resíduo | 12 | 0,4807604 | | Resíduo | 12 | 0,9809478 | | |

Continua ...

Tabela 4 – Continuação

| Nutrientes | Tipo de solo Variáveis | LVA distrófico | | | | LVA álico | | | | Argissolo | | | |
|------------|---------------------------|----------------|----|-------------|--------|-----------|----|------------|--------|-----------|----|------------|--------|
| | | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV | FV | GL | QM | CV |
| Enxofre | MSPA | Dose | 3 | 1,780797 | 22,515 | Dose | 3 | 0,4326229 | 21,774 | Dose | 3 | 0,4725064 | 38,879 |
| | | Resíduo | 11 | 0,3898856 | | Resíduo | 12 | 0,4762354 | | Resíduo | 12 | 0,6765564 | |
| | MSR | Dose | 3 | 0,6417160 | 33,559 | Dose | 3 | 1,017575 | 26,701 | Dose | 3 | 0,5253562 | 36,922 |
| | | Resíduo | 11 | 0,3158386 | | Resíduo | 12 | 0,7652376 | | Resíduo | 12 | 0,6000979 | |
| | MST | Dose | 3 | 4,558941 | 25,421 | Dose | 3 | 2,424656 | 20,386 | Dose | 3 | 1,871625 | 36,876 |
| | | Resíduo | 11 | 1,278511 | | Resíduo | 12 | 1,726602 | | Resíduo | 12 | 2,414525 | |
| | H/D | Dose | 3 | 1,473335 | 23,069 | Dose | 3 | 0,5554711 | 27,436 | Dose | 3 | 0,1311747 | 17,541 |
| | | Resíduo | 11 | 0,6568912 | | Resíduo | 12 | 0,4225170 | | Resíduo | 12 | 0,1567546 | |
| | H/MSPA | Dose | 3 | 3,828071 | 17,887 | Dose | 3 | 0,6252133 | 19,227 | Dose | 3 | 3,788746 | 27,974 |
| | | Resíduo | 11 | 1,065383 | | Resíduo | 12 | 0,6609151 | | Resíduo | 12 | 2,256275 | |
| | MSPA/MSR | Dose | 3 | 0,005545187 | 21,864 | Dose | 3 | 0,07297508 | 28,547 | Dose | 3 | 0,02461301 | 20,744 |
| | | Resíduo | 11 | 0,1408354 | | Resíduo | 12 | 0,08415779 | | Resíduo | 12 | 0,04469979 | |
| | IQD | Dose | 3 | 0,1313700 | 30,451 | Dose | 3 | 0,7025466 | 27,652 | Dose | 3 | 0,3082328 | 41,194 |
| | | Resíduo | 11 | 0,06904539 | | Resíduo | 12 | 0,3091230 | | Resíduo | 12 | 0,2952934 | |

3.2. Resultados observados na análise de regressão

3.2.1. Altura

A altura é considerada um dos parâmetros mais antigos utilizados na classificação e seleção de mudas (PARVIAINEN, 1981). Por ser de fácil medição e não ser um método destrutivo, é sempre utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais nos viveiros (GOMES et al., 1978), assim como é também considerada um dos mais importantes parâmetros para estimar o crescimento no campo (REIS et al., 1991).

Para a adubação nitrogenada, verificou-se para *Senna macranthera* uma resposta significativa da aplicação de doses do nutriente ao substrato em todos os três tipos de solo testados, não tendo, entretanto, sido encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas. Venturin et al. (1999), trabalhando com *Peltophorum dubium*, destacam que o crescimento em altura das plantas foi muito afetado pela omissão de nitrogênio, demonstrando para a referida espécie a importância da adubação nitrogenada, pois, sob omissão a altura das plantas foi muito menor, comparativamente ao tratamento completo.

Da mesma forma, Mendonça et al. (1999) observaram para *Myracrodruon urundeuva* que a omissão de nitrogênio no meio prejudicou o crescimento em altura da espécie, enquanto para *Hymenaea courbaril* Duboc et al. (1996a) verificaram ter a espécie pequeno requerimento nutricional para N, devido ao fato de sob omissão do nutriente, não ter ocorrido diferença significativa no crescimento em altura das plantas, comparativamente ao tratamento completo. Já mudas de *Samanea inopinata* apresentaram efeito significativo da adubação nitrogenada aplicada a cada 14 dias sobre o crescimento em altura das mudas, mas quando realizada a cada 28 dias a resposta não foi significativa (CRUZ et al., 2006).

Resposta não significativa da adubação nitrogenada sobre o crescimento em altura das plantas também foi obtida por Oliveira et al. (1998) para *Dinizia excelsa*, tendo os autores associado a resposta com o alto teor de matéria orgânica presente no solo utilizado que, ao sofrer mineralização, teria fornecido o nutriente em quantidades suficientes para atender à demanda da espécie. Já Crestana et al. (1995) trabalhando com *Esenbeckia leiocarpa*, obtiveram efeito positivo isolado do adubo nitrogenado sobre o crescimento em altura quando da aplicação de 4 g de uréia por planta,

assemelhando-se à resposta significativa verificada para a referida espécie, com o verificado para *Senna macranthera*, no presente trabalho. Entretanto, não foi possível, para este parâmetro morfológico, determinar uma dose crítica de N, bem como a dose para a qual ocorre o valor máximo ou mínimo de altura das plantas.

Quando da aplicação de doses de fósforo ao substrato, observou-se para *Senna macranthera* cultivada em latossolo vermelho-amarelo distrófico, uma resposta linear crescente do crescimento em altura (Figura 1).

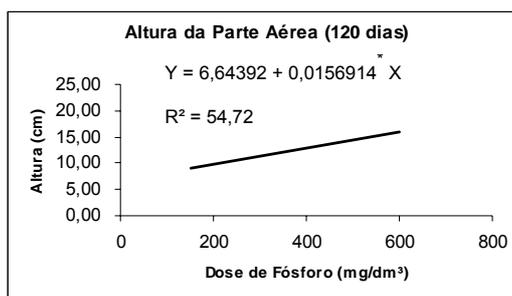


Figura 1 – Altura da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Já no latossolo vermelho-amarelo álico observou-se que, à semelhança do verificado para o tratamento N, não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas; enquanto para o argissolo vermelho-amarelo as plantas de *Senna macranthera*, semelhantemente ao verificado no latossolo vermelho-amarelo distrófico, apresentaram resposta linear crescente ao tratamento aplicado (Figura 2).

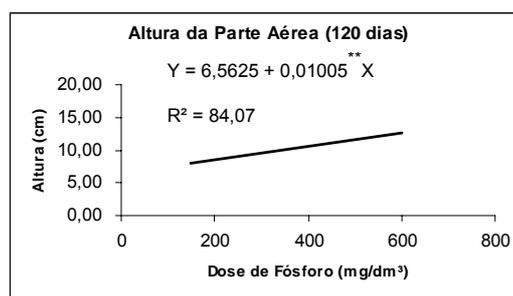


Figura 2 – Altura da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Mas, apesar de terem sido interpretadas pela análise de regressão, para os três tipos de solo não foi possível determinar a dose crítica de P, para este parâmetro morfológico, ressaltando-se, ainda, a tendência de maior crescimento apresentada por parte das

plantas de *Senna macranthera* para doses maiores do que a maior dose aplicada do nutriente neste estudo (600 mg/dm³).

Reis et al. (1997) verificaram para *Dalbergia nigra* resposta quadrática à aplicação de doses de fósforo no solo. Trabalhando com a mesma espécie, Chaves et al. (1995) observaram, quando do uso de substrato não inoculado com fungo micorrízico, resposta linear positiva até a maior dose aplicada 200 mg/dm³; comportamento semelhante ao verificado para *Senna macranthera* neste estudo.

Fernandes et al. (2002) verificaram para *Cordia goeldiana* que a aplicação de doses crescentes de fósforo (150, 300 e 450 mg/dm³) promoveu aumento linear no crescimento em altura das mudas, à semelhança do constatado para *Senna macranthera*. Considerando-se as doses testadas pelos pesquisadores e o comportamento observado da espécie por eles estudada, a *Senna macranthera* se mostrou mais exigente nutricionalmente em P.

Trabalhando com cinco espécies florestais, Resende et al. (1999) determinaram doses críticas que variaram entre 225,04 e 842,45 mg/dm³, comprovando a diferente exigência nutricional em fósforo das espécies florestais e a importância do nutriente para o bom crescimento em altura das plantas. Tal fato corrobora o observado para *Senna macranthera* neste estudo, apesar de para esta espécie não ter sido encontrado um modelo matemático que permitisse a determinação de críticas de P e, conseqüentemente, maiores comparações com referências encontradas na literatura.

Em termos de resposta a aplicação de doses de potássio, observou-se para *Senna macranthera* resposta significativa ao tratamento aplicado nos três tipos de solos utilizados neste estudo. Apesar disso, para o latossolo vermelho-amarelo distrófico e latossolo vermelho-amarelo álico não foi encontrado um modelo de regressão que se ajustasse adequadamente às respostas das plantas de *Senna macranthera* observadas. Já no argissolo vermelho-amarelo observou-se resposta quadrática negativa à aplicação do nutriente, com o máximo crescimento em altura das plantas (23,19 cm) ocorrido quando da dose calculada 140,2 mg/dm³ e dose crítica determinada em 93,5 mg/dm³ (Figura 3).

De acordo com Carneiro (1995), a presença de potássio em níveis crescentes no meio de crescimento proporcionou maior endurecimento das mudas de diferentes espécies florestais e aumento de resistência às condições adversas do meio. Venturin et al. (1999) observaram para mudas de *Peltophorum dubium* sob omissão de K que as plantas apresentaram menor crescimento em altura sem, no entanto, diferir do tratamento completo, ressaltando, entretanto, ser o potássio limitante ao crescimento das

mudas. Já Mendonça et al. (1999) observaram que sob omissão de potássio mudas de *Myracrodruon urundeuva* tiveram seu crescimento em altura significativamente limitado pela falta do nutriente, comparativamente ao tratamento completo.

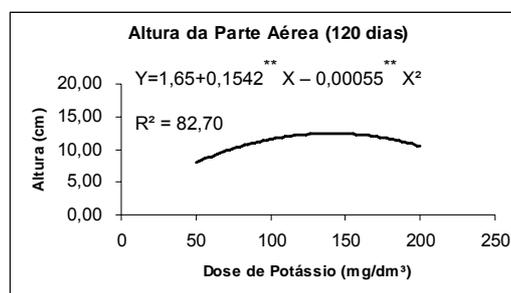


Figura 3 – Altura da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Balieiro et al. (2001) verificaram para *A. auriculiformis* melhor desempenho de crescimento em altura das plantas quando da não aplicação de K, enquanto para *A. holosericea* observaram pequena tendência de acréscimo na altura das plantas com o aumento das doses de K aplicadas, indicando, em ambos os casos, que o K disponível no substrato talvez já estivesse próximo ao nível de suficiência para as espécies.

A dose crítica encontrada no presente estudo para *Senna macranthera* é bem maior do que a recomendada por Reis et al. (1997) para mudas de *Dalbergia nigra* para a qual os autores também observaram resposta quadrática e determinaram uma dose crítica de 30 mg/dm³. De acordo com Dias et al (1991a), para algumas espécies florestais a dose crítica de K tem sido inferior a 50 mg/dm³, mas este valor está abaixo do observado para *Senna macranthera*, neste estudo. Os resultados observados no presente estudo, no argissolo vermelho-amarelo também contrariam o obtido por Costa Filho (1987) para *Astronium urundeuva*, que verificou que doses superiores a 100 mg/dm³ tiveram limitado efeito sobre o crescimento de mudas desta espécie, pois, no caso de *Senna macranthera*, encontrou-se o maior valor de altura quando da dose calculada 140,2 mg/dm³, que está bem acima da referida por Dias et al. (1991a).

A resposta de *Senna macranthera* à aplicação de cálcio ao substrato foi significativa, mas, assim como para o K, devido às respostas observadas no latossolo vermelho-amarelo distrófico e latossolo vermelho-amarelo álico não houve um modelo estatístico que se ajustasse adequadamente às mesmas, impedindo, dessa forma, a determinação da dose crítica do nutriente nestes solos. Mas para o argissolo vermelho-amarelo a resposta observada foi explicada por um modelo raiz quadrada, em que a

máxima altura das plantas (12,53 cm) ocorreu para a dose calculada 1,16 cmol_c/dm³ e a dose crítica foi estimada em 0,93 cmol_c/dm³ (Figura 4).

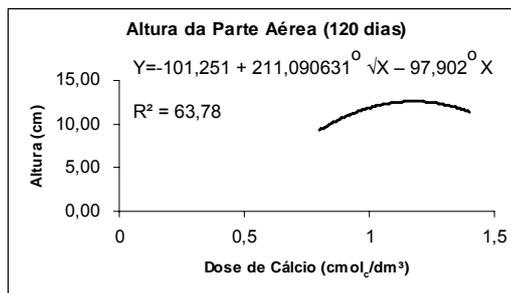


Figura 4 – Altura da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de cálcio, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

As plantas de *Senna macranthera* apresentaram ainda resposta significativa à aplicação de doses de magnésio para todos os três tipos de solo, mas apenas para o latossolo vermelho-amarelo distrófico foi encontrado um modelo estatístico que se ajustou às respostas observadas, observando-se redução linear da altura das plantas em resposta à aplicação de Mg (Figura 5).

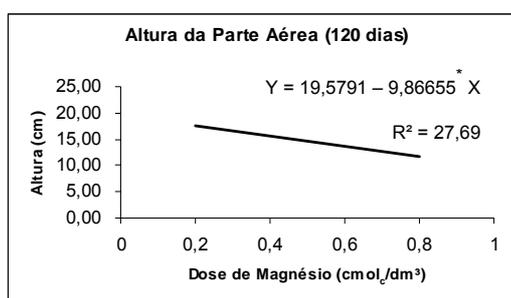


Figura 5 – Altura da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio, em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Plantas de *Hymenaea courbaril* apresentaram pequeno requerimento para cálcio e magnésio, não tendo a omissão dos nutrientes acarretado resposta significativa no crescimento em altura das plantas (DUBOC et al., 1996a), diferentemente do constatado para *Senna macranthera* nos três tipos de solo, onde o crescimento em altura foi significativamente afetado pela aplicação de cálcio e magnésio.

A resposta das plantas à aplicação de cálcio e magnésio ao substrato pode estar muito ligada ao teor do nutriente pré-existente no solo, com o que concorda Neves et al. (1982), que afirmam que o uso de calagem para a produção de mudas só seria necessária

quando os níveis de cálcio e magnésio do solo fossem inferiores a 0,2 e 0,06 cmol/dm³, respectivamente.

Corroborando as afirmações anteriores, Fernandez et al. (1996) verificaram para *Mimosa tenuiflora* resposta à correção de um solo com teores destes nutrientes abaixo dos mencionados pelos autores anteriores, demonstrando existir efeito da calagem e ser a espécie menos tolerante à acidez e, possivelmente mais exigente quanto a cálcio e magnésio. Já Cruz et al. (2004) observaram para *Tabebuia impetiginosa* resposta não significativa da adição de mistura corretiva sobre o crescimento em altura das plantas em solo com teores originais de Ca e Mg 0,9 e 0,4 cmol/dm³, respectivamente, valores estes acima dos apresentados por Neves et al. (1982).

Quanto à adubação com enxofre, apenas para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo encontrou-se um modelo matemático que se ajustasse às respostas observadas, com a altura de *Senna macranthera* aumentando linearmente conforme se aumentou a dose aplicada de S (Figura 6).

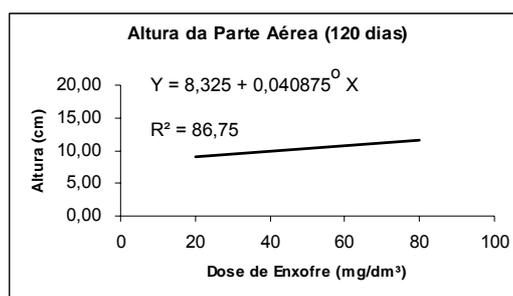


Figura 6 – Altura da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

De acordo com Alvarez V. et al. (1987), respostas a enxofre não têm sido observadas quando as plantas recebem doses insuficientes de fósforo. No entanto, Balieiro et al. (2001) observaram que a adição de enxofre ao substrato resultou em respostas negativas para o crescimento em altura de *A. auriculiformis*, evidenciando a baixa exigência do nutriente pela espécie e que a quantidade de enxofre pré-existente no solo foi superior à quantidade exigida pela mesma; tendo este fato sido também verificado por Dias et al. (1992) para *Sclerolobium paniculatum* e por Reis et al. (1997) para *Dalbergia nigra*.

Entretanto, respostas significativas da aplicação de enxofre ao substrato, como as verificadas para *Senna macranthera*, no presente estudo, são encontradas na literatura. Para *Peltophorum dubium*, Venturin et al. (1999) verificaram que a omissão de enxofre

do meio de crescimento afetou significativamente o crescimento em altura das plantas, tendo a mesma sido consideravelmente menor sob omissão, comparativamente ao tratamento completo. Também Carniel et al. (1993) observaram para a mesma espécie utilizada no presente estudo, elevada exigência nutricional em enxofre, sendo por isso necessário o uso de quantidades adequadas de S para obtenção de mudas com bom padrão de qualidade, visando o seu plantio no campo.

Segundo Paiva e Gomes (2000), vários autores afirmam que mudas de espécies arbóreas estão aptas para plantio no campo quando a altura da parte aérea estiver entre 15 e 30 cm. Neste estudo, apenas as mudas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico e para alguns dos tratamentos testados, verificou-se valores médios de altura aos 120 dias de idade, que se encontram entre os estabelecidos pelos autores anteriores.

3.2.2. Diâmetro

O padrão de qualidade de várias espécies florestais prontas para o plantio possui alta correlação com o diâmetro do coleto (CARNEIRO, 1976). O diâmetro do coleto é facilmente mensurável (GOMES et al., 1978) e, por ser obtido sem destruição da plantas, é considerado por muitos pesquisadores como um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência pós plantio de diferentes espécies florestais (CARNEIRO, 1976).

No presente trabalho, observou-se que a adubação nitrogenada teve efeito significativo sobre o crescimento em diâmetro de *Senna macranthera*, nos três tipos de solo utilizados. Entretanto, apenas para aquelas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo foi encontrado um modelo matemático que se ajustou às respostas observadas. Verificou-se neste solo resposta linear ao tratamento N, com os valores de altura da parte aérea aumentado à medida que se aumentou a dose aplicada do nutriente ao substrato (Figura 7). Entretanto, apesar de significativas, não foi possível para nenhum dos três tipos de solo testados, determinar uma dose crítica do nutriente para a produção das mudas de *Senna macranthera*.

Ressaltando a importância da adubação nitrogenada para o adequado crescimento do diâmetro do coleto de *Senna macranthera*, Carniel et al. (1993) verificaram para a mesma espécie que a omissão de nitrogênio afetou significativamente o diâmetro das plantas, causando restrições ao seu crescimento. Cruz et al. (2006) trabalhando com *Samanea inopinata*, também verificaram efeito significativo da adubação nitrogenada

sobre o diâmetro do coleto das mudas da referida espécie, observando uma resposta quadrática do tratamento aplicado sobre este parâmetro morfológico.

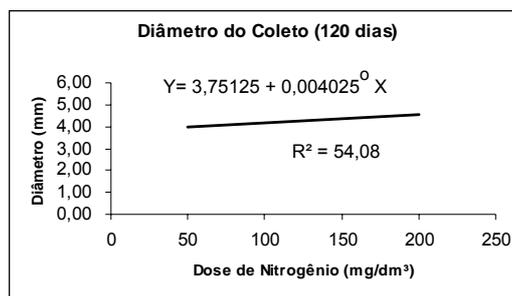


Figura 7 – Diâmetro do coleto das plantas de fedegoso (*Senna macranthera*) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Braga et al. (1995) observaram que, ao omitir nitrogênio do meio de crescimento, o diâmetro do caule de mudas de *Tibouchina granulosa* e *Platycomus regnellii* conduzidas por 100 dias foi comprometido. Apesar disso, neste mesmo trabalho mudas de *Aspidosperma polyneuron* conduzidas por 150 dias apresentaram resposta distinta das demais, tendo o fornecimento de N reduzido o crescimento em diâmetro das plantas.

Contrariando o comportamento observado neste trabalho para *Senna macranthera*, Mendonça et al. (1999) observaram que a omissão de nitrogênio propiciou maior crescimento em diâmetro de mudas de *Myracrodruon urundeuva* sem, no entanto, diferir estatisticamente do tratamento completo. Já para *Peltophorum dubium*, Venturin et al. (1999) verificaram que a omissão de N afetou significativamente o crescimento em diâmetro da espécie, tendo o valor deste parâmetro morfológico sob omissão sido consideravelmente menor, comparativamente ao tratamento completo.

Já no caso do tratamento P, no latossolo vermelho-amarelo distrófico, observou-se respostas de *Senna macranthera* explicadas por um modelo raiz quadrada, tendo o máximo valor para do diâmetro do coleto (4,24 mm) sido estimado para a dose calculada 416,2 mg/dm³ e a dose crítica de P em 223,1 mg/dm³ (Figura 8).

No latossolo vermelho-amarelo álico, verificou-se resposta ao tratamento P também explicada por um modelo raiz quadrada, com o maior valor de diâmetro do coleto (4,98 mm) ocorrido para a dose calculada 380,6 mg/dm³ e a dose crítica estimada em 193,3 mg/dm³ (Figura 9). Já para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observou-se da mesma forma, respostas explicadas por um modelo raiz quadrada com o máximo valor do diâmetro do coleto das plantas (4,45 mm) ocorrido

para a dose calculada 414,5 mg/dm³ e a dose crítica determinada em 234,4 mg/dm³ (Figura 10).

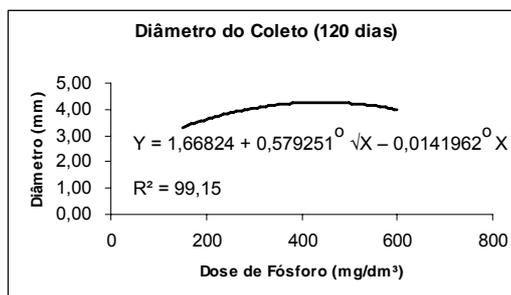


Figura 8 – Diâmetro do coleto das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

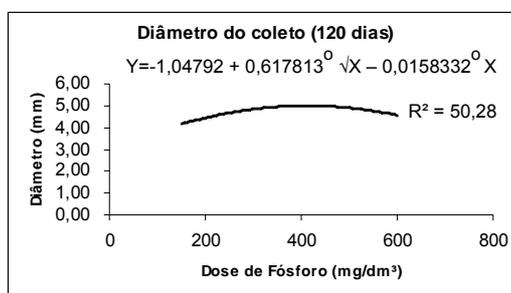


Figura 9 – Diâmetro do coleto das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Respostas significativas sobre o diâmetro do coleto de mudas de diferentes espécies florestais à adubação fosfatada são encontradas com frequência na literatura. Reis et al. (1997), trabalhando com *Dalbergia nigra*, observaram para o diâmetro do coleto, resposta quadrática à aplicação de doses de fósforo ao substrato, enquanto Chaves et al. (1995) verificaram resposta linear e positiva de plantas da mesma espécie em substrato não inoculado com fungo micorrízico até a maior dose aplicada (200 mg/dm³).

Resposta linear também foi verificada para *Cordia goeldiana* por Fernandes et al. (2002), tendo a aplicação de fósforo ao substrato promovido aumento do diâmetro do coleto e favorecido crescentemente o desenvolvimento das mudas. Já Oliveira et al. (1998) verificaram para *Dinizia excelsa* resposta não significativa da aplicação de fósforo ao substrato sobre o diâmetro do coleto das mudas, contrariando, assim, o verificado neste trabalho para *Senna macranthera*.

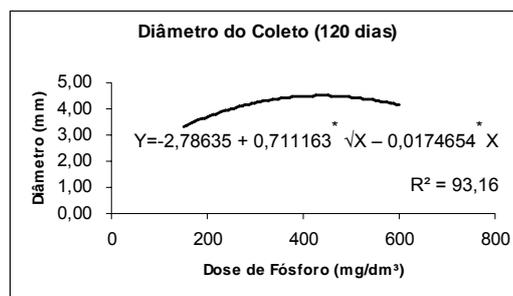


Figura 10 – Diâmetro do coleto das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Duboc et al. (1996b) trabalhando com *Copaifera langsdorffii*, verificaram baixo requerimento nutricional em fósforo para esta espécie, tendo observado que o crescimento em diâmetro das mudas não foi afetado significativamente pela omissão do nutriente, comparativamente ao tratamento completo. Já Resende et al. (1999), trabalhando com mudas de *Myracrodruon urundeuva*, *Schinus terebinthifolius*, *Piptadenia gonoacantha*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Sesbania virgata*, verificaram que a aplicação de fósforo ao substrato teve efeito significativo sobre o diâmetro do coleto destas cinco espécies florestais, encontrando doses críticas de 452,62; 377,35; 480,96; 800,00 e 215,10 mg/dm³, respectivamente. Com exceção da última, as doses críticas encontradas por estes pesquisadores são bem maiores do que as verificadas para *Senna macranthera*, permitindo inferir não ser a mesma altamente exigente no nutriente, mas sendo, entretanto, o nutriente essencial para produzir mudas de boa qualidade e dentro de padrões necessários para garantir sua sobrevivência pós plantio.

No que diz respeito ao tratamento K, verificou-se para *Senna macranthera* que quando cultivadas no latossolo vermelho-amarelo distrófico, as mesmas apresentaram resposta linear crescente à aplicação do nutriente (Figura 11).

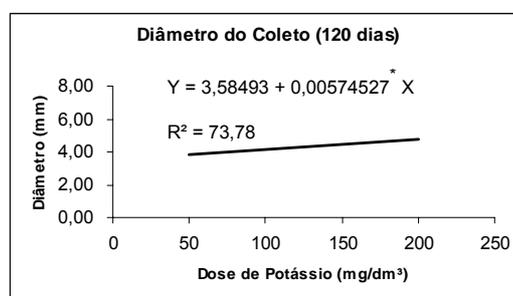


Figura 11 – Diâmetro do coleto das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo álico e argissolo vermelho-amarelo, também se verificaram respostas significativas à adubação potássica, mas não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas. Entretanto, para todos os três tipos de solo não foi possível realizar a determinação de doses críticas de K, devido ao tipo de respostas observadas nas plantas de *Senna macranthera*.

Ao contrário do verificado no presente trabalho, Carniel et al. (1993) verificaram resposta não significativa de *Senna macranthera* à adubação potássica. Também Mendonça et al. (1999), trabalhando com *Myracrodruon urundeuva*, verificaram que, apesar de ter menor crescimento em diâmetro sob omissão de potássio, não houve diferença estatística significativa deste tratamento em relação ao tratamento completo.

Venturin et al. (1999), entretanto, trabalhando com *Peltophorum dubium*, demonstram que a adubação potássica se faz necessária para o bom desenvolvimento do diâmetro do coleto desta espécie, tendo a omissão do nutriente do meio de crescimento levado a um menor valor para este parâmetro morfológico, comparado ao tratamento completo. Para *Senna macranthera*, neste estudo, as plantas também demonstraram necessidade da aplicação de potássio ao substrato, apresentando resposta significativa ao tratamento K.

Reis et al. (1997) verificaram para *Dalbergia nigra* resposta quadrática à aplicação de K ao substrato, tendo determinado uma dose crítica de 30 mg/dm³ aproximadamente para a espécie. Costa Filho (1987) também verificaram respostas significativas à aplicação de potássio sobre o crescimento de *Astronium urundeuva*, ressaltando, no entanto, que doses acima de 100 mg/dm³ tiveram limitado efeito sobre o crescimento em diâmetro das mesmas. No presente estudo, entretanto, *Senna macranthera* demonstrou possuir maior exigência nutricional em K quando cultivada em latossolo vermelho-amarelo distrófico do que as espécies anteriores, devido à resposta linear crescente até a maior dose aplicada (200 mg/dm³).

No caso do tratamento Ca, observou-se resposta significativa do crescimento em diâmetro de *Senna macranthera* nos três tipos de solo utilizados neste estudo. Para o latossolo vermelho-amarelo distrófico e para o latossolo vermelho-amarelo álico, entretanto, foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas, enquanto que para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo verificou-se que o máximo valor do diâmetro do coleto (5,10 mm) ocorreu para

a dose calculada 1,19 cmol_c/dm³, e dose crítica de cálcio determinada em 0,93 cmol_c/dm³ (Figura 12).

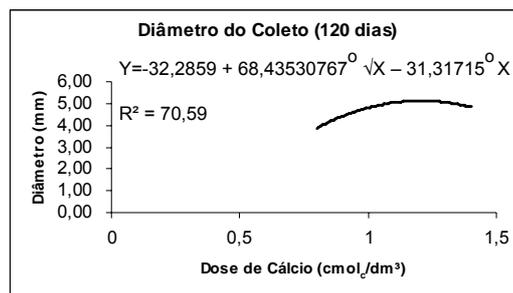


Figura 12 – Diâmetro do coleto das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de cálcio, em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Quanto ao tratamento Mg, observou-se que apenas para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo distrófico foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse às respostas apresentadas pelas plantas de *Senna macranthera*, com a ocorrência de resposta linear crescente do crescimento do diâmetro do coleto à aplicação de doses crescentes de magnésio ao substrato (Figura 13).

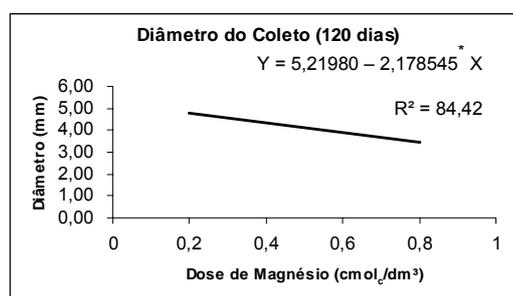


Figura 13 – Diâmetro do coleto das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Duboc et al. (1996b) verificaram para *Copaifera langsdorffii* resposta não significativa da omissão de cálcio e magnésio do substrato, demonstrando ser a espécie pouco exigente nos dois nutrientes, ao contrário do verificado para *Senna macranthera*, no presente trabalho. Já Venturin et al. (1999) verificaram que a omissão de cálcio afetou significativamente o crescimento em diâmetro das mudas de *Peltophorum dubium*, ao passo que, apesar de ter menor crescimento em diâmetro quando da omissão de magnésio, a diferença de crescimento encontrada neste caso não foi estatisticamente significativa, quando comparado ao tratamento completo.

Cálcio e magnésio normalmente são adicionados ao substrato via calagem. Adotando este procedimento, Reis et al. (1997) verificaram resposta negativa à calagem sobre o crescimento em diâmetro de *Dalbergia nigra*, o que, de acordo com os autores, deveu-se provavelmente, ao fato de o superfosfato simples aplicado apresentar teor de cálcio suficiente para suprir as necessidades para o crescimento das mudas, além de ser a espécie pouco exigente no nutriente em sua fase juvenil. Já Cruz et al. (2004) verificaram efeito significativo da correção do solo sobre o diâmetro do coleto de mudas de *Tabebuia impetiginosa*, demonstrando ser a espécie mais exigente que a anterior em cálcio e magnésio.

Para as plantas de *Senna macranthera*, verificou-se resposta significativa da aplicação de enxofre nos três tipos de solo utilizados. Entretanto, apenas para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas, tendo ocorrido resposta linear crescente do diâmetro do coleto das plantas à aplicação de doses de enxofre ao substrato (Figura 14).

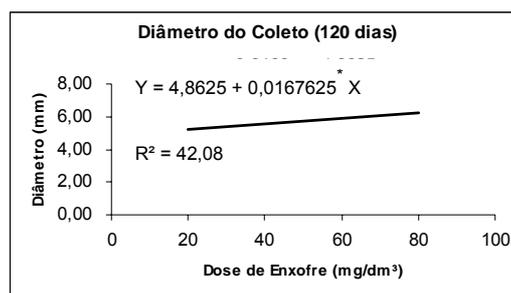


Figura 14 – Diâmetro do coleto das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Dias et al. (1992) verificaram para *Sclerolobium paniculatum* ausência de resposta à aplicação de enxofre ao substrato, o que, de acordo com os autores, estaria sugerindo que em suas condições experimentais o solo já teria quantidade suficiente do nutriente para produção de mudas da referida espécie. Venturin et al. (1999) confirmam a necessidade para certas espécies florestais da adubação com enxofre, pois trabalhando com *Peltophorum dubium*, verificaram que a omissão do nutriente do meio de crescimento ocasionou menor crescimento em diâmetro das plantas, comparativamente ao tratamento completo.

Carniel et al. (1993) verificaram, para a mesma espécie utilizada neste estudo, diminuição no crescimento em diâmetro das plantas devido à redução do suprimento de

enxofre, destacando que *Senna macranthera* apresenta-se bastante exigente no nutriente. Segundo os mesmos pesquisadores, para mudas de *Myracrodruon urundeuva* omissão do nutriente, apesar de levar a uma resposta de menor crescimento em diâmetro, não promoveu diferença significativa, comparativamente ao tratamento completo.

As mudas devem apresentar diâmetros do coleto maiores para exprimir um melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea (CARNEIRO, 1995), principalmente quando se exige maior endurecimento delas (GOMES, 2001). No entanto, a definição de um valor do diâmetro do coleto que exprima com fidelidade o real padrão de qualidade das mudas para o plantio em local definido depende da espécie, do local, do método e das técnicas de produção (GOMES, 2001), sendo que vários pesquisadores indicam para algumas espécies florestais valores diferentes, sendo superiores a 6,4 mm para *Liquidambar styraciflua* (BELANGER; MCALPINE, 1975), 4,0 mm para *Pinus elliottii* (BACON et al. (1977) e 4,6 mm para *Araucaria angustifolia* (MALINOVSKI, 1977).

No presente experimento, verificou-se para *Senna macranthera*, nos diferentes tratamentos testados, que as plantas apresentaram valores de diâmetro do coleto aos 120 dias de idade sempre superiores a 3,0 mm e, de forma geral, próximos de 4,0 mm, estando, dessa forma, muito próximos dos valores estipulados para as espécies anteriores. Apesar disso, os valores observados para *Senna macranthera* estão sempre abaixo dos observados para *Tabebuia impetiginosa*, aos 120 dias de idade, por Cruz et al. (2004), que verificaram valores para este parâmetro morfológico sempre superiores a 7,3 mm, em média.

3.2.3. Produção de matéria seca

De acordo com Gomes et al. (1990), embora a altura das mudas e o diâmetro do coleto sejam parâmetros muito importantes para as análises do padrão de qualidade de mudas, outros autores também recomendam que sejam analisados os pesos de matéria seca de parte aérea e de raiz. A produção de matéria seca tem sido considerada um dos melhores parâmetros para caracterizar a qualidade de mudas, apresentando, porém, o inconveniente de ser um método destrutivo e inviabilizando o seu uso na maioria dos viveiros (GOMES, 2001). Entretanto, sua importância fica clara à medida que se verifica que tanto a sobrevivência quanto o crescimento inicial das mudas após o plantio

no campo estão diretamente correlacionados com o peso de matéria seca das plantas (THOMPSON, 1985).

Verificou-se, no presente estudo, que a produção de matéria seca de parte aérea de *Senna macranthera* apresentou respostas significativas à aplicação de doses de nitrogênio nos três tipos de solos utilizados. Entretanto, para nenhum deles encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas no tratamento N.

São comuns na literatura respostas significativas de produção de matéria seca da parte aérea à adubação nitrogenada. Dias et al. (1991a) verificaram para *A. mangium* resposta quadrática ao tratamento aplicado, assim como Cruz et al. (2006) para *Samanea inopinata* que receberam adubação nitrogenada a cada 14 e 28 dias.

A importância da adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca de parte aérea de espécies florestais também foi verificada por Braga et al. (1995), que relataram que a produção de matéria seca de plantas de *Tibouchina granulosa* e de *Platycyamus regnellii* foi comprometida pela omissão de nitrogênio. Estes mesmos autores ressaltaram ainda que para *A. mangium* o crescimento da parte aérea da mesma foi muito reduzido pela omissão de nitrogênio no meio de crescimento, mas foi o fósforo o nutriente mais limitante.

Duboc et al. (1996b) constataram para *Copaifera langsdorffii* que a omissão de nitrogênio afetou o particionamento da matéria seca entre a parte aérea e o sistema radicular, com maior mobilização das reservas para as raízes do que para a parte aérea. Nicoloso et al. (2001) não encontraram para *Apuleia leiocarpa* resposta positiva à aplicação de nitrogênio, isoladamente ou associado ao fósforo. Notaram, entretanto, que aplicado junto com potássio, proporcionou incremento significativo na produção de matéria seca, e demonstraram ser a espécie medianamente exigente no nutriente na sua fase inicial de crescimento em argissolo vermelho distrófico arênico.

Quanto à resposta de produção de matéria seca de raiz, verificou-se para *Senna macranthera* que a aplicação de nitrogênio levou à ocorrência de resposta significativa de produção de biomassa radicular por parte da referida espécie, nos três tipos de solo testados. Apesar disso, apenas para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico foi encontrado um modelo matemático que se ajustou às respostas observadas, tendo-se constatado uma resposta linear decrescente de produção de matéria seca radicular das plantas de *Senna macranthera* em resposta ao tratamento N (Figura 15).

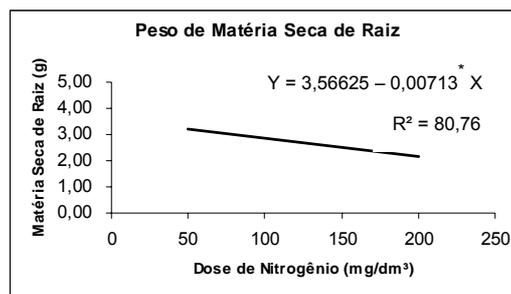


Figura 15 – Produção de matéria seca de raiz das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Da mesma forma que para a matéria seca de parte aérea, respostas significativas à adubação nitrogenada sobre a produção de biomassa radicular também são encontradas na literatura. Cruz et al. (2006) observaram para *Samanea inopinata* a ocorrência de resposta quadrática da produção de matéria seca de raiz à aplicação de adubação nitrogenada sobre as plantas desta espécie, assim como Venturin et al. (1999), que determinaram ser a adubação nitrogenada muito importante para a produção de matéria seca de raiz de *Peltophorum dubium*, tendo verificado que a produção de biomassa de raízes das plantas foi significativamente afetada pela omissão do nutriente.

Já Mendonça et al. (1999) observaram para mudas de *Myracrodruon urundeuva* submetidas à omissão do nutriente que a produção de matéria seca radicular foi estatisticamente semelhante à verificada no tratamento completo, enquanto Braga et al. (1995) constataram para *A. mangium* grande redução no crescimento radicular pela omissão do nutriente.

Verificou-se ainda para *Senna macranthera*, neste trabalho, a ocorrência de resposta significativa da produção de matéria seca total à aplicação de doses de nitrogênio, em todos os três tipos de solo testados. E, semelhantemente ao verificado para a produção matéria seca de raiz, apenas quando do cultivo no latossolo vermelho-amarelo álico foi encontrado um modelo estatístico que se ajustou às respostas observadas, com ocorrência de resposta linear decrescente de produção de matéria seca total das plantas de *Senna macranthera* em resposta tratamento aplicado (Figura 16).

Cruz et al. (2006) verificaram que a produção de matéria seca total de *Samanea inopinata* apresentou resposta quadrática à adubação nitrogenada, ao contrário do observado por Nicoloso et al. (2001) para *Apuleia leiocarpa*, cuja produção de matéria seca total não apresentou resposta à aplicação de nitrogênio isoladamente ou associado ao fósforo.

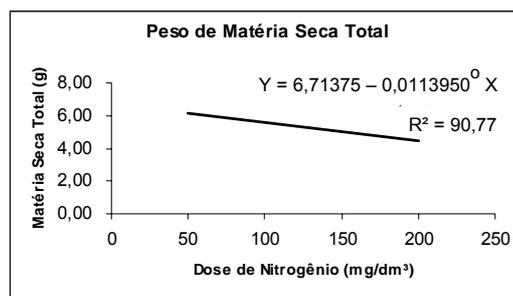


Figura 16 – Produção de matéria seca total das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Dias et al. (1991a), concordando com o verificado no presente estudo, observaram resposta positiva da aplicação de nitrogênio ao substrato, tendo propiciado consideráveis aumentos na produção de matéria seca das plantas de *A. mangium* e determinado uma dose crítica de 100 mg/dm³, que foi superior à encontrada por Dias et al. (1991b) para *Esenbeckia leiocarpa* (79 mg/dm³) e à obtida por Locatelli (1984) para *E. grandis*, que foi da ordem de 52 mg/dm³ quando da utilização de sulfato de amônio e de 42 mg/dm³ quando a fonte nitrogenada foi nitrato de sódio.

Em todos os casos, esses valores de dose crítica de N estão acima do que indica a tendência observada para *Senna macranthera* cultivada em latossolo vermelho-amarelo álico, demonstrando ser neste caso, pouco exigente em nitrogênio se comparada com as espécies supra citadas.

As plantas de *Senna macranthera* apresentaram ainda, quando cultivadas nos três tipos de solo, respostas significativas de produção de matéria seca de parte aérea à aplicação de doses de fósforo ao substrato. No latossolo vermelho-amarelo distrófico, observou-se resposta quadrática negativa, com máxima produção de matéria seca de parte aérea (3,11 g), quando da dose calculada 434,9 mg/dm³ e dose crítica de fósforo estimada em 325,6 mg/dm³ (Figura 17).

Já no latossolo vermelho-amarelo álico, observou-se respostas das plantas de *Senna macranthera* explicadas por um modelo raiz quadrada com a máxima produção de matéria seca de parte aérea (2,72 g), ocorrido quando da dose calculada 592,8 mg/dm³ e com a dose crítica sido estabelecida em 335,0 mg/dm³ (Figura 18).

Para as plantas cultivadas no argissolo vermelho-amarelo, observou-se resposta linear crescente dos valores de produção de matéria seca de parte aérea, com aumento no valor da variável ocorrendo em resposta à aplicação de doses crescentes do nutriente (Figura 19).

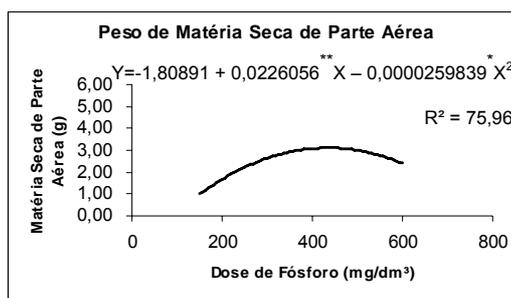


Figura 17 – Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo, em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

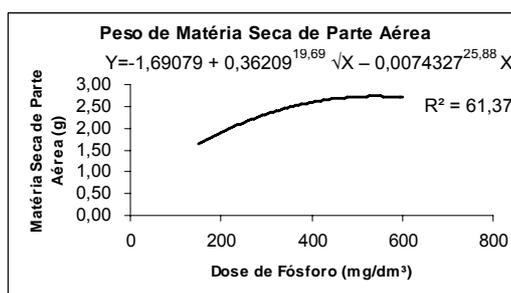


Figura 18 – Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

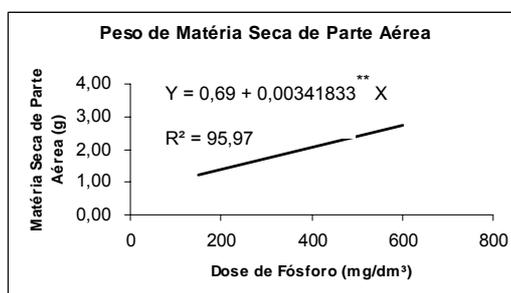


Figura 19 – Produção de matéria seca de parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

A adubação fosfatada é reconhecida por muitos pesquisadores como de suma importância para o bom crescimento da parte aérea das diferentes espécies florestais. Venturin et al. (1999) observaram para *Peltophorum dubium* uma drástica redução da produção de matéria seca de parte aérea das plantas submetidas à omissão do nutriente, demonstrando ser a espécie altamente exigente em P. O mesmo se verificou para *Myracrodruon urundeuva* por Mendonça et al. (1999), concordando assim, com o verificado neste estudo para *Senna macranthera*, onde se observou resposta

significativa da aplicação de fósforo no substrato sobre a produção de matéria seca de parte aérea.

Oliveira et al. (1998) verificaram que a adubação fosfatada influenciou significativamente a produção de matéria seca de parte aérea de plantas de *Dinizia excelsa*, assim como constatado por Fernandes et al. (2000) para *Schinus terebinthifolius*, *Ceiba speciosa* e *Syzygium jambolanum* tendo ainda estes autores determinado doses críticas do nutriente para estas espécies de 600,00; 267,00 e 600,00 mg/dm³, respectivamente. Já para *A. holosericea* Balieiro et al. (2001) verificaram a ocorrência de uma dose crítica variando entre 98 e 139 mg/dm³, conforme o nível de correção do solo (feito através da calagem) aplicado ao substrato, tendo ainda os pesquisadores determinado uma dose crítica para *A. auriculiformis* variando entre 83 e 157 mg/dm³.

Com exceção das doses determinadas para *Schinus terebinthifolius* e *Syzygium jambolanum*, as doses críticas determinadas para *Senna macranthera* no presente estudo são maiores do que as determinadas para algumas das espécies supra-citadas, apresentando-se, assim, mais exigente em P quando cultivadas nos solos aqui utilizados do que as referidas espécies, em suas condições experimentais. Entretanto, o nível de exigência constatado para o *Senna macranthera* está bem abaixo do verificado para *Schinus terebinthifolius* e *Syzygium jambolanum*, demonstrando que, comparativamente a essas duas, a espécie estudada é menos exigente em P.

Já quando os valores de dose crítica encontrados para *Senna macranthera* no latossolo vermelho-amarelo distrófico e no latossolo vermelho-amarelo álico são comparados com a tendência demonstrada pelas plantas cultivadas em argissolo vermelho amarelo, neste último as plantas demonstram ser mais exigentes em fósforo, devido ao comportamento linear crescente da produção de MSPA. Resposta linear para esta variável também foi observada por Fernandes et al. (2002) para *Cordia goeldiana*, tendo ocorrido aumento da produção de matéria seca de parte aérea das plantas até a maior dose de P aplicada (450 mg/dm³). Pode-se, entretanto, inferir que as plantas de *Senna macranthera* cultivadas em argissolo vermelho-amarelo demonstram ser mais exigentes em P também que *Cordia goeldiana*, tendo em vista o comportamento linear crescente observado para as duas espécies e que a maior dose aplicada do nutriente no presente estudo foi 600 mg/dm³.

Observou-se ainda no tratamento P que a produção de matéria seca de raiz de *Senna macranthera* cultivada em latossolo vermelho-amarelo distrófico apresentou

resposta quadrática negativa com a máxima produção (1,58 g) ocorrido na dose calculada 396,1 mg/dm³, e a dose crítica sido determinada em 272,4 mg/dm³ (Figura 20).

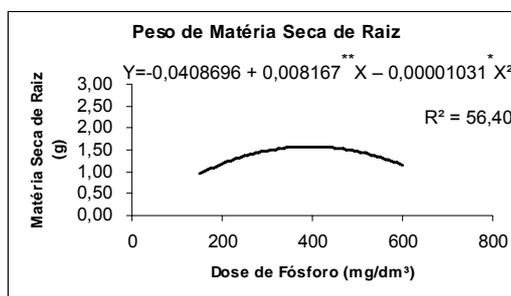


Figura 20 – Produção de matéria seca de raiz das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Já para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo álico e no argissolo vermelho-amarelo, apesar de significativas as respostas de produção de matéria seca de raiz de *Senna macranthera* observadas, não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às mesmas.

Mendonça et al. (1999) observaram para *Myracrodruon urundeuva* que a adubação fosfatada também se faz importante para a espécie, tendo em vista a significância observada da menor produção de matéria seca de raízes das plantas sob omissão do nutriente, comparativamente ao tratamento completo. Para *Hymenaea courbaril*, Duboc et al. (1996a) verificaram que a espécie se apresenta pouco exigente em P para produção de matéria seca de raízes, pois não foi observada diferença estatística significativa entre o tratamento com omissão do nutriente e o tratamento completo.

Fernandes et al. (2002) verificaram para *Cordia goeldiana* resposta significativa da produção de matéria seca de raízes à aplicação de fósforo, assim como Dias et al. (1991b) para *Sclerolobium paniculatum*, tendo os últimos determinado, ainda, dose crítica de 278,0 mg/dm³ para a espécie em questão.

Resende et al. (1999), trabalharam com *Myracrodruon urundeuva*, *Schinus terebinthifolius*, *Piptadenia gonoacantha*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Sesbania virgata*, e verificaram doses críticas para a produção de matéria seca de raízes por parte destas plantas superiores à encontrada para *Sclerolobium paniculatum*, com valores de 800,00; 296,05; 800,00; 599,82; e 404,85 mg/dm³ respectivamente. Para todas as espécies supra-citadas, entretanto, pode-se inferir, no presente estudo, serem mais exigentes em P para produção de biomassa radicular do que *Senna macranthera*, cultivada em latossolo

vermelho-amarelo distrófico, tendo em vista que a dose crítica verificada para esta espécie é inferior às determinadas para as espécies anteriores.

Para a produção de matéria seca total, observou-se, para *Senna macranthera* cultivadas nos três tipos de solo testados, resposta significativa da aplicação de fósforo ao substrato. No latossolo vermelho-amarelo distrófico foi observado que a máxima produção (4,67 g) ocorreu quando da dose calculada 423,9 mg/dm³, com dose crítica determinada em 310,5 mg/dm³ (Figura 21).

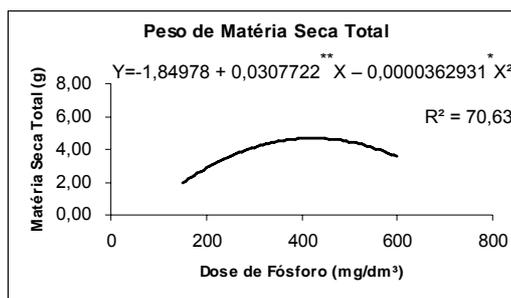


Figura 21 – Produção de matéria seca total das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

No latossolo vermelho-amarelo álico, apesar de significativa a resposta da produção de matéria seca total das plantas de *Senna macranthera* ao tratamento P, não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse às respostas observadas; ao contrário do observado para o argissolo vermelho-amarelo, onde a produção de matéria seca total aumentou linearmente até a maior dose aplicada (600 mg/dm³) (Figura 22).

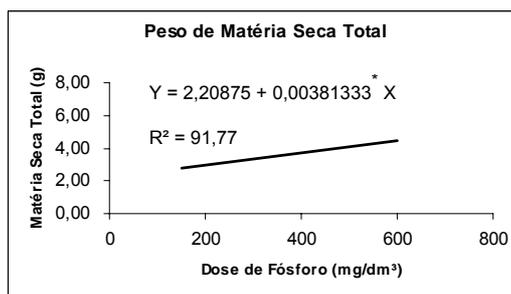


Figura 22 – Produção de matéria seca total das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Apesar disso, tanto para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo álico como para as cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, não foi possível determinar uma dose crítica do nutriente nestes solos. Também Fernandes et al. (2002) verificaram para produção de matéria seca total resposta linear crescente de *Cordia goeldiana* à

aplicação de doses de fósforo até a maior dose testada pelos pesquisadores (450 mg/dm³), semelhantemente ao verificado para *Senna macranthera* no argissolo vermelho-amarelo.

Reis et al. (1997) observaram para *Dalbergia nigra* resposta quadrática da produção de matéria seca total das plantas à aplicação de fósforo ao substrato, obtendo uma dose crítica de 220 mg/dm³. Já Resende et al. (1999) observaram para a mesma variável respostas também significativas de cinco espécies florestais, determinando doses críticas que variaram entre 323,93 mg/dm³ para *Sesbania virgata* e 800,00 mg/dm³ para *Myracrodruon urundeuva* e *Piptadenia gonoacantha*. *Senna macranthera*, espécie objeto do presente trabalho, apresentou-se mais exigente do que *Dalbergia nigra* quando cultivado em latossolo vermelho-amarelo distrófico, mas menos exigente do que as cinco espécies florestais estudadas por Resende et al. (1999), podendo-se afirmar, dessa forma, ser *Senna macranthera* medianamente exigente em P.

Em termos de resposta à adubação potássica, verificou-se no presente trabalho resposta significativa de produção de matéria seca de parte aérea de *Senna macranthera* à aplicação de doses deste nutriente. Entretanto, para os três tipos de solo testados não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas.

Resposta contrária à verificada neste trabalho foi constatada por Dias et al. (1991a), que observaram resposta negativa da adubação potássica sobre a produção de matéria seca de parte aérea de *A. mangium*. De acordo com os autores, tal fato deve-se à quantidade do nutriente original do solo ter sido suficiente para atender à demanda das plantas. Já para *Hymenaea courbaril*, Duboc et al. (1996a) observaram maior produção de matéria seca da parte aérea das plantas sob omissão do nutriente sem, no entanto, diferir estatisticamente do tratamento completo.

Já para *Myracrodruon urundeuva* observou-se que a omissão do nutriente promoveu grande redução na produção de matéria seca de parte aérea (MENDONÇA et al., 1999), comprovando que para determinadas espécies florestais a adubação potássica se faz necessária. Da mesma forma Fernandez et al. (1996) verificaram que a resposta de produção de matéria seca de parte aérea de *Mimosa tenuiflora* à adubação potássica foi significativa, tendo a variável aumentado em resposta à aplicação do nutriente e determinada uma dose crítica de 38,0 mg/dm³.

Quanto à produção de matéria seca de raízes, as plantas de *Senna macranthera*, à semelhança do verificado para MSPA, apresentaram resposta significativa ao tratamento

aplicado, observando-se para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico que não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas obtidas. Já, no latossolo vermelho-amarelo álico, observou-se resposta linear crescente da produção de matéria seca de raízes das plantas (Figura 23).

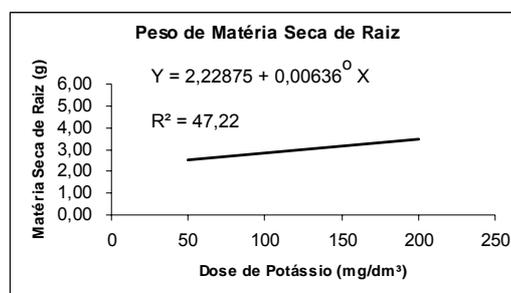


Figura 23 – Produção de matéria seca de raiz das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Também para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observou-se aumento linear dos valores observados de produção de biomassa radicular à aplicação de K ao substrato (Figura 24). Apesar disso, para todos os três tipos de solo não foi possível, devido ao tipo de resposta apresentada pelas plantas de *Senna macranthera*, determinar uma dose crítica do nutriente para a produção das mudas da espécie estudada.

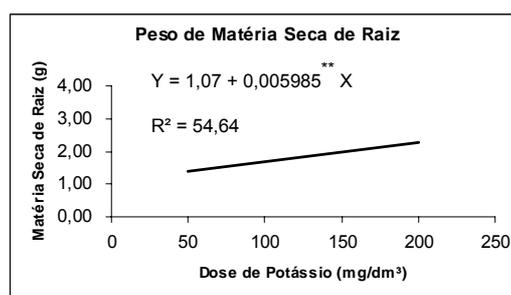


Figura 24 – Produção de matéria seca de raiz das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Para a produção de matéria seca total, observou-se também respostas significativas das plantas de *Senna macranthera* à aplicação de potássio nos três tipos de solo testados, tendo, entretanto, apenas para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo sido encontrado um modelo matemático que se ajustou às respostas observadas. Verificou-se, neste solo, resposta linear crescente, tendo a produção de biomassa das

plantas de *Senna macranthera* aumentado até a maior dose aplicada de K (200 mg/dm³) (Figura 25).

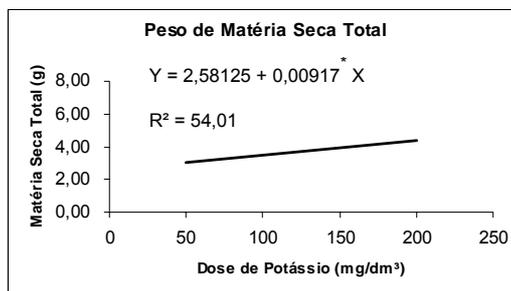


Figura 25 – Produção de matéria seca total das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Reis et al. (1997) observaram para *Dalbergia nigra* resposta quadrática da adubação potássica, tendo determinado uma dose crítica do nutriente de 30 mg/dm³, que é bem inferior à que indica a tendência para *Senna macranthera* cultivada em argissolo vermelho-amarelo. Já Dias et al. (1992) observaram para *Sclerolobium paniculatum* resposta positiva da aplicação de potássio ao substrato, tendo obtido para a espécie em questão uma dose crítica de 80,0 mg/dm³.

O comportamento apresentado por *Senna macranthera*, neste estudo, em resposta à adubação potássica, diferencia-se do verificado por Dias et al. (1991a), que não recomendam adubação com K para *A. mangium*, devido à resposta negativa constatada para a espécie, salientando ainda que, para algumas espécies florestais, a dose crítica tem sido inferior a 50 mg/dm³.

A resposta de *Senna macranthera* à aplicação de doses de cálcio ao substrato foi significativa para produção de matéria seca, seja ela de parte aérea, raiz ou total, nos três tipos de solo testados. Apesar disso, verificou-se que apenas para produção de biomassa de parte aérea, em argissolo vermelho-amarelo, encontrou-se um modelo matemático que se ajustou às respostas observadas, tendo-se observado resposta linear crescente de MSPA em resposta à aplicação de doses de cálcio ao substrato (Figura 26).

Entretanto, para nenhum dos três compartimentos em que foi sub-dividida a matéria seca das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico, latossolo vermelho-amarelo álico e argissolo vermelho-amarelo, foi possível determinar uma dose crítica de cálcio para *Senna macranthera*. Porém, foi possível inferir para as plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, que a maior produção de biomassa de parte

aérea ocorre quando da aplicação de uma dose acima da maior dose testada (1,4 cmol_c/dm³).

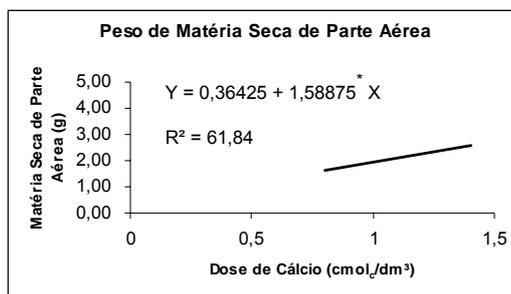


Figura 26 – Produção de matéria seca de parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de cálcio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Santanna et al. (1996) também verificaram para *Hevea brasiliensis* efeito significativo do cálcio sobre a produção de matéria seca das plantas, enquanto Braga et al. (1995) observaram que mudas de *Aspidosperma polyneuron* sob omissão de cálcio não tiveram a produção de matéria seca radicular afetada significativamente pelo tratamento comparativamente ao tratamento completo.

Duboc et al. (1996a) verificaram para *Hymenaea courbaril* pequeno requerimento nutricional para cálcio, tendo sob omissão do nutriente ocorrido valores estatisticamente iguais de matéria seca de parte aérea e de raiz, comparativamente ao tratamento completo. Já Mendonça et al. (1999) verificaram para *Myracrodruon urundeuva* que a omissão de cálcio afetou a produção de biomassa tanto de parte aérea quanto de raiz das plantas, demonstrando, assim, que, da mesma forma que o verificado para *Senna macranthera* no presente trabalho é importante para o crescimento de algumas espécies a aplicação de cálcio ao substrato. Da mesma forma, Venturin et al. (1999) também verificaram para *Peltophorum dubium* ser a omissão do nutriente prejudicial à produção de matéria seca de parte aérea e de raízes.

Já em resposta ao tratamento Mg, observou-se resposta linear decrescente ao tratamento aplicado nas plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico (Figura 27).

O mesmo tipo de resposta foi verificado também para produção de matéria seca de raiz (Figura 28) e total (Figura 29) das plantas neste mesmo solo, indicando que a máxima produção de matéria seca ocorre para uma dose abaixo da menor dose aplicada de Mg neste trabalho (0,2 cmol_c/dm³), demonstrando ser a espécie pouco exigente no nutriente.

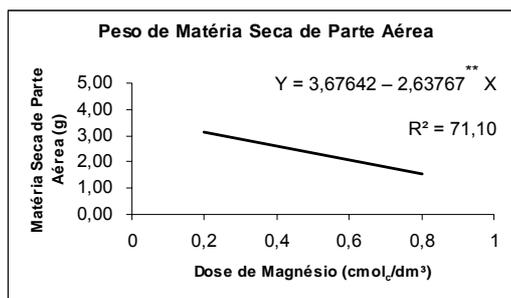


Figura 27 – Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio, em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

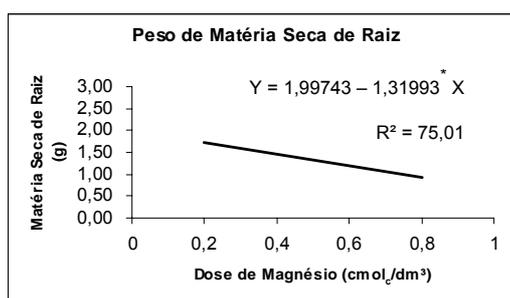


Figura 28 – Produção de matéria seca de raiz das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

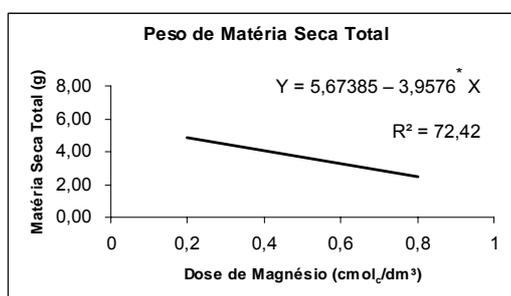


Figura 29 – Produção de matéria seca total das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Para os outros dois tipos de solo utilizados, latossolo vermelho-amarelo álico e argissolo vermelho-amarelo, verificou-se que, apesar de serem também significativas as respostas de produção de matéria seca, nos três compartimentos adotados, não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às repostas das plantas de *Senna macranthera*.

Respostas significativas à aplicação de doses de magnésio também foram verificadas por Alves et al. (1996) para *Hevea brasiliensis*, acrescentando, no entanto, que as plantas não apresentaram respostas muito acentuadas de produção de matéria seca, e não ocorreu diferença significativa entre as doses testadas pelos pesquisadores

Foi, entretanto, verificado que na dose mais elevada ocorreu efeito depressivo com redução na produção de matéria seca das plantas. Da mesma forma indicou a tendência observada para *Senna macranthera* em latossolo vermelho-amarelo distrófico no presente estudo, tendo, no entanto, já a menor dose aplicada do nutriente causado efeito depressivo na produção de matéria seca das plantas.

Venturin et al. (1999) observaram que o magnésio é importante para a produção de matéria seca de parte aérea de plantas de *Peltophorum dubium*, pois, sob omissão do nutriente, houve sensível redução neste parâmetro morfológico. Já para matéria seca de raiz, os mesmos autores verificaram que, apesar de ter menor produção sob omissão do nutriente, não houve diferença estatisticamente significativa, comparativamente com o tratamento completo. Para *Myracrodruon urundeuva*, entretanto, tanto a produção de matéria seca de parte aérea quanto a de raiz foram significativamente afetadas pela omissão de magnésio, tendo ocorrido sensível redução dos valores das duas variáveis.

Apesar disso, para outras espécies florestais, como por exemplo: *Hymenaea courbaril*, a omissão do magnésio não afetou significativamente a produção de matéria seca de parte aérea e de raiz das plantas, tendo sob omissão do nutriente ocorrido aumento nestes parâmetros morfológicos (DUBOC et al., 1996a). Da mesma forma, para *Copaifera langsdorffii* a omissão de Mg não se mostrou significativa para a produção de matéria seca das plantas, não tendo ocorrido diferença estatística significativa entre o tratamento com omissão do nutriente e o tratamento completo (DUBOC et al., 1996b).

As plantas de *Senna macranthera* apresentaram, ainda, resposta significativa à aplicação de doses de enxofre para a produção de matéria seca de parte aérea, raiz e total quando cultivadas nos três tipos de solo utilizados no presente trabalho. Apesar disso, para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico e argissolo vermelho-amarelo não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse às respostas observadas nas plantas de *Senna macranthera* nestes solos.

Para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo distrófico, observou-se resposta linear crescente da produção de matéria seca de parte aérea (Figura 30), raiz (Figura 31) e total (Figura 32) à aplicação de doses de enxofre ao substrato. Ao contrário do verificado no presente estudo, Dias et al. (1992) observaram para *Sclerolobium paniculatum* falta de resposta à aplicação de doses de enxofre, indicando que a quantidade do nutriente pré-existente no solo já teria sido suficiente para a formação de mudas da espécie.

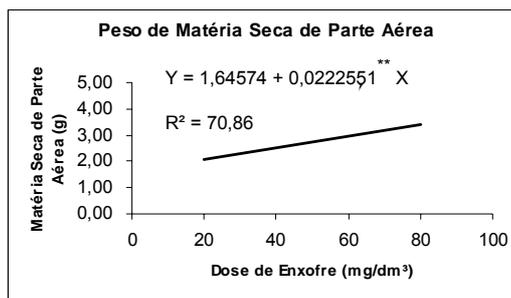


Figura 30 – Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre, em latossolo vermelho amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

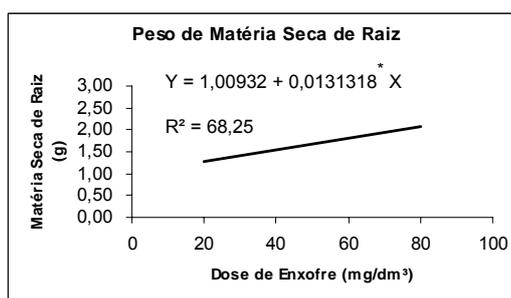


Figura 31 – Produção de matéria seca de raiz das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre, em latossolo vermelho amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

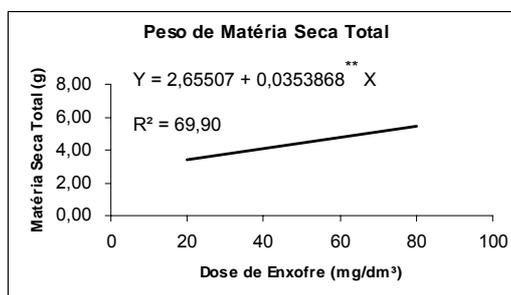


Figura 32 – Produção de matéria seca total das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre, em latossolo vermelho amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Trabalhando com *Hymenaea courbaril*, Duboc et al. (1996a) verificaram que, sob omissão de S, as plantas apresentaram maior produção de matéria seca de parte aérea e de raízes sem, no entanto, diferir do tratamento completo, demonstrando também que a espécie tem baixo requerimento nutricional para enxofre. Plantas de *Peltophorum dubium* demonstraram sensível redução da produção de matéria seca de parte aérea e de raiz sob omissão de enxofre, demonstrando que, ao contrário das espécies anteriores e concordando com o verificado no presente estudo, a adubação com o nutriente se faz necessária para o bom crescimento das mudas (VENTURIN et al., 1999).

Fernández et al. (1996) verificaram para *Mimosa tenuiflora* resposta significativa às doses de enxofre aplicadas ao substrato, proporcionando aumento na produção de matéria seca de parte aérea das plantas e tendo, ainda, determinado uma dose crítica do nutriente de 14,0 mg/dm³. Também, Balieiro et al. (2001) encontraram, para *A. holosericea*, resposta positiva de produção de matéria seca de parte aérea das plantas pela aplicação de enxofre ao substrato, determinando para esta espécie uma dose crítica de 20 mg/dm³.

É possível inferir que *Senna macranthera* demonstra pelas respostas apresentadas, ser mais exigente em enxofre do que as espécies anteriores, quando cultivada em latossolo vermelho-amarelo distrófico, pois apresenta-se responsiva até a maior dose aplicada do nutriente neste estudo (80 mg/dm³).

Considerando-se que maior matéria seca de parte aérea das plantas é interessante, pois as plantas tendem a apresentar maior vigor e capacidade fotossintética, levando a um melhor desenvolvimento das mesmas, e que, de acordo com a constatação de Hermann (1964), que verificou que a sobrevivência de mudas de *Pseudotsuga menziesii* foi consideravelmente maior, quanto mais abundante fosse o sistema radicular das mesmas, podemos inferir que o desejável, em termos de produção de matéria seca das plantas, encontra-se no seu maior valor. Com exceção dos tratamentos N e Mg, nos demais tratamentos, onde foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse às respostas das plantas de *Senna macranthera*, verificou-se a ocorrência de pontos de máximo em alguns casos e de respostas lineares crescentes. Dessa forma, as plantas se mostram mais exigentes em fósforo, potássio, cálcio e enxofre, enquanto para nitrogênio e magnésio as respostas observadas indicam que doses maiores do que as menores doses aplicadas causam efeito depressivo sobre a produção de matéria seca.

3.2.4. Índices de qualidade de mudas

3.2.4.1. Relação altura da parte aérea por diâmetro do coleto (H/D)

De acordo com Gomes (2001), em razão da facilidade de medição tanto da altura da parte aérea quanto do diâmetro do coleto e, por ser tratar de método não destrutivo, a relação baseada nestes dois parâmetros morfológicos pode ser considerada e aplicada para muitas das espécies florestais, constituindo-se num dos mais importantes

parâmetros morfológicos para estimar o crescimento pós-plantio das mudas no campo (CARNEIRO 1995).

As plantas de *Senna macranthera* apresentaram, no latossolo vermelho-amarelo distrófico, respostas para H/D aos tratamentos N (Figura 33) e P distintas entre si, tendo no primeiro ocorrido resposta linear decrescente.

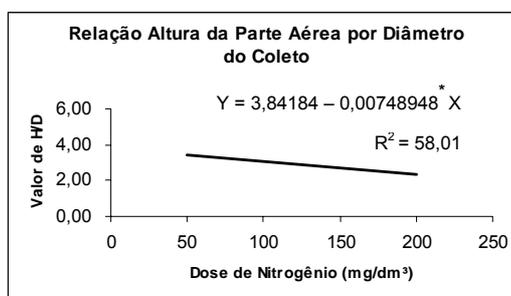


Figura 33 – Relação altura da parte aérea por diâmetro do coleto (H/D) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

No mesmo tipo de solo, para o tratamento P, observou-se resposta interpretada através de um modelo raiz quadrada, tendo o maior valor de H/D (3,70) ocorrido para a dose calculada 743,5 mg/dm³ e a dose crítica de fósforo sido determinada em 371,7 mg/dm³ (Figura 34).

Para os demais tratamentos, não foi encontrado para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo distrófico um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas, impedindo, assim, a determinação de uma dose crítica dos demais nutrientes.

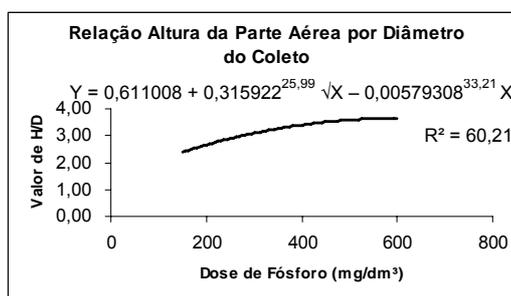


Figura 34 – Relação altura da parte aérea por diâmetro do coleto (H/D) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Já no latossolo vermelho-amarelo álico, observou-se para H/D que apenas para o tratamento S foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse às respostas das plantas, não tendo para os demais tratamentos sido constatada resposta significativa dos mesmos sobre. Observou-se para o enxofre que a resposta das plantas foi explicada por um modelo raiz quadrada e que o máximo valor de H/D (2,69) ocorre para a dose calculada 42,7 mg/dm³, sendo a dose crítica 24,8 mg/dm³ (Figura 35).

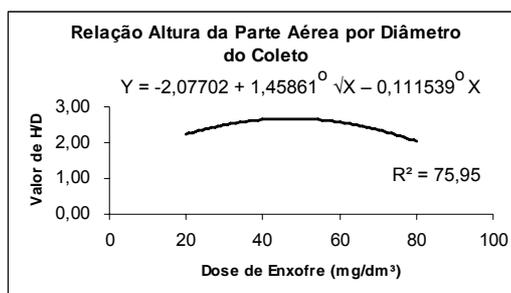


Figura 35 – Relação altura da parte aérea por diâmetro do coleto (H/D) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Para *Senna macranthera* cultivada no argissolo vermelho-amarelo observou-se que apenas para o tratamento P foi encontrado um modelo matemático que se ajustou às respostas de H/D das plantas. Verificou-se que com o aumento da dose aplicada do nutriente ao substrato, ocorreu aumento do valor de H/D das plantas (Figura 36). Nos outros cinco tratamentos aplicados (N, K, Ca, Mg e S) não foi possível determinar doses críticas, bem como as doses de N, K, Ca, Mg e S, para as quais H/D atinge seu menor valor no argissolo vermelho-amarelo.

De acordo com Carneiro (1983), o valor de H/D é um importante índice, e, quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem na área de plantio definitivo. No caso das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico e submetidas ao tratamento N, o melhor valor para esta relação é encontrado quando da aplicação de uma dose calculada inferior à menor dose do nutriente aplicada no presente trabalho, com o mesmo acontecendo para o tratamento P nas plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo.

No caso das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico e submetidas ao tratamento P e das cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico e submetidas ao tratamento S, os melhores valores para H/D vão ser observados para

doses acima ou abaixo das doses para as quais ocorrem, em cada um destes tratamentos, os maiores valores da relação em questão.

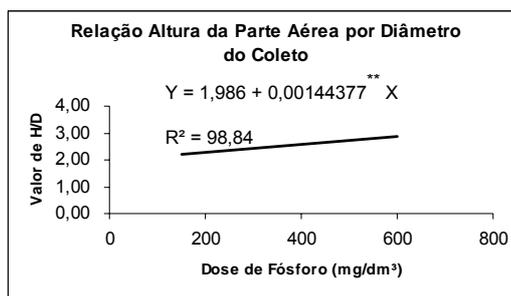


Figura 36 – Relação altura da parte aérea por diâmetro do coleto (H/D) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho amarelo, 120 dias após a semeadura.

Neste trabalho, verificou-se que, independentemente do solo em que foram cultivadas, as plantas de *Senna macranthera* tiveram valores de H/D variando entre 1,93 e 4,24, com maior concentração dos dados entre 2,5 e 3,0. Estes valores estão abaixo do mínimo estabelecido para *Pinus taeda* por Carneiro (1976), que definiu para esta espécie o menor valor em 8,1 para considerar as mudas aptas para plantio. Já Cruz et al. (2004) observaram valores médios para esta relação variando entre 2,93 e 3,32, estando estes valores próximos dos encontrados para *Senna macranthera* de modo geral.

3.2.4.2. Relação altura da parte aérea pelo peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA)

Segundo Gomes (2001), o quociente obtido pela divisão da altura da parte aérea pelo peso de matéria seca da parte aérea não tem uso freqüente na avaliação do padrão de qualidade de mudas, podendo, entretanto, ser de grande valia, principalmente quando usado na predição do potencial de sobrevivência da muda no campo.

Verificou-se para o *Senna macranthera* quando cultivado em latossolo vermelho-amarelo distrófico, uma resposta significativa da aplicação dos seis macronutrientes, sobre os valores deste índice de qualidade de mudas. Apesar disso, apenas para as plantas submetidas aos tratamentos com aplicação de doses de magnésio e enxofre foi possível, através da análise de regressão, interpretar as respostas apresentadas, tendo em vista não ter havido para os demais tratamentos, adequado ajuste dos dados observados a um modelo estatístico que pudesse explicar o comportamento observado nas plantas.

No latossolo vermelho-amarelo distrófico, observou-se respostas lineares distintas por parte das plantas de *Senna macranthera* aos tratamentos Mg e S. No caso do tratamento onde se aplicaram doses de magnésio ao substrato, observou-se que com o aumento da dose aplicada do nutriente, ocorreu aumento linear dos valores de H/MSPA (Figura 37), resultado este oposto ao verificado para o tratamento onde se aplicaram doses crescentes de enxofre ao substrato, tendo os valores desta mesma variável, diminuído linearmente em resposta ao tratamento aplicado (Figura 38).

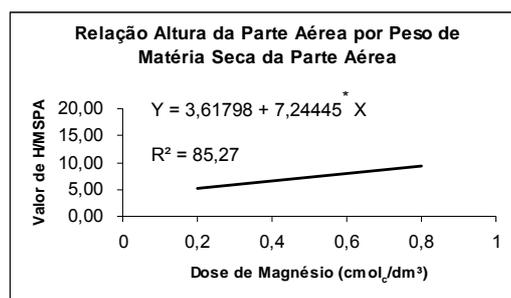


Figura 37 – Relação altura da parte aérea por peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

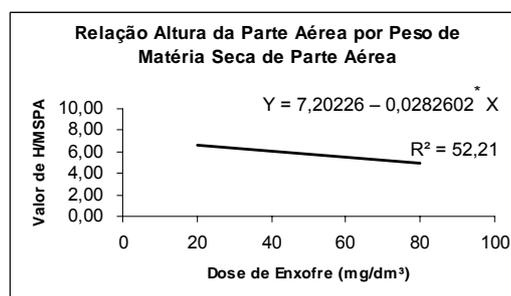


Figura 38 – Relação altura da parte aérea por peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

As plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico apresentaram, da mesma forma que no solo anterior, respostas significativas de H/MSPA à aplicação de doses dos seis macronutrientes. Entretanto, apenas para K, Ca e S foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse adequadamente às respostas observadas

Foram verificadas respostas lineares crescentes para os tratamentos K (Figura 39) e Ca (Figura 40), com aumento dos valores de H/MSPA em resposta ao aumento das doses aplicadas destes nutrientes em seus respectivos tratamentos, no latossolo vermelho-amarelo álico.

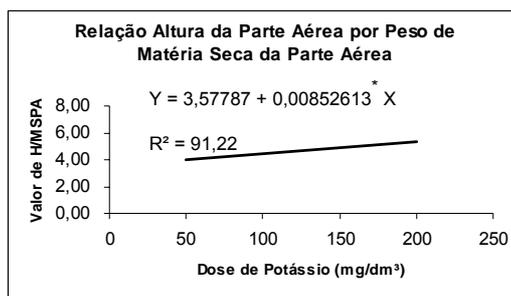


Figura 39 – Relação altura da parte aérea por peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

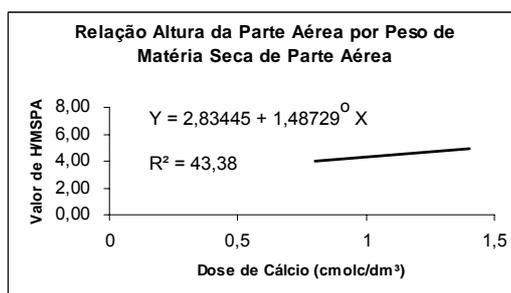


Figura 40 – Relação altura da parte aérea por peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de cálcio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Ainda para o mesmo solo, constatou-se, através da análise de regressão, que a resposta da relação entre a altura da parte aérea dividida pelo peso de matéria seca da parte aérea das plantas de *Senna macranthera* (H/MSPA) ao tratamento S foi explicada por um modelo raiz quadrada, com o maior valor de H/MSPA (4,66) ocorrido quando da dose do nutriente calculada 42,5 mg/dm³, com a dose crítica deste nutriente sido determinada em 22,6 mg/dm³ (Figura 41).

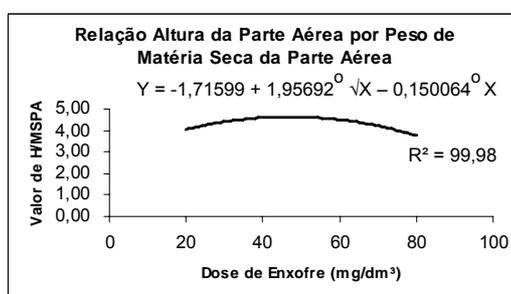


Figura 41 – Relação altura da parte aérea por peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

Quando cultivadas em argissolo vermelho-amarelo, observou-se que apenas para o tratamento N e P foram encontrados modelos matemáticos que se ajustaram às respostas observadas nas plantas de *Senna macranthera*; apesar de para todos os outros quatro macronutrientes também terem sido constatadas respostas significativas da aplicação de doses dos mesmos. Para o nitrogênio (Figura 42) e para o fósforo (Figura 43), observou-se respostas lineares decrescentes dos valores de H/MSPA em resposta à aplicação de doses nitrogênio e fósforo ao substrato; comportamento oposto ao verificado no solo anterior para o K e o Ca.

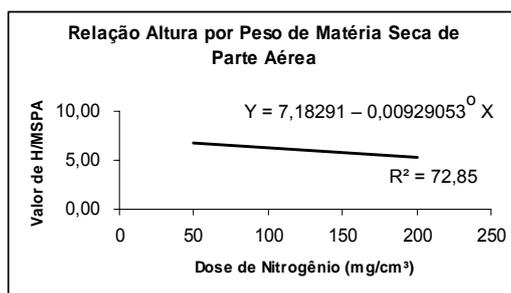


Figura 42 – Relação altura da parte aérea por peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

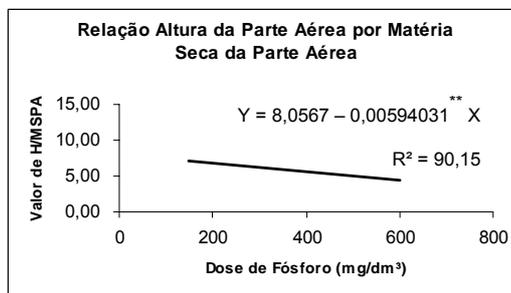


Figura 43 – Relação altura da parte aérea por peso de matéria seca de parte aérea (H/MSPA) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

De acordo com Gomes (2001), quanto menor for o valor deste índice de qualidade de mudas, mais lenhificada será a muda e maior deverá ser sua capacidade de sobrevivência no campo. Neste trabalho, verificou-se, conforme o caso, respostas lineares crescentes e decrescentes, podendo-se inferir, nestes casos, que a dose que proporciona o menor valor de H/MSPA estará abaixo da menor dose aplicada do nutriente testado ou acima da maior dose aplicada, respectivamente. Já, para os tratamentos cujas respostas apresentaram um ponto de máximo valor, a dose que

proporciona o melhor valor de H/MSPA será maior ou menor que a dose para a qual a relação é máxima.

Obteve-se, no presente estudo, valores de H/MSPA para *Senna macranthera* variando entre 3,68 e 35,10, com grande concentração dos dados próximos a 5,0. Cruz et al. (2006) obtiveram, para mudas de *Samanea inopinata*, valores de H/MSPA de 0,84 quando aplicaram adubações nitrogenadas a cada 14 dias e 0,87 quando o fizeram a cada 28 dias. Para *Tabebuia impetiginosa*, Cruz et al. (2004) verificaram valores que variaram de 1,32 a 1,74, conforme o tratamento aplicado, estando para ambas as espécies supra-citadas os valores observados bem abaixo dos encontrados para *Senna macranthera*, no presente estudo.

3.2.4.3. Relação peso de matéria seca de parte aérea pelo peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR)

A relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o de raiz é considerado como um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas (LIMSTRON, 1963; PARVIAINEN, 1981), podendo, entretanto, não ter significado para o crescimento no campo (BURNETT, 1979).

As plantas de *Senna macranthera* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico apresentaram resposta significativa de MSPA/MSR à aplicação de doses dos seis macronutrientes. Mas, para os tratamentos K, Ca, Mg e S, não foram encontrados modelos matemáticos que se ajustassem às respostas observadas.

A relação MSPA/MSR de *Senna macranthera* cultivada em latossolo vermelho-amarelo distrófico apresentou respostas lineares opostas entre si para os tratamentos N e P. No primeiro, observou-se diminuição linear dos valores observados de MSPA/MSR em resposta ao aumento da dose de nitrogênio aplicada ao substrato (Figura 44), enquanto no segundo o aumento da dose de fósforo aplicada levou ao aumento linear dos valores de MSPA/MSR (Figura 45).

Da mesma forma que para o solo anterior, apenas para dois tratamentos, P e K, foi encontrado um modelo matemático que se ajustou às respostas de *Senna macranthera* à aplicação de doses desses nutrientes, quando cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico. Apesar disso, também para os demais macronutrientes foi constatada resposta significativa de MSPA/MSR à aplicação dos mesmos ao substrato.

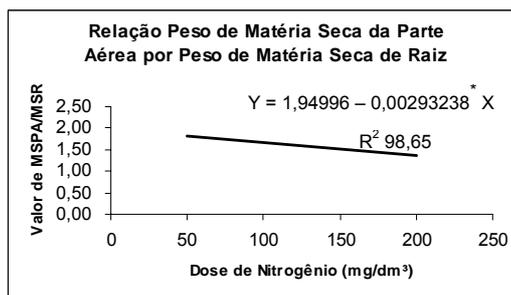


Figura 44 – Relação peso de matéria seca de parte aérea pelo peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

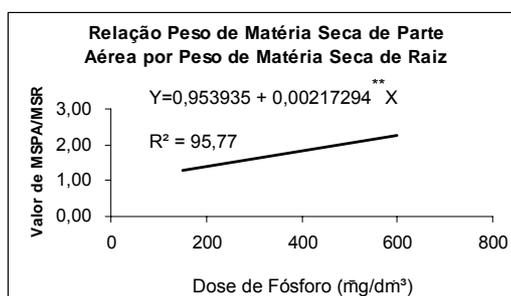


Figura 45 – Relação peso de matéria seca de parte aérea pelo peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Para o tratamento P, observou-se resposta linear crescente de MSPA/MSR com o valor deste índice de qualidade de mudas aumentando linearmente, conforme se aumentou a dose do nutriente aplicada ao substrato (Figura 46).

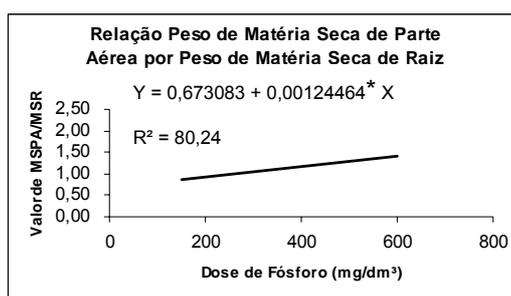


Figura 46 – Relação peso de matéria seca de parte aérea pelo peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

No tratamento K, as respostas das plantas de *Senna macranthera* cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico foram explicadas por um modelo raiz quadrada,

verificando-se o máximo valor de MSPA/MSR (1,17), para a dose calculada 95,5 mg/dm³ e dose crítica em 58,4 mg/dm³ (Figura 47).

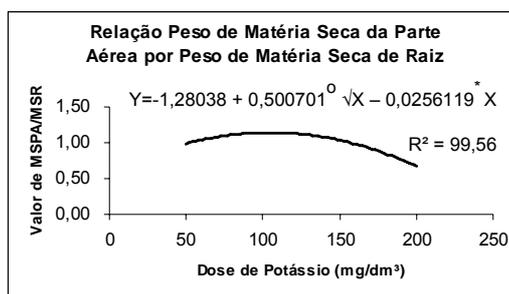


Figura 47 – Relação peso de matéria seca de parte aérea pelo peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de potássio em latossolo vermelho-amarelo álico, 120 dias após a semeadura.

No argissolo vermelho-amarelo constatou-se para as plantas de *Senna macranthera* que, apesar de significativas as respostas observadas de MSPA/MSR, para a aplicação de doses de todos os nutrientes testados, apenas para P (Figura 48) e Ca (Figura 49), foi encontrado um modelo matemático que se ajustou às respostas observadas, constatando-se nos dois tratamentos aumento linear dos valores MSPA/MSR em resposta à aplicação de doses dos referidos nutrientes, comportamento este coincidente com o verificado para o tratamento P, no latossolo vermelho-amarelo álico.

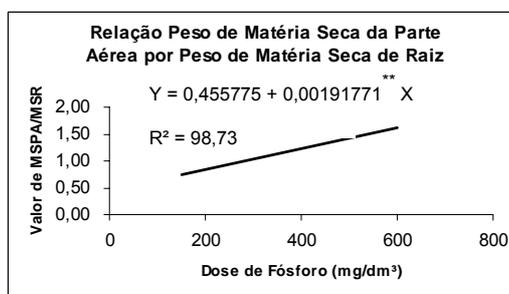


Figura 48 – Relação peso de matéria seca de parte aérea pelo peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

Brissette (1984) menciona que, num encontro para pesquisadores, ficou estabelecido como sendo 2,0 o melhor valor para a relação entre o peso de matéria seca de parte aérea e o de raiz das plantas. Para *Senna macranthera* no presente estudo, verificou-se que o menor valor de MSPA/MSR foi 0,46 e o maior valor 2,18, havendo concentração dos valores obtidos em torno de 1,5 e 2,0 de maneira geral. Estes valores

estão próximos dos verificados por Cruz et al. (2004) para *Tabebuia impetiginosa*, que obtiveram valores que variaram entre 1,18 e 1,65, e dos obtidos por Wakeley (1954) para *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Pinus echinata* e *Pinus palustris*, que obteve para estas espécies valores entre 1,0 e 3,0.

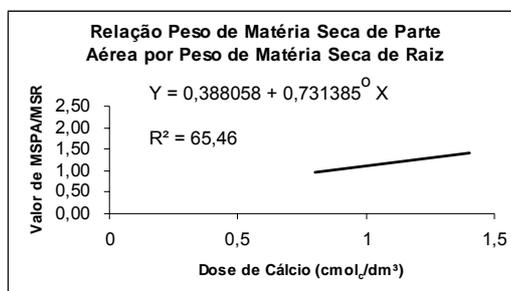


Figura 49 – Relação peso de matéria seca de parte aérea pelo peso de matéria seca de raiz (MSPA/MSR) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de cálcio em argissolo vermelho-amarelo, 120 dias após a semeadura.

3.2.4.4. Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD)

O IQD, de acordo com Gomes (2001), é uma fórmula balanceada que inclui as relações entre os parâmetros morfológicos e foi desenvolvido por Dickson et al. (1960) para mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola*, ressaltando ainda que, quanto maior for o valor encontrado para este índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas.

No caso deste índice de qualidade de mudas, apenas para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico foram encontrados modelos matemáticos que se ajustassem aos resultados observados em alguns tratamentos. Para os tratamentos K e Ca, apesar de significativas as respostas observadas, não foi encontrado um modelo matemático que se ajustasse às respostas do IQD das plantas de *Senna macranthera* submetidas à esses tratamentos.

Para o tratamento N (Figura 50) e S (Figura 51), observou-se resposta linear crescente dos valores de IQD das plantas de *Senna macranthera* ao aumento das doses aplicadas dos dois nutrientes nos seus respectivos tratamentos.

Já no tratamento onde aplicaram doses de magnésio, observou-se resposta linear oposta às duas anteriores, tendo ocorrido diminuição dos valores de IQD com o aumento da dose do nutriente aplicada ao substrato (Figura 52). Apesar disso, em ambos os casos não foi possível determinar uma dose crítica dos nutrientes para o IQD neste solo, sendo possível, entretanto, inferir a dose de magnésio que proporciona o maior

valor de IQD se encontra entre a dose “0” e a menor dose aplicada do nutriente, enquanto para o N e para o S, a dose é superior à maior dose aplicada destes nutrientes no presente estudo.

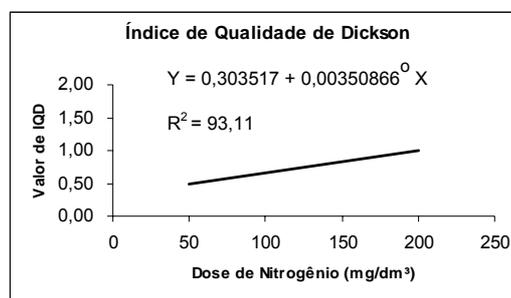


Figura 50 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de nitrogênio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

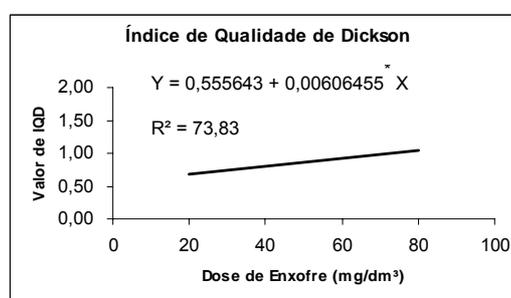


Figura 51 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de enxofre em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

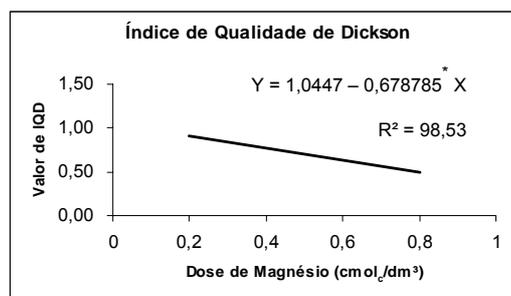


Figura 52 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de magnésio em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

No tratamento em que se aplicou doses de fósforo ao substrato, as respostas observadas foram explicadas por um modelo raiz quadrada, onde o máximo valor de IQD (0,84) ocorre quando da dose calculada de 345,9 mg/dm³, e com dose crítica determinada em 222,4 mg/dm³ (Figura 53).

Apesar de apenas para as plantas cultivadas no latossolo vermelho-amarelo distrófico terem sido encontrados modelos matemáticos que se ajustassem às respostas

observadas nos tratamentos aplicados, observou-se também nos outros dois tipos de solo testados efeito significativo da aplicação dos macronutrientes sobre os valores de IQD, não tendo, entretanto, sido possível determinar uma dose crítica dos mesmos nestes casos.

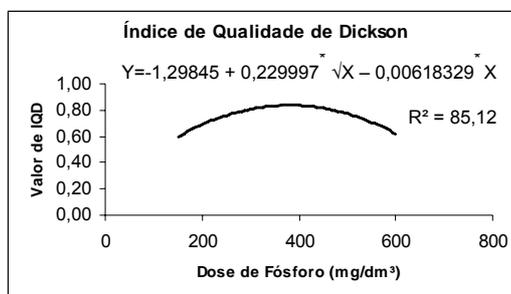


Figura 53 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de *Senna macranthera* (fedegoso) em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo em latossolo vermelho-amarelo distrófico, 120 dias após a semeadura.

Neste estudo verificou-se para *Senna macranthera* um valor médio mínimo de 0,16 e máximo de 2,48 para o IQD, com grande concentração dos dados próximo a 1,0. Estes valores observados foram de forma geral, maiores do que o mínimo estabelecido por Hunt (1990) para *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*, que foi de 0,20. Entretanto, estão bem abaixo dos encontrados para *Tabebuia impetiginosa*, cujos valores médios variaram entre 6,21 e 7,25 (CRUZ et al., 2004), e do verificado para *Samanea inopinata* adubadas a cada 14 e 28 dias, que foram de 36,49 e 16,81, respectivamente (CRUZ et al., 2006).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

As plantas de *Senna macranthera* mostraram-se responsivas à adição de nutrientes ao substrato para todas as variáveis analisadas, com exceção da variável H/D das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico e submetidas ao tratamento N, P, K, Ca e Mg.

Para a adubação nitrogenada, apesar de significativo, não foi possível determinar o valor de dose crítica do nutriente nos três tipos de solo utilizados. Para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico, observou-se, de maneira geral, que a melhor dose do nutriente é inferior à menor dose aplicada do mesmo neste trabalho.

Em resposta à adição de doses de P ao substrato, observou-se ser a espécie estudada bastante exigente no nutriente, comparativamente a outras espécies. Para as plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico, verificou-se que o menor valor de dose crítica foi de 222,4 mg/dm³ e o maior de 335,0 mg/dm³, enquanto para o latossolo vermelho-amarelo álico esses valores foram de 193,3 e 335,0 mg/dm³. Já para o argissolo vermelho-amarelo o único valor de dose crítica obtido foi de 234,4 mg/dm³ para o diâmetro do coleto.

Em resposta à adubação potássica, as plantas de *Senna macranthera* mostraram-se responsivas à adição do nutriente. Entretanto, apenas para a altura da parte aérea das plantas cultivadas em argissolo vermelho-amarelo e para a relação MSPA/MSR das plantas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo álico foi possível determinar valores

de doses críticas do nutriente. Para o primeiro, verificou-se um valor de 93,5 mg/dm³, enquanto para o segundo o valor de 58,4 mg/dm³.

Quanto ao cálcio e magnésio, verificou-se resposta significativa da adição destes nutrientes ao substrato, explicada principalmente pelo baixo nível encontrado dos mesmos nos tipos de solos utilizados, sendo possível determinar apenas para o cálcio um valor de dose crítica de 0,93 cmol_c/dm³ para altura e diâmetro das plantas cultivadas em argissolo.

Também para o enxofre, as plantas de *Senna macranthera* mostraram-se responsivas à adição do nutriente ao meio de crescimento, tendo sido possível a determinação de dose crítica apenas para as relações H/D e H/MSPA das plantas cultivadas em latossolo álico, com valores de 24,8 mg/dm³ e 22,6 mg/dm³ respectivamente.

O presente estudo mostrou-se bastante útil do ponto de vista exploratório, sendo um ponto de partida para futuros trabalhos visando à determinação de mais doses críticas destes nutrientes para a espécie estudada, bem como de Níveis Críticos dos nutrientes no solo.

Ficou evidente, nesta pesquisa, a necessidade de trabalhar com os nutrientes um a um, com maior diferenciação entre as doses aplicadas dos mesmos, bem como com a instalação de uma testemunha para cada nutriente estudado, de forma a permitir a obtenção de resultados melhores e mais precisos.

No caso da *Senna macranthera*, é interessante ainda, devido ao crescimento mais lento da espécie comparativamente a outras já estudadas, aumentar o tempo de cultivo.

5. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1974. 125 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ALVAREZ V., V. H.; FREIRE, F. M.; GUIMARÃES, P. T. G. Concentrações relativas ótimas de nitrogênio, fósforo e enxofre, na adubação do cafeeiro, num latossolo vermelho escuro de Machado, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: v. 22, n. 2, p. 145-152, 1987.
- ALVES, V. M. C.; SANTANNA, C. A. F.; SENA, J. S. P.; BRAGA, J. M. Influência do Mg no crescimento de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996b. Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p. 341-342, 693p.
- BACON, G. J.; HAMINS, P. J.; JERMYN, D. Morphological grading studies math 1-0 slash seedlings. **Aust. For.**, Queensland, n. 40, p. 293-303, 1977.
- BALIEIRO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: Resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 183-191, 2001.
- BELANGER, R. P.; MCALPINE, R. G. Survival and early growth of planted sweetgum related to root-collar diameter. **Tree Planter's Notes**, v. 21, p. 20-21, 1975.
- BRAGA, F. A.; VALE, F. R. do; VENTORIN, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n.1, p. 18-31, 1995.
- BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p. 127-128.
- BURNETT, A. N. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. **Canadian Journal of Forest Research.**, v. 9, p.63-67, 1979.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.
- CARNEIRO, J. G. A. **Determinação do padrão de qualidade de mudas de Pinus taeda L. para plantio definitivo**. Curitiba, PR: UFPR, 1976, 70p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam a sua qualidade. **Série Técnica FUPEF**, n. 12, p. 1-40, 1983.

CARNIEL, T.; LIMA, H. N.; VALE, F. R. do; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N. Resposta à adubação no campo de cinco espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993. Goiânia, GO. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 211-212. 418p.

CARPANEZZI, A. A.; BRITO, J. O.; FERNANDES, P.; JARK FILHO, W. Teor de macro e micronutrientes em folhas de diferentes idades de algumas essências florestais nativas. **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 23, p. 225-232, 1976.

CHAVES, L. F. C.; BORGES, R. C. G.; NEVES, J. C. L.; REGAZZI, A. J. Crescimento de mudas de jacarandá da bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem) em resposta à inoculação com fungos micorrízicos vesículo arbusculares em diferentes níveis de fósforo no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 32-49, 1995.

CHAVES, A. S.; PAIVA, H. N. Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 65, p. 22-29, 2004.

COSTA FILHO, R. T. **Crescimento de mudas de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.) em resposta à calagem, fósforo e potássio.** Viçosa, MG: UFV, 1987. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRESTANA, C. S. M.; BATISTA, E. A.; MARIANO, G.; COUTO, H. T. Z.; PINTO, M. M. Sombreamento e adubação nitrogenada no crescimento de mudas de guarantã – *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 115-123, 1995.

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

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

DIAS, L. E.; ALVAREZ V, V. H.; BRIENZA JR., S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n.1, p. 11-22, 1991a.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V, V. H.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F.; BRIENZA JR, S. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel) I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991b.

DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; BRIENZA JR, S. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

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

DNM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84p.

DRESCHER, P.; ZECH, W. Foliar nutrient levels of broad leaved tropical trees: a tabular review. **Plant and Soil**, v. 131, p. 29-46, 1991.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R. do, DAVIDE, A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 31-47, 1996a.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R. do; DAVIDE, A. C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 1-12, 1996b.

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéticas), Viçosa, MG: UFV, 1997. 59p.

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

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; PAIVA, H. N.; MIRANDA, J. R. P. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber.). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 37, p. 123-131, 2002.

FERNÁNDEZ, J. Q. P.; RUIVO, M. L. P.; DIAS, L. E.; COSTA, J. P. V.; DIAZ, R. R. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 4, p. 425-431, 1996.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOMES, J. M.; BRANDI, R. M.; COUTO, L.; LELLES, J. G. Influência do tratamento prévio do solo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 9, n. 35, p. 18-23, 1978.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FREITAS, S. C. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*) de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de angico vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 26-34, 1990.

GONÇALVES, J. L. M.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea de eucalipto na presença e ausência da calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 91-104, 1986.

HERMANN, R. K. Importance of top-root ratios for survival of Douglas-fir seedling. **Tree Planter's Notes**, v. 64, p. 711, 1964.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200. 1990. Roseburg: **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

LIMSTROM, G. A. **Forest planting practice in the Central States**. Washington: Agriculture Handbook, 1963. p.2471.

LOCATELLI, M. **Efeito de formas, fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden)**. Viçosa, MG: UFV, 1984. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992. 352p.

MALINOVSKI, J. R. Método de poda radicular em *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. e seus efeitos sobre a qualidade de mudas em raiz nua. **Revista Floresta**, v. 8, n.1, p. 85-88, 1977.

MARISCAL-FLORES, E. J. **Potencial produtivo e alternativas de manejo sustentável de um fragmento de Mata Atlântica secundária, Município de Viçosa, Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 165f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MENDONÇA, A. V. R., NOGUEIRA, F. D.; VENTURIN, N. SOUZA, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Aroeira do Sertão). **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; ANJOS, J. L. Efeito do alumínio em amostras de dois latossolos sob cerrado sobre o crescimento e absorção de nutrientes de mudas de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 6, n. 1, p. 17-28, 1982.

NEVES, J. C. L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp – Tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo**. Viçosa, MG: UFV, 1983. 83f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NICOLOSO, F. T.; FOGAÇA, M. A. F.; ZANCHETTI, F.; MISSIO, E. Nutrição mineral de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) em Argissolo Vermelho Distrófico Arênico: (1) Efeito da adubação NPK no crescimento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1-8, 2001.

OLIVEIRA, J. M. F.; SILVA, A. J.; SCHWENGBER, D. R.; DUARTE, O. R. Respostas de mudas de Angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1-5, 1998.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2000. 69p. (Cadernos didáticos, 72).

PARON, M. E.; SIQUIERA, J. O.; CURI, N.; VALE, F. R. do. Crescimento da copaíba e guatambu em resposta a fungo micorrízico, superfosfato, nitrogênio e fumigação do solo. **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 15-30, 1996.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LELES, P. S. S.; NEVES, J. C. L.; GARCIA, N. C. P. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n.4, p. 463-471, 1997.

REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; REGAZZI, A. J.; LELES, P. S. S. Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá da bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, v. 15, n. 1, p. 23-34, 1991.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ROSSI, A. R.; VALE, F. R. do. Nutrição de espécies florestais nativas em função da acidez do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p. 242-243, 693p.

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, 1999.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p.

SANTANNA, C. A. F.; ALVES, V. M. C.; BRAGA, J. M.; SENA, J. S. P.; MELO, A. Influência do cálcio sobre a produção de matéria seca de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p. 339-340. 693p.

THOMPSON, E. Seedling morphological evaluation – What you can tell by looking. In: EVALUATION SEEDLING QUALITY: PRINCIPLES PROCEDURES AND PREDICTIVE ABILITIES OF MAJOR TESTS, 1984, Corvallis. **Proceedings...** Corvallis: Forest Research Laboratory, 1985. p. 59-71.

TURRENT, F. A. **Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción**, Chapingo-México: Rama de Suelos, Colégio de Postgraduados, 1979. 65p. (Boletim técnico, 6).

VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F. R. do; DAVIDE, A. C. Adubação mineral do Angico-Amarelo (*Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999.

WAKELEY, P. C. **Planting the southern pines**. Washington: Agricultura Monograph, D. C., 1954. p. 181-233.

CONCLUSÃO GERAL

Verificou-se, no presente estudo, que a adição de nutrientes teve efeito significativo sobre o crescimento das plantas tanto de *Peltophorum dubium* quanto de *Senna macranthera* quando cultivadas nos três tipos de solo utilizados.

As plantas de *Senna macranthera* apresentaram crescimento mais lento comparativamente com as plantas de *Peltophorum dubium*. Verificou-se, ainda, variação entre as duas espécies nas doses críticas dos nutrientes obtidas, assim como nas doses para as quais ocorreram pontos de máximo das diferentes variáveis estudadas.

Dessa forma mais estudos se fazem necessários, adotando-se uma testemunha (dose zero) para cada nutriente e para cada uma das espécies, bem como maior diferenciação entre as doses aplicadas, para que maior precisão seja obtida na determinação das doses críticas dos nutrientes para as plantas de *Peltophorum dubium* e de *Senna macranthera*.

Ficou claro, da mesma forma, a necessidade de aumentar o tempo de cultivo das plantas de *Senna macranthera* devido ao crescimento mais lento verificado quando comparado com a *Peltophorum dubium*, bem como o desenvolvimento de maiores estudos sobre as demandas nutricionais das duas espécies, para avaliação de diferenças entre a eficiência de absorção e, ou, de utilização que possam existir.

APÉNDICE

APÊNDICE A

Quadro 1A – Base de dados obtida pelas plantas de canafístula (*Pelthophorum dubium*) em resposta à aplicação de doses dos macronutrientes (Solo 1 – Latossolo vermelho-amarelo distrófico; Solo 2 – Latossolo vermelho-amarelo álico; Solo 3 – Argissolo vermelho-amarelo).

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|---------|------|
| 1 | 1 | 1 | 12,40 | 3,39 | 15,40 | 4,69 | 20,70 | 6,38 | 1,56 | 2,29 | 3,85 | 2,52 | 6,37 | 3,24 | 5,38 | 1,53 | 1,33 |
| 1 | 2 | 1 | 17,20 | 3,89 | 25,20 | 5,24 | 34,10 | 6,83 | 2,96 | 4,50 | 7,46 | 3,09 | 10,55 | 4,99 | 4,57 | 2,41 | 1,42 |
| 1 | 3 | 1 | 14,00 | 3,88 | 19,60 | 5,26 | 25,40 | 6,73 | 1,99 | 2,93 | 4,92 | 3,21 | 8,13 | 3,77 | 5,16 | 1,53 | 1,53 |
| 1 | 1 | 2 | 9,50 | 2,80 | 13,40 | 3,90 | 19,50 | 4,92 | 1,05 | 1,81 | 2,86 | 1,64 | 4,50 | 3,96 | 6,82 | 1,74 | 0,79 |
| 1 | 2 | 2 | 16,10 | 3,96 | 15,70 | 5,39 | 21,20 | 7,16 | 2,03 | 2,97 | 5,00 | 2,99 | 7,99 | 2,96 | 4,24 | 1,67 | 1,72 |
| 1 | 3 | 2 | 15,50 | 3,77 | 21,10 | 5,11 | 27,10 | 6,65 | 1,89 | 2,21 | 4,10 | 2,26 | 6,36 | 4,08 | 6,61 | 1,81 | 1,08 |
| 1 | 1 | 3 | 7,90 | 2,78 | 9,50 | 3,39 | 13,40 | 4,37 | 0,54 | 1,55 | 2,09 | 1,49 | 3,58 | 3,07 | 6,41 | 1,40 | 0,80 |
| 1 | 2 | 3 | 17,50 | 4,22 | 21,30 | 5,94 | 26,10 | 7,12 | 2,94 | 3,04 | 5,98 | 3,45 | 9,43 | 3,67 | 4,36 | 1,73 | 1,75 |
| 1 | 3 | 3 | 15,50 | 3,87 | 20,50 | 4,84 | 25,50 | 6,05 | 1,77 | 2,19 | 3,96 | 2,14 | 6,10 | 4,21 | 6,44 | 1,85 | 1,01 |
| 1 | 1 | 4 | 19,10 | 4,14 | 26,50 | 5,95 | 33,10 | 6,92 | 3,09 | 3,90 | 6,99 | 3,45 | 10,44 | 4,78 | 4,74 | 2,03 | 1,53 |
| 1 | 2 | 4 | 14,70 | 4,22 | 19,00 | 5,70 | 25,90 | 7,47 | 2,58 | 3,01 | 5,59 | 3,52 | 9,11 | 3,47 | 4,63 | 1,59 | 1,80 |
| 1 | 3 | 4 | 13,90 | 3,96 | 20,00 | 5,35 | 27,00 | 6,66 | 1,98 | 2,65 | 4,63 | 3,02 | 7,65 | 4,05 | 5,83 | 1,53 | 1,37 |
| 2 | 1 | 1 | 5,90 | 2,15 | 6,80 | 2,59 | 7,10 | 2,63 | 0,17 | 0,23 | 0,40 | 0,49 | 0,89 | 2,70 | 17,75 | 0,82 | 0,25 |
| 2 | 2 | 1 | 8,50 | 2,15 | 8,90 | 2,42 | 9,10 | 2,76 | 0,20 | 0,11 | 0,31 | 0,39 | 0,70 | 3,30 | 29,35 | 0,79 | 0,17 |
| 2 | 3 | 1 | 6,50 | 2,19 | 6,60 | 2,49 | 7,40 | 2,49 | 0,15 | 0,20 | 0,35 | 0,59 | 0,94 | 2,97 | 21,14 | 0,59 | 0,26 |
| 2 | 1 | 2 | 7,00 | 2,33 | 7,10 | 2,68 | 7,50 | 2,70 | 0,21 | 0,27 | 0,48 | 0,50 | 0,98 | 2,78 | 15,63 | 0,96 | 0,26 |
| 2 | 2 | 2 | 7,00 | 1,91 | 8,30 | 2,69 | 8,40 | 2,97 | 0,19 | 0,19 | 0,38 | 0,33 | 0,71 | 2,83 | 22,11 | 1,15 | 0,18 |
| 2 | 3 | 2 | 7,00 | 1,84 | 9,10 | 2,12 | 10,10 | 2,23 | 0,11 | 0,07 | 0,18 | 0,31 | 0,49 | 4,53 | 56,11 | 0,58 | 0,10 |
| 2 | 1 | 3 | 8,00 | 2,10 | 9,00 | 2,72 | 10,10 | 2,54 | 0,23 | 0,23 | 0,46 | 0,54 | 1,00 | 3,98 | 21,96 | 0,85 | 0,21 |
| 2 | 2 | 3 | 9,50 | 2,27 | 9,90 | 2,32 | 10,50 | 2,39 | 0,17 | 0,11 | 0,28 | 0,38 | 0,66 | 4,39 | 37,50 | 0,74 | 0,13 |
| 2 | 3 | 3 | 7,00 | 2,04 | 8,00 | 2,67 | 8,10 | 2,96 | 0,18 | 0,17 | 0,35 | 0,50 | 0,85 | 2,74 | 23,14 | 0,70 | 0,25 |
| 2 | 1 | 4 | 4,80 | 1,91 | 4,90 | 2,62 | 5,40 | 2,53 | 0,15 | 0,16 | 0,31 | 0,39 | 0,70 | 2,13 | 17,42 | 0,79 | 0,24 |
| 2 | 2 | 4 | 8,50 | 2,27 | 10,00 | 2,29 | 11,50 | 2,83 | 0,19 | 0,22 | 0,41 | 0,44 | 0,85 | 4,06 | 28,05 | 0,93 | 0,17 |
| 2 | 3 | 4 | 6,50 | 2,44 | 9,00 | 2,84 | 8,30 | 3,14 | 0,21 | 0,21 | 0,42 | 0,47 | 0,89 | 2,64 | 19,76 | 0,89 | 0,25 |
| 3 | 1 | 1 | 7,50 | 2,67 | 12,20 | 4,56 | 16,70 | 5,65 | 0,19 | 2,11 | 2,30 | 1,75 | 4,05 | 2,96 | 7,26 | 1,31 | 0,95 |
| 3 | 2 | 1 | 17,10 | 3,62 | 21,20 | 4,79 | 26,10 | 5,95 | 2,04 | 2,69 | 4,73 | 2,64 | 7,37 | 4,39 | 5,52 | 1,79 | 1,19 |

Continua ...

Quadro 1A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|--------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|---------|------|
| 3 | 3 | 1 | 12,90 | 3,21 | 18,10 | 4,45 | 22,20 | 5,73 | 1,58 | 1,85 | 3,43 | 2,05 | 5,48 | 3,87 | 6,47 | 1,67 | 0,99 |
| 3 | 1 | 2 | 10,70 | 3,14 | 17,20 | 4,29 | 22,00 | 5,26 | 0,59 | 2,64 | 3,23 | 2,78 | 6,01 | 4,18 | 6,81 | 1,16 | 1,12 |
| 3 | 2 | 2 | 17,50 | 4,31 | 22,90 | 6,18 | 29,30 | 7,97 | 3,12 | 4,12 | 7,24 | 4,23 | 11,47 | 3,68 | 4,05 | 1,71 | 2,13 |
| 3 | 3 | 2 | 11,70 | 3,43 | 13,50 | 4,27 | 17,10 | 4,90 | 0,97 | 1,51 | 2,48 | 1,72 | 4,20 | 3,49 | 6,90 | 1,44 | 0,85 |
| 3 | 1 | 3 | 8,30 | 2,75 | 10,80 | 3,45 | 12,50 | 3,98 | 0,46 | 1,03 | 1,49 | 1,13 | 2,62 | 3,14 | 8,39 | 1,32 | 0,59 |
| 3 | 2 | 3 | 18,40 | 4,54 | 22,40 | 6,00 | 29,00 | 7,78 | 3,32 | 3,72 | 7,04 | 3,72 | 10,76 | 3,73 | 4,12 | 1,89 | 1,91 |
| 3 | 3 | 3 | 10,50 | 2,75 | 13,40 | 3,74 | 18,00 | 4,71 | 0,81 | 1,33 | 2,14 | 1,38 | 3,52 | 3,82 | 8,41 | 1,55 | 0,66 |
| 3 | 1 | 4 | 9,40 | 2,74 | 13,50 | 3,83 | 19,40 | 4,45 | 0,78 | 2,05 | 2,83 | 1,71 | 4,54 | 4,36 | 6,86 | 1,65 | 0,75 |
| 3 | 2 | 4 | 20,00 | 5,05 | 25,20 | 6,59 | 33,00 | 8,67 | 3,85 | 5,44 | 9,29 | 4,15 | 13,44 | 3,81 | 3,55 | 2,24 | 2,22 |
| 3 | 3 | 4 | 12,50 | 4,05 | 15,70 | 5,34 | 18,30 | 6,24 | 1,76 | 1,61 | 3,37 | 2,46 | 5,83 | 2,93 | 5,43 | 1,37 | 1,35 |
| 4 | 1 | 1 | 14,60 | 3,31 | 24,40 | 5,27 | 34,20 | 6,94 | 2,88 | 5,60 | 8,48 | 3,39 | 11,87 | 4,93 | 4,03 | 2,50 | 1,60 |
| 4 | 2 | 1 | 13,00 | 3,75 | 17,40 | 5,10 | 22,30 | 6,09 | 1,99 | 3,34 | 5,33 | 3,19 | 8,52 | 3,66 | 4,18 | 1,67 | 1,60 |
| 4 | 3 | 1 | 15,40 | 3,59 | 20,00 | 5,03 | 29,20 | 6,95 | 2,26 | 3,70 | 5,96 | 2,89 | 8,85 | 4,20 | 4,90 | 2,06 | 1,41 |
| 4 | 1 | 2 | 10,30 | 3,59 | 18,00 | 5,22 | 25,40 | 6,13 | 1,69 | 3,50 | 5,19 | 3,21 | 8,40 | 4,14 | 4,89 | 1,62 | 1,46 |
| 4 | 2 | 2 | 18,00 | 3,54 | 17,20 | 5,02 | 26,40 | 6,36 | 2,07 | 3,43 | 5,50 | 2,97 | 8,47 | 4,15 | 4,80 | 1,85 | 1,41 |
| 4 | 3 | 2 | 12,50 | 2,83 | 15,30 | 3,63 | 18,90 | 4,54 | 0,90 | 1,30 | 2,20 | 1,49 | 3,69 | 4,16 | 8,59 | 1,48 | 0,65 |
| 4 | 1 | 3 | 9,50 | 2,81 | 12,10 | 3,64 | 14,60 | 4,53 | 0,77 | 1,61 | 2,38 | 1,66 | 4,04 | 3,22 | 6,13 | 1,43 | 0,87 |
| 4 | 2 | 3 | 18,00 | 3,74 | 24,00 | 5,55 | 32,40 | 6,95 | 2,99 | 4,01 | 7,00 | 3,65 | 10,65 | 4,66 | 4,63 | 1,92 | 1,62 |
| 4 | 3 | 3 | 12,90 | 3,42 | 20,20 | 4,55 | 29,70 | 5,90 | 1,84 | 3,44 | 5,28 | 2,63 | 7,91 | 5,03 | 5,63 | 2,01 | 1,12 |
| 4 | 1 | 4 | 11,10 | 2,67 | 17,40 | 3,81 | 25,60 | 4,60 | 1,07 | 2,38 | 3,45 | 1,57 | 5,02 | 5,57 | 7,42 | 2,20 | 0,65 |
| 4 | 2 | 4 | 17,00 | 4,24 | 197,00 | 5,70 | 23,30 | 7,16 | 3,01 | 3,05 | 6,06 | 3,71 | 9,77 | 3,25 | 3,84 | 1,63 | 2,00 |
| 4 | 3 | 4 | 14,50 | 3,00 | 18,90 | 4,08 | 25,40 | 5,22 | 1,34 | 1,85 | 3,19 | 2,00 | 5,19 | 4,87 | 7,96 | 1,60 | 0,80 |
| 5 | 1 | 1 | 10,00 | 2,92 | 14,00 | 4,86 | 19,20 | 6,03 | 1,36 | 2,08 | 3,44 | 2,02 | 5,46 | 3,18 | 5,58 | 1,70 | 1,12 |
| 5 | 2 | 1 | 16,20 | 3,66 | 21,90 | 4,98 | 27,00 | 6,22 | 2,40 | 2,94 | 5,34 | 2,52 | 7,86 | 4,34 | 5,06 | 2,12 | 1,22 |
| 5 | 3 | 1 | 14,50 | 3,64 | 20,70 | 4,77 | 25,50 | 5,72 | 1,74 | 2,80 | 4,54 | 2,55 | 7,09 | 4,46 | 5,62 | 1,78 | 1,14 |
| 5 | 1 | 2 | 11,50 | 3,50 | 18,00 | 4,89 | 26,30 | 6,11 | 1,79 | 4,11 | 5,90 | 3,39 | 9,29 | 4,30 | 4,46 | 1,74 | 1,54 |
| 5 | 2 | 2 | 16,90 | 3,76 | 21,50 | 4,61 | 31,00 | 6,21 | 2,14 | 2,56 | 4,70 | 2,56 | 7,26 | 4,99 | 6,60 | 1,84 | 1,06 |
| 5 | 3 | 2 | 12,40 | 4,02 | 14,30 | 4,72 | 19,10 | 5,57 | 1,31 | 2,12 | 3,43 | 2,29 | 5,72 | 3,43 | 5,57 | 1,50 | 1,16 |
| 5 | 1 | 3 | 12,00 | 2,98 | 15,40 | 4,07 | 20,40 | 5,45 | 1,10 | 1,80 | 2,90 | 1,59 | 4,49 | 3,74 | 7,03 | 1,82 | 0,81 |
| 5 | 2 | 3 | 13,50 | 3,26 | 17,50 | 4,64 | 21,70 | 5,65 | 1,58 | 2,50 | 4,08 | 2,77 | 6,85 | 3,84 | 5,32 | 1,47 | 1,29 |
| 5 | 3 | 3 | 18,30 | 4,26 | 23,50 | 5,48 | 30,50 | 6,84 | 3,12 | 4,10 | 7,22 | 3,40 | 10,62 | 4,46 | 4,22 | 2,12 | 1,61 |

Continua ...

Quadro 1A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|---------|------|
| 5 | 1 | 4 | 10,70 | 2,98 | 13,50 | 4,41 | 18,50 | 5,77 | 1,25 | 2,45 | 3,70 | 2,64 | 6,34 | 3,21 | 5,00 | 1,40 | 1,38 |
| 5 | 2 | 4 | 14,50 | 3,43 | 19,70 | 4,77 | 25,50 | 6,21 | 1,81 | 3,38 | 5,19 | 2,76 | 7,95 | 4,11 | 4,91 | 1,88 | 1,33 |
| 5 | 3 | 4 | 13,00 | 3,11 | 16,30 | 4,08 | 20,20 | 4,65 | 1,00 | 2,12 | 3,12 | 1,72 | 4,84 | 4,34 | 6,47 | 1,81 | 0,79 |
| 6 | 1 | 1 | 9,30 | 2,66 | 11,90 | 3,69 | 14,50 | 4,13 | 0,47 | 0,67 | 1,14 | 0,78 | 1,92 | 3,51 | 12,72 | 1,46 | 0,39 |
| 6 | 2 | 1 | 12,50 | 3,84 | 16,50 | 5,13 | 22,00 | 6,58 | 2,35 | 2,87 | 5,22 | 3,22 | 8,44 | 3,34 | 4,21 | 1,62 | 1,70 |
| 6 | 3 | 1 | 9,00 | 2,97 | 11,30 | 4,39 | 14,90 | 5,77 | 1,20 | 1,81 | 3,01 | 1,97 | 4,98 | 2,58 | 4,95 | 1,53 | 1,21 |
| 6 | 1 | 2 | 7,50 | 2,72 | 12,10 | 4,42 | 15,20 | 5,29 | 0,87 | 1,69 | 2,56 | 1,95 | 4,51 | 2,87 | 5,94 | 1,31 | 1,08 |
| 6 | 2 | 2 | 15,30 | 3,09 | 21,70 | 4,40 | 29,40 | 5,38 | 1,43 | 1,82 | 3,25 | 1,57 | 4,82 | 5,46 | 9,05 | 2,07 | 0,64 |
| 6 | 3 | 2 | 10,90 | 3,16 | 13,00 | 3,98 | 15,40 | 4,63 | 0,86 | 1,10 | 1,96 | 1,48 | 3,44 | 3,33 | 7,86 | 1,32 | 0,74 |
| 6 | 1 | 3 | 10,50 | 3,35 | 16,90 | 5,14 | 23,00 | 7,29 | 1,46 | 2,24 | 3,70 | 2,19 | 5,89 | 3,16 | 6,22 | 1,69 | 1,22 |
| 6 | 2 | 3 | 11,00 | 2,96 | 12,70 | 4,11 | 16,00 | 4,95 | 1,21 | 1,39 | 2,60 | 2,01 | 4,61 | 3,23 | 6,15 | 1,29 | 1,02 |
| 6 | 3 | 3 | 10,50 | 2,99 | 12,50 | 4,36 | 15,40 | 5,33 | 1,11 | 1,03 | 2,14 | 2,00 | 4,14 | 2,89 | 7,20 | 1,07 | 1,05 |
| 6 | 1 | 4 | 8,50 | 2,89 | 11,00 | 3,97 | 12,80 | 4,68 | 0,83 | 0,92 | 1,75 | 1,18 | 2,93 | 2,74 | 7,31 | 1,48 | 0,69 |
| 6 | 2 | 4 | 9,50 | 2,75 | 11,90 | 4,28 | 14,00 | 5,19 | 1,07 | 1,16 | 2,23 | 1,74 | 3,97 | 2,70 | 6,28 | 1,28 | 1,00 |
| 6 | 3 | 4 | 13,10 | 2,74 | 18,00 | 3,81 | 23,80 | 5,15 | 1,50 | 2,05 | 3,55 | 1,95 | 5,50 | 4,62 | 6,70 | 1,82 | 0,85 |
| 7 | 1 | 1 | 11,90 | 3,47 | 17,40 | 4,75 | 24,00 | 5,69 | 1,42 | 2,55 | 3,97 | 1,99 | 5,96 | 4,22 | 6,05 | 1,99 | 0,96 |
| 7 | 2 | 1 | 10,40 | 3,16 | 14,70 | 4,76 | 20,40 | 6,36 | 1,59 | 3,04 | 4,63 | 2,83 | 7,46 | 3,21 | 4,41 | 1,64 | 1,54 |
| 7 | 3 | 1 | 11,50 | 3,02 | 14,00 | 4,03 | 18,20 | 5,27 | 1,06 | 1,82 | 2,88 | 1,89 | 4,77 | 3,45 | 6,32 | 1,52 | 0,96 |
| 7 | 1 | 2 | 10,30 | 2,95 | 12,20 | 4,24 | 18,00 | 5,88 | 1,00 | 2,13 | 3,13 | 1,86 | 4,99 | 3,06 | 5,75 | 1,68 | 1,05 |
| 7 | 2 | 2 | 15,50 | 4,21 | 18,90 | 5,37 | 22,50 | 6,45 | 2,12 | 2,80 | 4,92 | 2,82 | 7,74 | 3,49 | 4,57 | 1,74 | 1,48 |
| 7 | 3 | 2 | 15,50 | 4,11 | 18,00 | 5,70 | 24,40 | 7,56 | 2,68 | 3,60 | 6,28 | 4,09 | 10,37 | 3,23 | 3,89 | 1,54 | 2,18 |
| 7 | 1 | 3 | 11,30 | 3,43 | 15,50 | 5,32 | 21,10 | 6,81 | 1,91 | 3,28 | 5,19 | 2,86 | 8,05 | 3,10 | 4,07 | 1,81 | 1,64 |
| 7 | 2 | 3 | 12,70 | 3,74 | 15,60 | 5,40 | 21,70 | 7,15 | 2,65 | 3,08 | 5,73 | 3,57 | 9,30 | 3,03 | 3,79 | 1,61 | 2,00 |
| 7 | 3 | 3 | 9,50 | 3,30 | 12,40 | 4,47 | 15,50 | 6,26 | 1,27 | 1,90 | 3,17 | 2,48 | 5,65 | 2,48 | 4,89 | 1,28 | 1,50 |
| 7 | 1 | 4 | 9,50 | 2,68 | 17,00 | 4,18 | 25,50 | 6,19 | 1,44 | 3,46 | 4,90 | 2,76 | 7,66 | 4,12 | 5,20 | 1,78 | 1,30 |
| 7 | 2 | 4 | 13,00 | 3,35 | 14,90 | 4,55 | 17,30 | 5,30 | 1,53 | 1,83 | 3,36 | 2,29 | 5,65 | 3,26 | 5,15 | 1,47 | 1,19 |
| 7 | 3 | 4 | 13,30 | 3,14 | 18,50 | 4,43 | 25,20 | 6,14 | 1,61 | 2,47 | 4,08 | 2,39 | 6,47 | 4,10 | 6,18 | 1,71 | 1,11 |
| 8 | 1 | 1 | 15,30 | 3,51 | 21,20 | 4,69 | 28,90 | 5,78 | 1,87 | 3,88 | 5,75 | 2,89 | 8,64 | 5,00 | 5,03 | 1,99 | 1,24 |
| 8 | 2 | 1 | 13,50 | 4,06 | 16,60 | 5,57 | 20,50 | 7,20 | 2,62 | 3,26 | 5,88 | 3,45 | 9,33 | 2,85 | 3,49 | 1,70 | 2,05 |
| 8 | 3 | 1 | 9,00 | 2,83 | 11,50 | 3,70 | 16,70 | 5,24 | 1,08 | 1,78 | 2,86 | 1,82 | 4,68 | 3,19 | 5,84 | 1,57 | 0,98 |
| 8 | 1 | 2 | 9,50 | 2,52 | 13,10 | 3,88 | 20,40 | 4,98 | 0,66 | 2,16 | 2,82 | 1,07 | 3,89 | 4,10 | 7,23 | 2,64 | 0,58 |

Continua ...

Quadro 1A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|---------|------|
| 8 | 2 | 2 | 14,00 | 3,55 | 18,60 | 5,10 | 26,10 | 7,25 | 2,41 | 4,26 | 6,67 | 3,47 | 10,14 | 3,60 | 3,91 | 1,92 | 1,84 |
| 8 | 3 | 2 | 18,50 | 3,60 | 17,20 | 4,88 | 24,60 | 6,38 | 2,07 | 2,39 | 4,46 | 3,07 | 7,53 | 3,86 | 5,52 | 1,45 | 1,42 |
| 8 | 1 | 3 | 14,40 | 3,95 | 15,00 | 5,89 | 30,50 | 7,92 | 3,15 | 5,80 | 8,95 | 4,07 | 13,02 | 3,85 | 3,41 | 2,20 | 2,15 |
| 8 | 2 | 3 | 13,80 | 4,22 | 16,00 | 5,63 | 19,50 | 6,84 | 2,27 | 2,68 | 4,95 | 3,56 | 8,51 | 2,85 | 3,94 | 1,39 | 2,01 |
| 8 | 3 | 3 | 14,20 | 3,72 | 17,20 | 4,78 | 21,60 | 5,95 | 1,66 | 2,60 | 4,26 | 2,58 | 6,84 | 3,63 | 5,07 | 1,65 | 1,30 |
| 8 | 1 | 4 | 14,50 | 4,23 | 24,60 | 6,44 | 35,40 | 8,53 | 3,22 | 6,34 | 9,56 | 4,54 | 14,10 | 4,15 | 3,70 | 2,11 | 2,25 |
| 8 | 2 | 4 | 12,50 | 3,96 | 17,50 | 5,63 | 22,40 | 7,60 | 2,54 | 3,89 | 6,43 | 3,85 | 10,28 | 2,95 | 3,48 | 1,67 | 2,23 |
| 8 | 3 | 4 | 15,50 | 3,54 | 16,40 | 5,12 | 26,50 | 7,02 | 2,35 | 3,98 | 6,33 | 3,58 | 9,91 | 3,77 | 4,19 | 1,77 | 1,79 |
| 9 | 1 | 1 | 13,50 | 3,20 | 18,50 | 5,36 | 27,70 | 8,02 | 2,52 | 4,54 | 7,06 | 3,65 | 10,71 | 3,45 | 3,92 | 1,93 | 1,99 |
| 9 | 2 | 1 | 14,20 | 3,86 | 19,70 | 5,48 | 29,30 | 7,14 | 2,37 | 4,35 | 6,72 | 3,05 | 9,77 | 4,10 | 4,36 | 2,20 | 1,55 |
| 9 | 3 | 1 | 14,70 | 3,27 | 19,00 | 4,33 | 23,70 | 5,13 | 1,32 | 2,02 | 3,34 | 1,67 | 5,01 | 4,62 | 7,10 | 2,00 | 0,76 |
| 9 | 1 | 2 | 11,40 | 3,05 | 15,00 | 4,58 | 23,70 | 7,05 | 1,69 | 3,80 | 5,49 | 3,59 | 9,08 | 3,36 | 4,32 | 1,53 | 1,86 |
| 9 | 2 | 2 | 15,20 | 3,95 | 19,20 | 5,49 | 26,10 | 7,39 | 2,88 | 4,07 | 6,95 | 3,53 | 10,48 | 3,53 | 3,76 | 1,97 | 1,91 |
| 9 | 3 | 2 | 11,50 | 3,35 | 15,20 | 4,79 | 19,10 | 6,39 | 1,69 | 2,02 | 3,71 | 2,24 | 5,95 | 2,99 | 5,15 | 1,66 | 1,28 |
| 9 | 1 | 3 | 10,90 | 3,41 | 18,90 | 5,16 | 26,60 | 6,59 | 2,03 | 4,02 | 6,05 | 2,58 | 8,63 | 4,04 | 4,40 | 2,34 | 1,35 |
| 9 | 2 | 3 | 15,20 | 3,98 | 18,60 | 4,98 | 24,50 | 6,53 | 2,22 | 2,93 | 5,15 | 2,71 | 7,86 | 3,75 | 4,76 | 1,90 | 1,39 |
| 9 | 3 | 3 | 10,90 | 2,85 | 12,30 | 3,85 | 16,40 | 4,96 | 0,86 | 1,39 | 2,25 | 1,53 | 3,78 | 3,31 | 7,29 | 1,47 | 0,79 |
| 9 | 1 | 4 | 10,30 | 3,39 | 13,50 | 5,07 | 18,70 | 6,54 | 1,64 | 3,10 | 4,74 | 2,80 | 7,54 | 2,86 | 3,95 | 1,69 | 1,66 |
| 9 | 2 | 4 | 13,80 | 3,52 | 20,00 | 4,82 | 29,30 | 6,36 | 2,05 | 3,56 | 5,61 | 2,65 | 8,26 | 4,61 | 5,22 | 2,12 | 1,23 |
| 9 | 3 | 4 | 7,50 | 1,63 | 10,20 | 1,91 | 14,50 | 2,49 | 0,31 | 1,02 | 1,33 | 0,43 | 1,76 | 5,82 | 10,90 | 3,09 | 0,20 |
| 10 | 1 | 1 | 13,00 | 3,41 | 16,30 | 5,35 | 21,60 | 6,82 | 1,87 | 2,74 | 4,61 | 2,64 | 7,25 | 3,17 | 4,69 | 1,75 | 1,48 |
| 10 | 2 | 1 | 14,50 | 4,67 | 20,20 | 6,18 | 22,40 | 8,09 | 2,96 | 3,90 | 6,86 | 3,41 | 10,27 | 2,77 | 3,27 | 2,01 | 2,15 |
| 10 | 3 | 1 | 15,00 | 4,21 | 19,80 | 5,24 | 24,60 | 6,05 | 2,03 | 2,45 | 4,48 | 2,53 | 7,01 | 4,07 | 5,49 | 1,77 | 1,20 |
| 10 | 1 | 2 | 13,80 | 3,71 | 23,50 | 5,27 | 32,50 | 6,41 | 2,35 | 4,42 | 6,77 | 3,28 | 10,05 | 5,07 | 4,80 | 2,06 | 1,41 |
| 10 | 2 | 2 | 18,30 | 4,42 | 20,80 | 6,38 | 24,10 | 8,12 | 3,69 | 3,93 | 7,62 | 4,42 | 12,04 | 2,97 | 3,16 | 1,72 | 2,57 |
| 10 | 3 | 2 | 15,10 | 4,22 | 19,50 | 5,70 | 25,30 | 6,93 | 2,43 | 3,03 | 5,46 | 2,86 | 8,32 | 3,65 | 4,63 | 1,91 | 1,50 |
| 10 | 1 | 3 | 15,40 | 4,28 | 23,20 | 6,45 | 31,00 | 8,99 | 3,43 | 4,14 | 7,57 | 3,58 | 11,15 | 3,45 | 4,10 | 2,11 | 2,00 |
| 10 | 2 | 3 | 15,40 | 3,83 | 18,20 | 5,32 | 21,60 | 6,53 | 2,09 | 2,13 | 4,22 | 2,59 | 6,81 | 3,31 | 5,12 | 1,63 | 1,38 |
| 10 | 3 | 3 | 15,00 | 4,43 | 21,40 | 6,33 | 30,80 | 8,59 | 3,29 | 4,36 | 7,65 | 3,64 | 11,29 | 3,59 | 4,03 | 2,10 | 1,99 |
| 10 | 1 | 4 | 11,90 | 3,17 | 20,20 | 5,16 | 29,80 | 7,05 | 2,56 | 4,26 | 6,82 | 3,91 | 10,73 | 4,23 | 4,37 | 1,74 | 1,80 |
| 10 | 2 | 4 | 14,60 | 3,54 | 18,50 | 5,31 | 24,20 | 7,22 | 2,25 | 3,22 | 5,47 | 3,70 | 9,17 | 3,35 | 4,42 | 1,48 | 1,90 |

Continua ...

Quadro 1A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|---------|------|
| 10 | 3 | 4 | 14,00 | 3,60 | 19,40 | 4,72 | 26,90 | 6,00 | 2,05 | 3,46 | 5,51 | 3,22 | 8,73 | 4,48 | 4,88 | 1,71 | 1,41 |
| 11 | 1 | 1 | 14,60 | 3,80 | 19,70 | 5,48 | 27,20 | 7,05 | 2,47 | 3,41 | 5,88 | 3,42 | 9,30 | 3,86 | 4,63 | 1,72 | 1,67 |
| 11 | 2 | 1 | 15,40 | 3,47 | 22,10 | 5,32 | 30,00 | 7,14 | 2,83 | 4,91 | 7,74 | 3,27 | 11,01 | 4,20 | 3,88 | 2,37 | 1,68 |
| 11 | 3 | 1 | 11,30 | 3,30 | 12,50 | 4,15 | 17,00 | 5,44 | 1,04 | 1,77 | 2,81 | 1,89 | 4,70 | 3,13 | 6,05 | 1,49 | 1,02 |
| 11 | 1 | 2 | 10,50 | 2,78 | 13,50 | 4,08 | 21,10 | 5,50 | 1,17 | 1,95 | 3,12 | 1,82 | 4,94 | 3,84 | 6,76 | 1,71 | 0,89 |
| 11 | 2 | 2 | 12,00 | 3,30 | 22,30 | 5,13 | 31,10 | 6,57 | 2,05 | 3,40 | 5,45 | 2,55 | 8,00 | 4,73 | 5,71 | 2,14 | 1,16 |
| 11 | 3 | 2 | 16,90 | 4,84 | 20,50 | 6,07 | 24,20 | 7,52 | 2,77 | 3,08 | 5,85 | 3,02 | 8,87 | 3,22 | 4,14 | 1,94 | 1,72 |
| 11 | 1 | 3 | 12,60 | 3,20 | 21,00 | 5,11 | 31,50 | 6,43 | 1,92 | 4,10 | 6,02 | 2,88 | 8,90 | 4,90 | 5,23 | 2,09 | 1,27 |
| 11 | 2 | 3 | 13,00 | 4,17 | 18,30 | 5,83 | 26,60 | 7,43 | 2,30 | 3,57 | 5,87 | 2,80 | 8,67 | 3,58 | 4,53 | 2,10 | 1,53 |
| 11 | 3 | 3 | 12,50 | 4,49 | 17,00 | 6,27 | 23,70 | 8,39 | 2,33 | 4,17 | 6,50 | 3,53 | 10,03 | 2,82 | 3,65 | 1,84 | 2,15 |
| 11 | 1 | 4 | 10,40 | 3,11 | 13,70 | 3,99 | 18,70 | 4,95 | 1,08 | 2,25 | 3,33 | 1,98 | 5,31 | 3,78 | 5,62 | 1,68 | 0,97 |
| 11 | 2 | 4 | 15,80 | 4,32 | 19,00 | 5,58 | 24,80 | 6,96 | 2,82 | 3,77 | 6,59 | 3,88 | 10,47 | 3,56 | 3,76 | 1,70 | 1,99 |
| 11 | 3 | 4 | 10,40 | 2,98 | 13,60 | 4,08 | 20,00 | 5,83 | 1,23 | 2,28 | 3,51 | 1,80 | 5,31 | 3,43 | 5,70 | 1,95 | 0,99 |
| 12 | 1 | 1 | 11,30 | 3,29 | 15,50 | 5,19 | 22,10 | 6,57 | 1,64 | 2,98 | 4,62 | 2,69 | 7,31 | 3,36 | 4,78 | 1,72 | 1,44 |
| 12 | 2 | 1 | 17,00 | 4,57 | 21,50 | 6,34 | 27,40 | 7,87 | 3,35 | 2,66 | 6,01 | 3,80 | 9,81 | 3,48 | 4,56 | 1,58 | 1,94 |
| 12 | 3 | 1 | 17,00 | 4,01 | 19,60 | 5,47 | 26,30 | 7,18 | 2,62 | 3,45 | 6,07 | 3,38 | 9,45 | 3,66 | 4,33 | 1,80 | 1,73 |
| 12 | 1 | 2 | 11,90 | 3,26 | 17,80 | 5,19 | 29,40 | 7,02 | 2,30 | 5,14 | 7,44 | 4,09 | 11,53 | 4,19 | 3,95 | 1,82 | 1,92 |
| 12 | 2 | 2 | 16,00 | 3,93 | 24,70 | 5,43 | 35,70 | 8,58 | 3,36 | 5,51 | 8,87 | 3,43 | 12,30 | 4,16 | 4,02 | 2,59 | 1,82 |
| 12 | 3 | 2 | 15,80 | 4,12 | 19,50 | 5,11 | 25,10 | 6,28 | 1,95 | 2,75 | 4,70 | 2,79 | 7,49 | 4,00 | 5,34 | 1,68 | 1,32 |
| 12 | 1 | 3 | 11,50 | 3,28 | 13,80 | 4,65 | 19,40 | 6,88 | 1,74 | 3,30 | 5,04 | 3,10 | 8,14 | 2,82 | 3,85 | 1,63 | 1,83 |
| 12 | 2 | 3 | 16,50 | 3,96 | 20,50 | 5,38 | 27,60 | 6,93 | 2,83 | 3,54 | 6,37 | 3,29 | 9,66 | 3,98 | 4,33 | 1,94 | 1,63 |
| 12 | 3 | 3 | 11,90 | 3,94 | 15,70 | 5,27 | 20,80 | 6,37 | 1,80 | 1,90 | 3,70 | 2,22 | 5,92 | 3,27 | 5,62 | 1,67 | 1,20 |
| 12 | 1 | 4 | 14,00 | 3,56 | 20,00 | 5,16 | 24,60 | 6,13 | 2,14 | 2,92 | 5,06 | 2,43 | 7,49 | 4,01 | 4,86 | 2,08 | 1,23 |
| 12 | 2 | 4 | 15,90 | 4,21 | 20,00 | 5,55 | 24,60 | 6,95 | 2,76 | 3,10 | 5,86 | 3,12 | 8,98 | 3,54 | 4,20 | 1,88 | 1,66 |
| 12 | 3 | 4 | 17,00 | 3,79 | 20,70 | 4,94 | 30,10 | 6,92 | 2,29 | 3,10 | 5,39 | 2,86 | 8,25 | 4,35 | 5,58 | 1,88 | 1,32 |
| 13 | 1 | 1 | 13,50 | 3,39 | 21,00 | 5,34 | 29,50 | 6,67 | 1,89 | 3,18 | 5,07 | 2,68 | 7,75 | 4,42 | 5,82 | 1,89 | 1,23 |
| 13 | 2 | 1 | 13,90 | 3,36 | 20,40 | 4,46 | 28,00 | 5,74 | 1,88 | 3,13 | 5,01 | 2,91 | 7,92 | 4,88 | 5,59 | 1,72 | 1,20 |
| 13 | 3 | 1 | 13,90 | 4,01 | 17,40 | 5,28 | 21,90 | 6,25 | 2,02 | 2,26 | 4,28 | 2,33 | 6,61 | 3,50 | 5,12 | 1,84 | 1,24 |
| 13 | 1 | 2 | 13,10 | 3,54 | 17,80 | 4,93 | 24,10 | 5,77 | 1,60 | 2,91 | 4,51 | 2,46 | 6,97 | 4,18 | 5,34 | 1,83 | 1,16 |
| 13 | 2 | 2 | 15,50 | 3,98 | 19,20 | 5,36 | 22,70 | 6,48 | 1,99 | 2,45 | 4,44 | 2,74 | 7,18 | 3,50 | 5,11 | 1,62 | 1,40 |
| 13 | 3 | 2 | 12,00 | 3,63 | 18,10 | 5,14 | 27,00 | 6,25 | 1,94 | 3,57 | 5,51 | 2,85 | 8,36 | 4,32 | 4,90 | 1,93 | 1,34 |

Continua ...

Quadro 1A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|---------|------|
| 13 | 1 | 3 | 10,00 | 2,53 | 17,20 | 4,23 | 25,50 | 5,11 | 1,05 | 3,13 | 4,18 | 1,65 | 5,83 | 4,99 | 6,10 | 2,53 | 0,77 |
| 13 | 2 | 3 | 18,50 | 5,21 | 27,10 | 5,92 | 36,00 | 8,22 | 3,59 | 5,17 | 8,76 | 3,57 | 12,33 | 4,38 | 4,11 | 2,45 | 1,80 |
| 13 | 3 | 3 | 16,00 | 3,98 | 19,70 | 5,39 | 24,50 | 6,22 | 2,47 | 2,61 | 5,08 | 3,01 | 8,09 | 3,94 | 4,82 | 1,69 | 1,44 |
| 13 | 1 | 4 | 14,00 | 3,58 | 20,20 | 5,01 | 27,00 | 5,59 | 1,69 | 2,88 | 4,57 | 2,13 | 6,70 | 4,83 | 5,91 | 2,15 | 0,96 |
| 13 | 2 | 4 | 18,10 | 4,13 | 27,40 | 5,29 | 33,70 | 6,88 | 2,91 | 4,83 | 7,74 | 3,33 | 11,07 | 4,90 | 4,35 | 2,32 | 1,53 |
| 13 | 3 | 4 | 14,90 | 3,92 | 18,00 | 5,59 | 23,00 | 7,95 | 2,94 | 3,00 | 5,94 | 3,38 | 9,32 | 2,89 | 3,87 | 1,76 | 2,00 |
| 14 | 1 | 1 | 9,90 | 2,83 | 16,20 | 3,84 | 22,60 | 5,18 | 1,14 | 2,48 | 3,62 | 1,96 | 5,58 | 4,36 | 6,24 | 1,85 | 0,90 |
| 14 | 2 | 1 | 14,50 | 4,00 | 15,80 | 4,88 | 19,20 | 5,84 | 1,67 | 2,14 | 3,81 | 2,67 | 6,48 | 3,29 | 5,04 | 1,43 | 1,37 |
| 14 | 3 | 1 | 12,30 | 4,24 | 16,60 | 5,13 | 24,70 | 7,09 | 1,89 | 3,24 | 5,13 | 3,12 | 8,25 | 3,48 | 4,81 | 1,64 | 1,61 |
| 14 | 1 | 2 | 11,20 | 2,77 | 16,40 | 4,92 | 21,30 | 4,92 | 1,64 | 4,20 | 5,84 | 3,00 | 8,84 | 4,33 | 3,65 | 1,95 | 1,41 |
| 14 | 2 | 2 | 15,00 | 4,36 | 19,20 | 5,90 | 24,00 | 7,20 | 2,94 | 4,18 | 7,12 | 3,71 | 10,83 | 3,33 | 3,37 | 1,92 | 2,06 |
| 14 | 3 | 2 | 19,50 | 4,27 | 23,00 | 5,68 | 28,30 | 7,01 | 2,98 | 3,31 | 6,29 | 3,02 | 9,31 | 4,04 | 4,50 | 2,08 | 1,52 |
| 14 | 1 | 3 | 16,50 | 3,80 | 22,80 | 5,48 | 29,70 | 7,72 | 2,74 | 5,42 | 8,16 | 4,23 | 12,39 | 3,85 | 3,64 | 1,93 | 2,14 |
| 14 | 2 | 3 | 19,70 | 4,33 | 25,70 | 6,34 | 32,50 | 7,55 | 3,42 | 3,84 | 7,26 | 3,89 | 11,15 | 4,30 | 4,48 | 1,87 | 1,81 |
| 14 | 3 | 3 | 16,50 | 4,45 | 23,50 | 5,88 | 28,30 | 7,39 | 2,58 | 3,78 | 6,36 | 2,56 | 8,92 | 3,83 | 4,45 | 2,48 | 1,41 |
| 14 | 1 | 4 | 8,50 | 2,77 | 17,90 | 5,04 | 26,10 | 6,72 | 1,73 | 4,64 | 6,37 | 3,27 | 9,64 | 3,88 | 4,10 | 1,95 | 1,65 |
| 14 | 2 | 4 | 21,80 | 4,56 | 26,00 | 5,57 | 32,50 | 7,03 | 3,38 | 4,47 | 7,85 | 3,54 | 11,39 | 4,62 | 4,14 | 2,22 | 1,67 |
| 14 | 3 | 4 | 13,00 | 3,70 | 17,00 | 4,70 | 23,00 | 6,73 | 1,81 | 2,64 | 4,45 | 2,33 | 6,78 | 3,42 | 5,17 | 1,91 | 1,27 |
| 15 | 1 | 1 | 13,50 | 3,88 | 18,30 | 5,45 | 22,30 | 7,05 | 2,96 | 5,26 | 8,22 | 4,58 | 12,80 | 3,16 | 2,71 | 1,79 | 2,58 |
| 15 | 2 | 1 | 17,90 | 4,46 | 24,50 | 6,07 | 29,40 | 7,13 | 3,25 | 3,95 | 7,20 | 3,34 | 10,54 | 4,12 | 4,08 | 2,16 | 1,68 |
| 15 | 3 | 1 | 14,90 | 3,74 | 20,00 | 4,47 | 24,60 | 5,63 | 1,64 | 1,77 | 3,41 | 1,82 | 5,23 | 4,37 | 7,21 | 1,87 | 0,84 |
| 15 | 1 | 2 | 13,50 | 4,31 | 22,70 | 5,81 | 30,90 | 7,08 | 2,80 | 4,83 | 7,63 | 3,97 | 11,60 | 4,36 | 4,05 | 1,92 | 1,85 |
| 15 | 2 | 2 | 15,50 | 3,22 | 24,50 | 4,71 | 36,00 | 6,26 | 2,37 | 3,36 | 5,73 | 2,23 | 7,96 | 5,75 | 6,28 | 2,57 | 0,96 |
| 15 | 3 | 2 | 12,70 | 3,54 | 14,50 | 4,68 | 20,50 | 6,06 | 1,33 | 2,35 | 3,68 | 2,50 | 6,18 | 3,38 | 5,57 | 1,47 | 1,27 |
| 15 | 1 | 3 | 13,50 | 3,83 | 23,20 | 6,21 | 28,50 | 7,84 | 2,71 | 5,62 | 8,33 | 4,21 | 12,54 | 3,64 | 3,42 | 1,98 | 2,23 |
| 15 | 2 | 3 | 20,50 | 4,42 | 27,50 | 6,37 | 35,70 | 7,87 | 4,20 | 5,09 | 9,29 | 4,16 | 13,45 | 4,54 | 3,84 | 2,23 | 1,99 |
| 15 | 3 | 3 | 9,20 | 2,73 | 12,20 | 3,43 | 17,00 | 4,78 | 0,66 | 1,81 | 2,47 | 1,67 | 4,14 | 3,56 | 6,88 | 1,48 | 0,82 |
| 15 | 1 | 4 | 11,50 | 2,84 | 17,20 | 4,98 | 25,50 | 7,73 | 2,09 | 4,79 | 6,88 | 4,14 | 11,02 | 3,30 | 3,71 | 1,66 | 2,22 |
| 15 | 2 | 4 | 20,00 | 4,87 | 24,20 | 6,17 | 29,40 | 7,67 | 3,75 | 4,40 | 8,15 | 3,61 | 11,76 | 3,83 | 3,61 | 2,26 | 1,93 |
| 15 | 3 | 4 | 13,90 | 3,86 | 17,60 | 5,48 | 21,00 | 6,88 | 2,12 | 2,23 | 4,35 | 3,27 | 7,62 | 3,05 | 4,83 | 1,33 | 1,74 |
| 16 | 1 | 1 | 12,40 | 3,02 | 19,00 | 4,32 | 27,20 | 5,91 | 1,73 | 3,58 | 5,31 | 2,57 | 7,88 | 4,60 | 5,12 | 2,07 | 1,18 |

Continua ...

Quadro 1A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|---------|------|
| 16 | 2 | 1 | 15,50 | 4,12 | 18,90 | 5,38 | 23,10 | 6,45 | 2,08 | 2,78 | 4,86 | 2,54 | 7,40 | 3,58 | 4,75 | 1,91 | 1,35 |
| 16 | 3 | 1 | 16,00 | 3,88 | 21,90 | 5,43 | 29,00 | 6,17 | 2,12 | 3,43 | 5,55 | 2,71 | 8,26 | 4,70 | 5,23 | 2,05 | 1,22 |
| 16 | 1 | 2 | 18,90 | 3,61 | 25,20 | 5,58 | 34,20 | 9,21 | 3,26 | 5,09 | 8,35 | 3,64 | 11,99 | 3,71 | 4,10 | 2,29 | 2,00 |
| 16 | 2 | 2 | 13,70 | 4,18 | 16,70 | 5,87 | 24,70 | 7,82 | 2,46 | 4,38 | 6,84 | 4,11 | 10,95 | 3,16 | 3,61 | 1,66 | 2,27 |
| 16 | 3 | 2 | 13,70 | 3,53 | 20,40 | 5,05 | 27,50 | 6,48 | 1,75 | 2,92 | 4,67 | 2,16 | 6,83 | 4,24 | 5,89 | 2,16 | 1,07 |
| 16 | 1 | 3 | 11,00 | 4,02 | 19,30 | 5,38 | 26,80 | 6,80 | 2,21 | 4,39 | 6,60 | 3,70 | 10,30 | 3,94 | 4,06 | 1,78 | 1,80 |
| 16 | 2 | 3 | 14,50 | 5,08 | 21,60 | 6,34 | 27,80 | 7,93 | 3,23 | 4,68 | 7,91 | 3,97 | 11,88 | 3,51 | 3,51 | 1,99 | 2,16 |
| 16 | 3 | 3 | 14,40 | 4,38 | 18,00 | 5,51 | 24,50 | 6,31 | 1,74 | 2,51 | 4,25 | 2,16 | 6,41 | 3,88 | 5,76 | 1,97 | 1,10 |
| 16 | 1 | 4 | 10,60 | 3,62 | 16,50 | 5,44 | 25,50 | 7,04 | 2,16 | 5,69 | 7,85 | 3,76 | 11,61 | 3,62 | 3,25 | 2,09 | 2,03 |
| 16 | 2 | 4 | 14,90 | 3,45 | 21,50 | 5,08 | 30,70 | 7,01 | 2,50 | 3,45 | 5,95 | 3,33 | 9,28 | 4,38 | 5,16 | 1,79 | 1,50 |
| 16 | 3 | 4 | 16,40 | 3,47 | 21,50 | 4,74 | 28,20 | 6,34 | 2,22 | 2,83 | 5,05 | 2,40 | 7,45 | 4,45 | 5,58 | 2,10 | 1,14 |
| 17 | 1 | 1 | 13,30 | 3,58 | 18,70 | 4,47 | 25,50 | 6,08 | 1,31 | 2,31 | 3,62 | 1,86 | 5,48 | 4,19 | 7,04 | 1,95 | 0,89 |
| 17 | 2 | 1 | 18,40 | 4,15 | 26,90 | 5,26 | 33,60 | 6,56 | 2,94 | 3,87 | 6,81 | 3,87 | 10,68 | 5,12 | 4,93 | 1,76 | 1,55 |
| 17 | 3 | 1 | 14,00 | 3,83 | 16,40 | 5,52 | 20,80 | 7,44 | 2,13 | 2,55 | 4,68 | 3,02 | 7,70 | 2,80 | 4,44 | 1,55 | 1,77 |
| 17 | 1 | 2 | 8,80 | 2,45 | 12,00 | 3,36 | 17,20 | 4,43 | 0,69 | 1,95 | 2,64 | 1,77 | 4,41 | 3,88 | 6,52 | 1,49 | 0,82 |
| 17 | 2 | 2 | 19,40 | 3,89 | 25,40 | 5,33 | 35,30 | 7,46 | 3,21 | 3,93 | 7,14 | 3,19 | 10,33 | 4,73 | 4,94 | 2,24 | 1,48 |
| 17 | 3 | 2 | 15,30 | 3,71 | 19,40 | 5,38 | 24,90 | 7,32 | 2,36 | 2,63 | 4,99 | 2,94 | 7,93 | 3,40 | 4,99 | 1,70 | 1,56 |
| 17 | 1 | 3 | 10,90 | 2,32 | 14,40 | 3,70 | 22,10 | 4,69 | 0,80 | 1,52 | 2,32 | 1,23 | 3,55 | 4,71 | 9,53 | 1,89 | 0,54 |
| 17 | 2 | 3 | 17,50 | 4,24 | 22,50 | 5,41 | 28,50 | 6,96 | 2,66 | 3,33 | 5,99 | 3,04 | 9,03 | 4,09 | 4,76 | 1,97 | 1,49 |
| 17 | 3 | 3 | 10,80 | 2,76 | 12,20 | 3,60 | 15,10 | 4,23 | 0,65 | 1,61 | 2,26 | 1,40 | 3,66 | 3,57 | 6,68 | 1,61 | 0,71 |
| 17 | 1 | 4 | 12,30 | 3,29 | 13,30 | 5,67 | 17,20 | 6,99 | 1,89 | 3,23 | 5,12 | 4,02 | 9,14 | 2,46 | 3,36 | 1,27 | 2,45 |
| 17 | 2 | 4 | 17,30 | 4,02 | 19,50 | 5,71 | 24,50 | 6,81 | 2,71 | 3,02 | 5,73 | 3,22 | 8,95 | 3,60 | 4,28 | 1,78 | 1,66 |
| 17 | 3 | 4 | 10,50 | 3,65 | 12,90 | 4,54 | 15,50 | 5,54 | 1,22 | 2,06 | 3,28 | 2,61 | 5,89 | 2,80 | 4,73 | 1,26 | 1,45 |
| 18 | 1 | 1 | 17,90 | 4,58 | 26,00 | 5,83 | 35,30 | 7,49 | 2,98 | 4,70 | 7,68 | 3,11 | 10,79 | 4,71 | 4,60 | 2,47 | 1,50 |
| 18 | 2 | 1 | 19,90 | 4,39 | 20,50 | 5,97 | 28,10 | 8,09 | 3,26 | 3,84 | 7,10 | 3,91 | 11,01 | 3,47 | 3,96 | 1,82 | 2,08 |
| 18 | 3 | 1 | 10,90 | 1,90 | 14,70 | 2,72 | 16,20 | 3,58 | 0,46 | 0,81 | 1,27 | 0,79 | 2,06 | 4,53 | 12,76 | 1,61 | 0,34 |
| 18 | 1 | 2 | 12,40 | 3,86 | 26,80 | 5,59 | 35,60 | 7,45 | 2,69 | 4,86 | 7,55 | 3,59 | 11,14 | 4,78 | 4,72 | 2,10 | 1,62 |
| 18 | 2 | 2 | 15,50 | 3,54 | 20,00 | 4,83 | 27,50 | 6,55 | 1,71 | 2,56 | 4,27 | 3,10 | 7,37 | 4,20 | 6,44 | 1,38 | 1,32 |
| 18 | 3 | 2 | 11,20 | 3,52 | 16,00 | 4,82 | 23,70 | 7,20 | 2,22 | 2,57 | 4,79 | 2,33 | 7,12 | 3,29 | 4,95 | 2,06 | 1,33 |
| 18 | 1 | 3 | 12,50 | 3,74 | 17,60 | 5,44 | 24,00 | 7,02 | 2,24 | 4,83 | 7,07 | 4,68 | 11,75 | 3,42 | 3,39 | 1,51 | 2,38 |
| 18 | 2 | 3 | 21,30 | 4,74 | 27,40 | 6,43 | 31,50 | 8,14 | 4,19 | 4,23 | 8,42 | 3,74 | 12,16 | 3,87 | 3,74 | 2,25 | 1,99 |

Continua ...

Quadro 1A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|---------|------|
| 18 | 3 | 3 | 15,00 | 4,55 | 15,20 | 6,00 | 21,60 | 8,08 | 2,61 | 3,09 | 5,70 | 3,52 | 9,22 | 2,67 | 3,79 | 1,62 | 2,15 |
| 18 | 1 | 4 | 11,50 | 3,45 | 18,20 | 4,95 | 23,70 | 6,76 | 2,06 | 3,25 | 5,31 | 3,06 | 8,37 | 3,51 | 4,46 | 1,74 | 1,60 |
| 18 | 2 | 4 | 16,50 | 3,71 | 23,60 | 5,15 | 33,80 | 7,06 | 3,09 | 4,82 | 7,91 | 3,71 | 11,62 | 4,79 | 4,27 | 2,13 | 1,68 |
| 18 | 3 | 4 | 10,30 | 3,31 | 12,80 | 4,20 | 15,50 | 4,84 | 0,98 | 1,84 | 2,82 | 1,77 | 4,59 | 3,20 | 5,50 | 1,59 | 0,96 |
| 19 | 1 | 1 | 13,10 | 3,53 | 18,00 | 4,50 | 29,40 | 6,54 | 1,92 | 4,62 | 6,54 | 2,93 | 9,47 | 4,50 | 4,50 | 2,23 | 1,41 |
| 19 | 2 | 1 | 13,40 | 3,70 | 16,20 | 5,47 | 21,90 | 6,67 | 1,90 | 4,01 | 5,91 | 3,65 | 9,56 | 3,28 | 3,71 | 1,62 | 1,95 |
| 19 | 3 | 1 | 15,00 | 3,57 | 20,30 | 4,91 | 28,40 | 6,18 | 1,87 | 3,20 | 5,07 | 2,40 | 7,47 | 4,60 | 5,60 | 2,11 | 1,11 |
| 19 | 1 | 2 | 11,30 | 3,34 | 14,40 | 4,47 | 19,60 | 5,25 | 1,09 | 2,60 | 3,69 | 2,66 | 6,35 | 3,73 | 5,31 | 1,39 | 1,24 |
| 19 | 2 | 2 | 15,60 | 4,59 | 21,00 | 6,74 | 23,50 | 8,53 | 3,79 | 3,81 | 7,60 | 4,56 | 12,16 | 2,75 | 3,09 | 1,67 | 2,75 |
| 19 | 3 | 2 | 13,50 | 4,03 | 16,50 | 5,35 | 21,10 | 6,75 | 2,34 | 2,80 | 5,14 | 3,23 | 8,37 | 3,13 | 4,11 | 1,59 | 1,77 |
| 19 | 1 | 3 | 16,00 | 4,12 | 20,50 | 5,70 | 25,60 | 7,58 | 2,60 | 4,20 | 6,80 | 3,56 | 10,36 | 3,38 | 3,76 | 1,91 | 1,96 |
| 19 | 2 | 3 | 11,50 | 4,58 | 23,20 | 6,53 | 31,50 | 8,43 | 4,36 | 5,16 | 9,52 | 4,72 | 14,24 | 3,74 | 3,31 | 2,02 | 2,47 |
| 19 | 3 | 3 | 14,80 | 4,04 | 17,90 | 4,98 | 22,00 | 6,51 | 2,12 | 3,00 | 5,12 | 2,62 | 7,74 | 3,38 | 4,30 | 1,95 | 1,45 |
| 19 | 1 | 4 | 16,30 | 3,30 | 27,00 | 5,61 | 37,40 | 7,88 | 3,76 | 5,64 | 9,40 | 4,11 | 13,51 | 4,75 | 3,98 | 2,29 | 1,92 |
| 19 | 2 | 4 | 12,30 | 4,10 | 19,90 | 5,61 | 28,30 | 7,55 | 2,08 | 4,69 | 6,77 | 3,55 | 10,32 | 3,75 | 4,18 | 1,91 | 1,82 |
| 19 | 3 | 4 | 18,10 | 4,30 | 22,20 | 6,09 | 27,20 | 7,19 | 2,96 | 3,41 | 6,37 | 3,92 | 10,29 | 3,78 | 4,27 | 1,63 | 1,90 |
| 20 | 1 | 1 | 10,10 | 2,79 | 13,00 | 3,65 | 19,10 | 5,40 | 0,81 | 1,96 | 2,77 | 1,52 | 4,29 | 3,54 | 6,90 | 1,82 | 0,80 |
| 20 | 2 | 1 | 18,60 | 3,91 | 23,70 | 5,62 | 33,90 | 7,54 | 3,44 | 4,42 | 7,86 | 3,97 | 11,83 | 4,50 | 4,31 | 1,98 | 1,83 |
| 20 | 3 | 1 | 12,70 | 3,29 | 14,30 | 4,21 | 15,70 | 5,81 | 1,36 | 1,78 | 3,14 | 2,37 | 5,51 | 2,70 | 5,00 | 1,32 | 1,37 |
| 20 | 1 | 2 | 12,50 | 3,37 | 17,50 | 5,32 | 26,20 | 6,98 | 2,29 | 4,03 | 6,32 | 3,99 | 10,31 | 3,75 | 4,15 | 1,58 | 1,93 |
| 20 | 2 | 2 | 15,30 | 3,78 | 20,40 | 5,42 | 25,70 | 6,93 | 2,57 | 3,68 | 6,25 | 3,76 | 10,01 | 3,71 | 4,11 | 1,66 | 1,86 |
| 20 | 3 | 2 | 15,40 | 3,78 | 21,20 | 5,21 | 30,20 | 7,10 | 1,76 | 3,24 | 5,00 | 2,26 | 7,26 | 4,25 | 6,04 | 2,21 | 1,12 |
| 20 | 1 | 3 | 15,50 | 3,88 | 21,20 | 5,19 | 29,20 | 7,59 | 2,58 | 4,17 | 6,75 | 2,94 | 9,69 | 3,85 | 4,33 | 2,30 | 1,58 |
| 20 | 2 | 3 | 15,00 | 4,90 | 18,90 | 6,49 | 23,30 | 7,68 | 2,95 | 3,78 | 6,73 | 3,91 | 10,64 | 3,03 | 3,46 | 1,72 | 2,24 |
| 20 | 3 | 3 | 10,30 | 3,21 | 13,30 | 4,84 | 18,50 | 6,48 | 1,37 | 1,98 | 3,35 | 2,55 | 5,90 | 2,85 | 5,52 | 1,31 | 1,42 |
| 20 | 1 | 4 | 13,90 | 4,17 | 18,30 | 5,75 | 23,80 | 6,91 | 2,67 | 3,87 | 6,54 | 3,44 | 9,98 | 3,44 | 3,64 | 1,90 | 1,87 |
| 20 | 2 | 4 | 16,40 | 3,63 | 22,30 | 5,44 | 33,20 | 7,05 | 2,70 | 4,47 | 7,17 | 3,35 | 10,52 | 4,71 | 4,63 | 2,14 | 1,54 |

Quadro 2A – Base de dados obtida pelas plantas de fedegoso (*Senna macranthera*) em resposta à aplicação de doses dos macronutrientes (Solo 1 – Latossolo vermelho-amarelo distrófico; Solo 2 – Latossolo vermelho-amarelo álico; Solo 3 – Argissolo vermelho-amarelo).

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|------|
| 1 | 1 | 1 | 6,30 | 2,65 | 8,70 | 3,47 | 10,30 | 4,25 | 0,42 | 1,72 | 2,14 | 1,02 | 3,16 | 2,42 | 4,81 | 2,10 | 0,70 |
| 1 | 2 | 1 | 10,50 | 3,48 | 12,60 | 4,62 | 17,40 | 5,87 | 0,84 | 2,54 | 3,38 | 3,95 | 7,33 | 2,96 | 5,15 | 0,86 | 1,92 |
| 1 | 3 | 1 | 7,00 | 2,54 | 8,00 | 3,03 | 11,10 | 4,62 | 0,33 | 1,16 | 1,49 | 1,39 | 2,88 | 2,40 | 7,45 | 1,07 | 0,83 |
| 1 | 1 | 2 | 8,00 | 2,56 | 8,60 | 3,53 | 11,50 | 4,37 | 0,43 | 2,15 | 2,58 | 1,38 | 3,96 | 2,63 | 4,46 | 1,87 | 0,88 |
| 1 | 2 | 2 | 5,50 | 3,38 | 6,90 | 3,96 | 7,10 | 4,71 | 0,41 | 1,36 | 1,77 | 2,47 | 4,24 | 1,51 | 4,01 | 0,72 | 1,91 |
| 1 | 3 | 2 | 8,00 | 2,87 | 9,20 | 4,04 | 11,90 | 4,78 | 0,66 | 2,10 | 2,76 | 2,51 | 5,27 | 2,49 | 4,31 | 1,10 | 1,47 |
| 1 | 1 | 3 | 5,30 | 2,18 | 6,50 | 2,47 | 8,30 | 3,37 | 0,22 | 0,95 | 1,17 | 1,11 | 2,28 | 2,46 | 7,09 | 1,05 | 0,65 |
| 1 | 2 | 3 | 7,00 | 1,56 | 8,40 | 4,28 | 16,20 | 5,13 | 0,65 | 2,59 | 3,24 | 2,08 | 5,32 | 3,16 | 5,00 | 1,56 | 1,13 |
| 1 | 3 | 3 | 7,20 | 3,03 | 8,00 | 3,00 | 8,70 | 4,34 | 0,33 | 1,10 | 1,43 | 1,31 | 2,74 | 2,00 | 6,08 | 1,09 | 0,88 |
| 1 | 1 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 2 | 4 | 7,70 | 2,63 | 9,00 | 3,77 | 11,10 | 5,14 | 0,59 | 1,97 | 2,56 | 1,68 | 4,24 | 2,16 | 4,34 | 1,52 | 1,15 |
| 1 | 3 | 4 | 6,30 | 2,36 | 8,10 | 3,18 | 10,50 | 3,84 | 0,28 | 0,85 | 1,13 | 1,58 | 2,71 | 2,73 | 9,29 | 0,72 | 0,79 |
| 2 | 1 | 1 | 4,40 | 1,60 | 4,60 | 1,88 | 4,70 | 1,97 | 0,07 | 0,28 | 0,35 | 0,30 | 0,65 | 2,39 | 13,43 | 1,17 | 0,18 |
| 2 | 2 | 1 | 4,50 | 1,92 | 5,00 | 1,94 | 5,20 | 1,94 | 0,07 | 0,15 | 0,22 | 0,37 | 0,59 | 2,68 | 23,64 | 0,59 | 0,18 |
| 2 | 3 | 1 | 3,90 | 1,44 | 4,70 | 1,53 | 4,90 | 1,58 | 0,06 | 0,07 | 0,13 | 0,31 | 0,44 | 3,10 | 37,69 | 0,42 | 0,12 |
| 2 | 1 | 2 | 4,00 | 1,57 | 4,40 | 2,16 | 4,50 | 2,18 | 0,06 | 0,16 | 0,22 | 0,38 | 0,60 | 2,06 | 20,45 | 0,58 | 0,23 |
| 2 | 2 | 2 | 3,40 | 1,87 | 4,40 | 1,90 | 4,80 | 1,94 | 0,06 | 0,11 | 0,17 | 0,51 | 0,68 | 2,47 | 28,24 | 0,33 | 0,24 |
| 2 | 3 | 2 | 4,80 | 1,70 | 5,60 | 1,81 | 5,90 | 2,02 | 0,06 | 0,10 | 0,16 | 0,50 | 0,66 | 2,92 | 36,88 | 0,32 | 0,20 |
| 2 | 1 | 3 | 3,40 | 1,61 | 3,50 | 2,38 | 4,10 | 2,60 | 0,05 | 0,13 | 0,18 | 0,34 | 0,52 | 1,58 | 22,78 | 0,53 | 0,25 |
| 2 | 2 | 3 | 3,30 | 1,68 | 3,50 | 2,23 | 4,00 | 2,41 | 0,05 | 0,11 | 0,16 | 0,34 | 0,50 | 1,66 | 25,00 | 0,47 | 0,23 |
| 2 | 3 | 3 | 5,70 | 1,52 | 5,90 | 1,88 | 6,00 | 2,08 | 0,06 | 0,10 | 0,16 | 0,26 | 0,42 | 2,88 | 37,50 | 0,62 | 0,12 |
| 2 | 1 | 4 | 3,80 | 1,63 | 4,00 | 1,71 | 4,10 | 1,99 | 0,05 | 0,17 | 0,22 | 0,21 | 0,43 | 2,06 | 18,64 | 1,05 | 0,14 |
| 2 | 2 | 4 | 5,40 | 1,74 | 5,30 | 1,84 | 5,60 | 1,85 | 0,05 | 0,15 | 0,20 | 0,32 | 0,52 | 3,03 | 28,00 | 0,63 | 0,14 |
| 2 | 3 | 4 | 4,50 | 1,59 | 5,00 | 1,89 | 5,10 | 1,95 | 0,05 | 0,13 | 0,18 | 0,38 | 0,56 | 2,62 | 28,33 | 0,47 | 0,18 |
| 3 | 1 | 1 | 5,00 | 2,21 | 7,40 | 2,91 | 8,60 | 3,22 | 0,26 | 1,06 | 1,32 | 1,08 | 2,40 | 2,67 | 6,52 | 1,22 | 0,62 |
| 3 | 2 | 1 | 7,40 | 2,70 | 8,40 | 4,29 | 10,50 | 4,90 | 0,60 | 2,13 | 2,73 | 2,72 | 5,45 | 2,14 | 3,85 | 1,00 | 1,73 |
| 3 | 3 | 1 | 6,00 | 2,42 | 6,70 | 2,87 | 9,50 | 3,74 | 0,30 | 1,21 | 1,51 | 1,62 | 3,13 | 2,54 | 6,29 | 0,93 | 0,90 |
| 3 | 1 | 2 | 8,70 | 2,68 | 11,30 | 3,64 | 19,70 | 4,00 | 0,47 | 1,83 | 2,30 | 1,04 | 3,34 | 4,93 | 8,57 | 2,21 | 0,47 |
| 3 | 2 | 2 | 7,50 | 2,84 | 8,30 | 3,99 | 11,30 | 4,96 | 0,72 | 2,94 | 3,66 | 3,59 | 7,25 | 2,28 | 3,09 | 1,02 | 2,20 |

Continua ...

Quadro 2A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|------|
| 3 | 3 | 2 | 7,50 | 1,96 | 8,20 | 2,76 | 9,30 | 2,98 | 0,31 | 1,10 | 1,41 | 0,96 | 2,37 | 3,12 | 6,60 | 1,47 | 0,52 |
| 3 | 1 | 3 | 6,00 | 1,48 | 7,30 | 1,80 | 7,50 | 2,07 | 0,10 | 0,51 | 0,61 | 0,40 | 1,01 | 3,62 | 12,30 | 1,53 | 0,20 |
| 3 | 2 | 3 | 8,40 | 2,88 | 10,50 | 4,86 | 17,30 | 5,85 | 0,74 | 2,34 | 3,08 | 3,66 | 6,74 | 2,96 | 5,62 | 0,84 | 1,77 |
| 3 | 3 | 3 | 5,20 | 2,44 | 6,10 | 3,23 | 7,90 | 3,81 | 0,27 | 0,99 | 1,26 | 1,52 | 2,78 | 2,07 | 6,27 | 0,83 | 0,96 |
| 3 | 1 | 4 | 5,00 | 1,67 | 8,00 | 2,28 | 13,90 | 4,06 | 0,32 | 1,76 | 2,08 | 0,92 | 3,00 | 3,42 | 6,68 | 2,26 | 0,53 |
| 3 | 2 | 4 | 8,30 | 3,16 | 8,60 | 4,46 | 12,80 | 5,14 | 0,54 | 1,60 | 2,14 | 3,44 | 5,58 | 2,49 | 5,98 | 0,62 | 1,79 |
| 3 | 3 | 4 | 7,30 | 2,29 | 8,40 | 2,79 | 10,30 | 4,41 | 0,33 | 1,25 | 1,58 | 1,52 | 3,10 | 2,34 | 6,52 | 1,04 | 0,92 |
| 4 | 1 | 1 | 8,00 | 2,85 | 9,20 | 3,77 | 16,00 | 4,72 | 0,53 | 1,96 | 2,49 | 1,95 | 4,44 | 3,39 | 6,43 | 1,28 | 0,95 |
| 4 | 2 | 1 | 5,20 | 1,86 | 6,30 | 2,55 | 9,80 | 3,72 | 0,22 | 1,06 | 1,28 | 1,73 | 3,01 | 2,63 | 7,66 | 0,74 | 0,89 |
| 4 | 3 | 1 | 7,50 | 2,79 | 10,70 | 3,78 | 14,50 | 4,72 | 0,59 | 1,91 | 2,50 | 1,83 | 4,33 | 3,07 | 5,80 | 1,37 | 0,98 |
| 4 | 1 | 2 | 6,10 | 2,23 | 6,50 | 3,05 | 9,30 | 4,32 | 0,25 | 1,06 | 1,31 | 1,22 | 2,53 | 2,15 | 7,10 | 1,07 | 0,78 |
| 4 | 2 | 2 | 7,00 | 2,97 | 7,10 | 4,05 | 8,10 | 5,54 | 0,58 | 1,71 | 2,29 | 3,06 | 5,35 | 1,46 | 3,54 | 0,75 | 2,42 |
| 4 | 3 | 2 | 5,50 | 2,13 | 6,00 | 2,94 | 8,00 | 4,45 | 0,31 | 1,21 | 1,52 | 1,50 | 3,02 | 1,80 | 5,26 | 1,01 | 1,07 |
| 4 | 1 | 3 | 7,90 | 2,89 | 10,50 | 3,66 | 13,20 | 4,66 | 0,57 | 2,21 | 2,78 | 1,65 | 4,43 | 2,83 | 4,75 | 1,68 | 0,98 |
| 4 | 2 | 3 | 10,00 | 3,17 | 10,50 | 4,18 | 13,00 | 5,89 | 0,94 | 2,36 | 3,30 | 3,32 | 6,62 | 2,21 | 3,94 | 0,99 | 2,07 |
| 4 | 3 | 3 | 6,00 | 2,23 | 6,50 | 2,66 | 9,30 | 4,35 | 0,27 | 1,18 | 1,45 | 1,41 | 2,86 | 2,14 | 6,41 | 1,03 | 0,90 |
| 4 | 1 | 4 | 5,50 | 1,26 | 6,40 | 2,41 | 12,10 | 3,27 | 0,21 | 1,24 | 1,45 | 0,77 | 2,22 | 3,70 | 8,34 | 1,88 | 0,40 |
| 4 | 2 | 4 | 10,00 | 3,26 | 11,00 | 4,59 | 23,50 | 5,57 | 0,84 | 2,57 | 3,41 | 2,63 | 6,04 | 4,22 | 6,89 | 1,30 | 1,10 |
| 4 | 3 | 4 | 6,00 | 2,77 | 6,80 | 3,82 | 8,50 | 4,58 | 0,34 | 1,35 | 1,69 | 2,16 | 3,85 | 1,86 | 5,03 | 0,78 | 1,46 |
| 5 | 1 | 1 | 6,00 | 2,90 | 7,80 | 4,64 | 10,70 | 5,86 | 0,50 | 2,65 | 3,15 | 2,15 | 5,30 | 1,83 | 3,40 | 1,47 | 1,61 |
| 5 | 2 | 1 | 11,20 | 3,29 | 11,50 | 4,75 | 13,20 | 6,10 | 1,02 | 2,51 | 3,53 | 3,56 | 7,09 | 2,16 | 3,74 | 0,99 | 2,25 |
| 5 | 3 | 1 | 8,50 | 2,71 | 9,50 | 3,27 | 11,00 | 4,28 | 0,50 | 1,48 | 1,98 | 1,50 | 3,48 | 2,57 | 5,56 | 1,32 | 0,89 |
| 5 | 1 | 2 | 5,20 | 1,13 | 7,00 | 1,96 | 12,40 | 3,60 | 0,29 | 1,34 | 1,63 | 1,03 | 2,66 | 3,44 | 7,61 | 1,58 | 0,53 |
| 5 | 2 | 2 | 7,60 | 2,71 | 8,50 | 3,60 | 9,60 | 5,05 | 0,58 | 1,69 | 2,27 | 2,07 | 4,34 | 1,90 | 4,23 | 1,10 | 1,45 |
| 5 | 3 | 2 | 7,80 | 1,93 | 8,80 | 2,54 | 10,70 | 3,83 | 0,34 | 1,50 | 1,84 | 1,07 | 2,91 | 2,79 | 5,82 | 1,72 | 0,64 |
| 5 | 1 | 3 | 7,70 | 2,81 | 8,50 | 4,11 | 11,20 | 5,88 | 0,67 | 2,60 | 3,27 | 2,62 | 5,89 | 1,90 | 3,43 | 1,25 | 1,87 |
| 5 | 2 | 3 | 4,70 | 1,82 | 5,50 | 2,61 | 9,00 | 3,30 | 0,21 | 0,96 | 1,17 | 0,85 | 2,02 | 2,73 | 7,69 | 1,38 | 0,49 |
| 5 | 3 | 3 | 8,00 | 2,91 | 8,00 | 3,90 | 9,20 | 5,49 | 0,58 | 2,06 | 2,64 | 2,71 | 5,35 | 1,68 | 3,48 | 0,97 | 2,02 |
| 5 | 1 | 4 | 2,30 | 1,36 | 2,70 | 1,41 | 2,90 | 1,46 | 0,02 | 0,09 | 0,11 | 0,09 | 0,20 | 1,99 | 26,36 | 1,22 | 0,06 |
| 5 | 2 | 4 | 5,40 | 2,58 | 6,80 | 3,50 | 9,60 | 3,96 | 0,31 | 1,71 | 2,02 | 1,99 | 4,01 | 2,42 | 4,75 | 1,02 | 1,17 |
| 5 | 3 | 4 | 7,40 | 2,21 | 7,50 | 3,24 | 8,70 | 3,85 | 0,34 | 1,07 | 1,41 | 1,31 | 2,72 | 2,26 | 6,17 | 1,08 | 0,82 |

Continua ...

Quadro 2A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|------|
| 6 | 1 | 1 | 3,60 | 2,07 | 4,10 | 2,61 | 5,00 | 3,10 | 0,13 | 0,70 | 0,83 | 0,72 | 1,55 | 1,61 | 6,02 | 1,15 | 0,56 |
| 6 | 2 | 1 | 6,80 | 2,85 | 8,60 | 4,00 | 8,60 | 4,70 | 0,50 | 1,54 | 2,04 | 3,09 | 5,13 | 1,83 | 4,22 | 0,66 | 2,06 |
| 6 | 3 | 1 | 6,00 | 1,94 | 7,40 | 3,27 | 9,00 | 3,58 | 0,29 | 1,28 | 1,57 | 1,77 | 3,34 | 2,51 | 5,73 | 0,89 | 0,98 |
| 6 | 1 | 2 | 5,50 | 1,85 | 7,10 | 2,45 | 9,50 | 3,21 | 0,22 | 0,87 | 1,09 | 0,74 | 1,83 | 2,96 | 8,72 | 1,47 | 0,41 |
| 6 | 2 | 2 | 6,50 | 2,31 | 7,50 | 3,03 | 10,10 | 4,26 | 0,43 | 1,29 | 1,72 | 2,61 | 4,33 | 2,37 | 5,87 | 0,66 | 1,43 |
| 6 | 3 | 2 | 4,80 | 1,93 | 5,00 | 2,61 | 5,10 | 2,64 | 0,11 | 0,41 | 0,52 | 0,77 | 1,29 | 1,93 | 9,81 | 0,68 | 0,49 |
| 6 | 1 | 3 | 5,50 | 2,28 | 7,20 | 3,54 | 10,20 | 4,00 | 0,33 | 1,16 | 1,49 | 1,76 | 3,25 | 2,55 | 6,85 | 0,85 | 0,96 |
| 6 | 2 | 3 | 5,70 | 1,89 | 5,60 | 2,37 | 7,30 | 3,35 | 0,15 | 0,73 | 0,88 | 1,07 | 1,95 | 2,18 | 8,30 | 0,82 | 0,65 |
| 6 | 3 | 3 | 5,80 | 2,31 | 7,80 | 2,91 | 8,50 | 3,74 | 0,32 | 1,20 | 1,52 | 2,09 | 3,61 | 2,27 | 5,59 | 0,73 | 1,20 |
| 6 | 1 | 4 | 4,90 | 0,99 | 6,30 | 2,22 | 8,60 | 2,96 | 0,18 | 1,07 | 1,25 | 0,90 | 2,15 | 2,91 | 6,88 | 1,39 | 0,50 |
| 6 | 2 | 4 | 6,30 | 2,20 | 7,80 | 2,99 | 10,50 | 3,95 | 0,33 | 1,15 | 1,48 | 1,24 | 2,72 | 2,66 | 7,09 | 1,19 | 0,71 |
| 6 | 3 | 4 | 5,00 | 2,12 | 5,30 | 2,63 | 6,50 | 3,15 | 0,19 | 0,79 | 0,98 | 1,39 | 2,37 | 2,06 | 6,63 | 0,71 | 0,86 |
| 7 | 1 | 1 | 5,50 | 2,55 | 7,20 | 2,94 | 11,80 | 3,78 | 0,35 | 1,98 | 2,33 | 1,26 | 3,59 | 3,12 | 5,06 | 1,85 | 0,72 |
| 7 | 2 | 1 | 6,50 | 2,97 | 8,20 | 3,58 | 11,30 | 5,84 | 0,48 | 2,16 | 2,64 | 1,74 | 4,38 | 1,93 | 4,28 | 1,52 | 1,27 |
| 7 | 3 | 1 | 6,20 | 2,10 | 7,50 | 2,51 | 8,50 | 3,11 | 0,24 | 1,05 | 1,29 | 0,95 | 2,24 | 2,73 | 6,59 | 1,36 | 0,55 |
| 7 | 1 | 2 | 6,00 | 2,70 | 9,40 | 3,54 | 18,00 | 4,65 | 0,62 | 2,95 | 3,57 | 1,66 | 5,23 | 3,87 | 5,04 | 2,15 | 0,87 |
| 7 | 2 | 2 | 5,50 | 2,13 | 6,50 | 3,06 | 9,50 | 3,42 | 0,23 | 1,18 | 1,41 | 1,27 | 2,68 | 2,78 | 6,74 | 1,11 | 0,69 |
| 7 | 3 | 2 | 7,90 | 3,11 | 11,10 | 3,94 | 14,70 | 5,44 | 0,74 | 2,73 | 3,47 | 2,73 | 6,20 | 2,70 | 4,24 | 1,27 | 1,56 |
| 7 | 1 | 3 | 7,60 | 2,67 | 11,00 | 3,89 | 20,30 | 4,63 | 0,91 | 3,89 | 4,80 | 2,47 | 7,27 | 4,38 | 4,23 | 1,94 | 1,15 |
| 7 | 2 | 3 | 8,50 | 2,84 | 8,50 | 3,79 | 12,40 | 4,49 | 0,62 | 2,28 | 2,90 | 3,26 | 6,16 | 2,76 | 4,28 | 0,89 | 1,69 |
| 7 | 3 | 3 | 8,00 | 3,08 | 10,20 | 3,69 | 11,70 | 4,66 | 0,63 | 1,96 | 2,59 | 2,06 | 4,65 | 2,51 | 4,52 | 1,26 | 1,23 |
| 7 | 1 | 4 | 8,50 | 2,37 | 13,50 | 3,73 | 20,70 | 4,27 | 0,74 | 2,98 | 3,72 | 1,73 | 5,45 | 4,85 | 5,56 | 2,15 | 0,78 |
| 7 | 2 | 4 | 5,90 | 2,48 | 6,10 | 3,07 | 7,90 | 4,45 | 0,42 | 1,29 | 1,71 | 2,16 | 3,87 | 1,78 | 4,62 | 0,79 | 1,51 |
| 7 | 3 | 4 | 5,60 | 2,31 | 7,90 | 3,37 | 11,20 | 4,04 | 0,35 | 1,98 | 2,33 | 1,44 | 3,77 | 2,77 | 4,81 | 1,62 | 0,86 |
| 8 | 1 | 1 | 7,00 | 1,88 | 8,80 | 3,00 | 11,00 | 4,59 | 0,42 | 1,78 | 2,20 | 1,17 | 3,37 | 2,40 | 5,00 | 1,88 | 0,79 |
| 8 | 2 | 1 | 7,50 | 2,24 | 10,80 | 3,35 | 24,70 | 4,45 | 0,72 | 2,29 | 3,01 | 1,33 | 4,34 | 5,55 | 8,21 | 2,26 | 0,56 |
| 8 | 3 | 1 | 4,80 | 2,71 | 7,40 | 3,68 | 10,10 | 4,07 | 0,46 | 1,89 | 2,35 | 1,47 | 3,82 | 2,48 | 4,30 | 1,60 | 0,94 |
| 8 | 1 | 2 | 7,40 | 1,95 | 11,00 | 2,88 | 17,30 | 4,16 | 0,51 | 2,31 | 2,82 | 1,13 | 3,95 | 4,16 | 6,13 | 2,50 | 0,59 |
| 8 | 2 | 2 | 8,00 | 3,86 | 12,00 | 5,04 | 18,50 | 5,79 | 1,23 | 2,66 | 3,89 | 3,30 | 7,19 | 3,20 | 4,76 | 1,18 | 1,64 |
| 8 | 3 | 2 | 6,60 | 2,46 | 8,30 | 3,01 | 10,20 | 3,80 | 0,45 | 1,90 | 2,35 | 1,33 | 3,68 | 2,68 | 4,34 | 1,77 | 0,83 |
| 8 | 1 | 3 | 7,20 | 2,16 | 12,00 | 3,12 | 19,00 | 4,48 | 0,73 | 2,34 | 3,07 | 1,64 | 4,71 | 4,24 | 6,19 | 1,87 | 0,77 |

Continua ...

Quadro 2A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|------|
| 8 | 2 | 3 | 5,10 | 2,02 | 6,50 | 3,47 | 7,60 | 3,94 | 0,26 | 2,03 | 2,29 | 1,49 | 3,78 | 1,93 | 3,32 | 1,54 | 1,09 |
| 8 | 3 | 3 | 8,50 | 2,69 | 9,20 | 3,06 | 11,60 | 3,91 | 0,47 | 1,94 | 2,41 | 1,73 | 4,14 | 2,97 | 4,81 | 1,39 | 0,95 |
| 8 | 1 | 4 | 6,30 | 1,85 | 6,50 | 2,58 | 7,60 | 2,62 | 0,14 | 0,70 | 0,84 | 0,34 | 1,18 | 2,90 | 9,05 | 2,47 | 0,22 |
| 8 | 2 | 4 | 5,40 | 3,21 | 6,50 | 4,31 | 9,10 | 4,77 | 0,46 | 1,98 | 2,44 | 2,54 | 4,98 | 1,91 | 3,73 | 0,96 | 1,74 |
| 8 | 3 | 4 | 7,50 | 3,26 | 9,50 | 3,47 | 16,00 | 5,04 | 0,66 | 2,70 | 3,36 | 2,15 | 5,51 | 3,17 | 4,76 | 1,56 | 1,16 |
| 9 | 1 | 1 | 7,00 | 2,39 | 9,80 | 3,45 | 12,10 | 4,23 | 0,48 | 2,27 | 2,75 | 1,68 | 4,43 | 2,86 | 4,40 | 1,64 | 0,99 |
| 9 | 2 | 1 | 7,40 | 3,05 | 8,90 | 3,58 | 13,70 | 4,45 | 0,45 | 2,50 | 2,95 | 1,93 | 4,88 | 3,08 | 4,64 | 1,53 | 1,06 |
| 9 | 3 | 1 | 5,50 | 1,47 | 5,50 | 1,89 | 6,50 | 2,40 | 0,10 | 0,66 | 0,76 | 0,59 | 1,35 | 2,71 | 8,55 | 1,29 | 0,34 |
| 9 | 1 | 2 | 5,50 | 1,48 | 9,00 | 2,52 | 18,50 | 3,72 | 0,56 | 2,84 | 3,40 | 1,33 | 4,73 | 4,97 | 5,44 | 2,56 | 0,63 |
| 9 | 2 | 2 | 6,80 | 3,61 | 8,00 | 4,83 | 8,80 | 6,27 | 0,87 | 2,17 | 3,04 | 3,66 | 6,70 | 1,40 | 2,89 | 0,83 | 3,00 |
| 9 | 3 | 2 | 7,30 | 2,28 | 8,50 | 3,44 | 8,70 | 4,41 | 0,47 | 1,21 | 1,68 | 1,52 | 3,20 | 1,97 | 5,18 | 1,11 | 1,04 |
| 9 | 1 | 3 | 7,20 | 1,98 | 8,70 | 2,57 | 12,00 | 3,98 | 0,38 | 1,75 | 2,13 | 1,91 | 4,04 | 3,02 | 5,63 | 1,12 | 0,98 |
| 9 | 2 | 3 | 5,30 | 2,93 | 6,10 | 3,93 | 9,30 | 5,64 | 0,41 | 1,62 | 2,03 | 3,12 | 5,15 | 1,65 | 4,58 | 0,65 | 2,24 |
| 9 | 3 | 3 | 6,30 | 2,57 | 8,00 | 3,98 | 10,90 | 5,00 | 0,51 | 2,15 | 2,66 | 1,63 | 4,29 | 2,18 | 4,10 | 1,63 | 1,13 |
| 9 | 1 | 4 | 4,80 | 2,35 | 7,10 | 3,23 | 11,50 | 3,47 | 0,33 | 1,89 | 2,22 | 1,28 | 3,50 | 3,31 | 5,18 | 1,73 | 0,69 |
| 9 | 2 | 4 | 6,00 | 3,26 | 7,30 | 4,77 | 8,60 | 4,92 | 0,61 | 2,03 | 2,64 | 2,90 | 5,54 | 1,75 | 3,26 | 0,91 | 2,08 |
| 9 | 3 | 4 | 4,40 | 2,75 | 5,90 | 2,98 | 7,20 | 6,96 | 0,26 | 1,26 | 1,52 | 1,02 | 2,54 | 1,03 | 4,74 | 1,49 | 1,01 |
| 10 | 1 | 1 | 6,90 | 2,45 | 10,40 | 4,23 | 17,90 | 4,64 | 0,73 | 2,28 | 3,01 | 2,41 | 5,42 | 3,86 | 5,95 | 1,25 | 1,06 |
| 10 | 2 | 1 | 7,70 | 3,21 | 8,00 | 3,50 | 10,00 | 6,86 | 0,61 | 2,45 | 3,06 | 2,40 | 5,46 | 1,46 | 3,27 | 1,28 | 2,00 |
| 10 | 3 | 1 | 8,00 | 2,49 | 9,50 | 3,24 | 11,10 | 5,44 | 0,45 | 1,49 | 1,94 | 1,57 | 3,51 | 2,04 | 5,72 | 1,24 | 1,07 |
| 10 | 1 | 2 | 6,70 | 1,49 | 7,20 | 2,00 | 11,00 | 4,89 | 0,28 | 1,66 | 1,94 | 0,84 | 2,78 | 2,25 | 5,67 | 2,31 | 0,61 |
| 10 | 2 | 2 | 7,70 | 3,13 | 8,70 | 4,33 | 16,10 | 5,34 | 0,64 | 2,18 | 2,82 | 3,84 | 6,66 | 3,01 | 5,71 | 0,73 | 1,78 |
| 10 | 3 | 2 | 9,30 | 2,85 | 9,50 | 4,21 | 12,50 | 4,56 | 0,62 | 1,85 | 2,47 | 2,79 | 5,26 | 2,74 | 5,06 | 0,89 | 1,45 |
| 10 | 1 | 3 | 7,20 | 1,44 | 11,00 | 3,60 | 19,90 | 5,08 | 0,86 | 3,88 | 4,74 | 2,14 | 6,88 | 3,92 | 4,20 | 2,21 | 1,12 |
| 10 | 2 | 3 | 5,70 | 2,10 | 7,00 | 2,66 | 10,30 | 3,84 | 0,29 | 1,59 | 1,88 | 2,07 | 3,95 | 2,68 | 5,48 | 0,91 | 1,10 |
| 10 | 3 | 3 | 8,50 | 2,62 | 11,30 | 4,28 | 13,30 | 5,10 | 0,84 | 1,94 | 2,78 | 3,43 | 6,21 | 2,61 | 4,78 | 0,81 | 1,82 |
| 10 | 1 | 4 | 6,00 | 2,50 | 8,00 | 3,54 | 12,90 | 4,42 | 0,51 | 2,36 | 2,87 | 2,08 | 4,95 | 2,92 | 4,49 | 1,38 | 1,15 |
| 10 | 2 | 4 | 8,50 | 2,92 | 9,60 | 3,73 | 16,40 | 5,68 | 0,72 | 2,35 | 3,07 | 2,71 | 5,78 | 2,89 | 5,34 | 1,13 | 1,44 |
| 10 | 3 | 4 | 7,10 | 2,53 | 8,50 | 3,69 | 16,80 | 3,91 | 0,40 | 1,57 | 1,97 | 2,00 | 3,97 | 4,30 | 8,53 | 0,99 | 0,75 |
| 11 | 1 | 1 | 7,30 | 2,69 | 9,80 | 3,90 | 23,00 | 5,91 | 0,93 | 3,76 | 4,69 | 2,92 | 7,61 | 3,89 | 4,90 | 1,61 | 1,38 |
| 11 | 2 | 1 | 8,90 | 3,93 | 11,40 | 5,38 | 14,90 | 5,94 | 1,10 | 2,79 | 3,89 | 4,67 | 8,56 | 2,51 | 3,83 | 0,83 | 2,56 |

Continua ...

Quadro 2A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|------|
| 11 | 3 | 1 | 4,50 | 1,80 | 6,10 | 2,78 | 7,50 | 3,49 | 0,24 | 1,50 | 1,74 | 1,02 | 2,76 | 2,15 | 4,31 | 1,71 | 0,72 |
| 11 | 1 | 2 | 7,40 | 2,49 | 10,10 | 3,77 | 15,40 | 4,68 | 0,61 | 2,36 | 2,97 | 1,85 | 4,82 | 3,29 | 5,19 | 1,61 | 0,98 |
| 11 | 2 | 2 | 6,50 | 3,53 | 8,50 | 4,65 | 14,20 | 5,81 | 0,73 | 2,19 | 2,92 | 4,89 | 7,81 | 2,44 | 4,86 | 0,60 | 2,57 |
| 11 | 3 | 2 | 6,20 | 2,10 | 7,30 | 3,51 | 11,60 | 4,62 | 0,47 | 1,92 | 2,39 | 2,82 | 5,21 | 2,51 | 4,85 | 0,85 | 1,55 |
| 11 | 1 | 3 | 9,80 | 2,79 | 12,00 | 3,71 | 20,60 | 4,73 | 0,87 | 2,93 | 3,80 | 2,28 | 6,08 | 4,36 | 5,42 | 1,67 | 1,01 |
| 11 | 2 | 3 | 7,30 | 2,64 | 8,40 | 3,94 | 9,70 | 5,25 | 0,46 | 1,33 | 1,79 | 2,51 | 4,30 | 1,85 | 5,42 | 0,71 | 1,68 |
| 11 | 3 | 3 | 7,90 | 2,23 | 8,90 | 2,76 | 12,00 | 3,88 | 0,34 | 1,43 | 1,77 | 2,20 | 3,97 | 3,09 | 6,78 | 0,80 | 1,02 |
| 11 | 1 | 4 | 6,10 | 2,03 | 6,30 | 2,45 | 7,50 | 2,95 | 0,17 | 0,91 | 1,08 | 0,88 | 1,96 | 2,54 | 6,94 | 1,23 | 0,52 |
| 11 | 2 | 4 | 7,00 | 3,08 | 7,50 | 3,95 | 12,90 | 4,71 | 0,43 | 1,55 | 1,98 | 3,50 | 5,48 | 2,74 | 6,52 | 0,57 | 1,66 |
| 11 | 3 | 4 | 8,00 | 3,06 | 8,60 | 3,83 | 9,50 | 4,85 | 0,56 | 1,50 | 2,06 | 1,71 | 3,77 | 1,96 | 4,61 | 1,20 | 1,19 |
| 12 | 1 | 1 | 8,20 | 2,66 | 10,40 | 3,23 | 18,00 | 4,02 | 0,41 | 2,13 | 2,54 | 1,25 | 3,79 | 4,48 | 7,09 | 2,03 | 0,58 |
| 12 | 2 | 1 | 7,00 | 2,77 | 8,00 | 3,37 | 13,20 | 4,05 | 0,44 | 2,08 | 2,52 | 2,52 | 5,04 | 3,26 | 5,24 | 1,00 | 1,18 |
| 12 | 3 | 1 | 6,50 | 2,39 | 6,90 | 2,88 | 10,40 | 3,80 | 0,30 | 1,32 | 1,62 | 1,54 | 3,16 | 2,74 | 6,42 | 1,05 | 0,83 |
| 12 | 1 | 2 | 9,00 | 3,24 | 12,50 | 3,95 | 20,00 | 4,61 | 0,77 | 2,66 | 3,43 | 2,28 | 5,71 | 4,34 | 5,83 | 1,50 | 0,98 |
| 12 | 2 | 2 | 8,30 | 3,60 | 10,00 | 5,12 | 11,50 | 6,17 | 1,01 | 2,60 | 3,61 | 4,48 | 8,09 | 1,86 | 3,19 | 0,81 | 3,03 |
| 12 | 3 | 2 | 7,80 | 2,64 | 8,30 | 3,63 | 12,20 | 4,47 | 0,42 | 1,66 | 2,08 | 2,98 | 5,06 | 2,73 | 5,87 | 0,70 | 1,48 |
| 12 | 1 | 3 | 6,30 | 2,08 | 8,50 | 3,18 | 12,50 | 4,44 | 0,42 | 1,96 | 2,38 | 1,56 | 3,94 | 2,82 | 5,25 | 1,53 | 0,91 |
| 12 | 2 | 3 | 7,70 | 3,35 | 9,80 | 4,29 | 10,70 | 5,58 | 0,72 | 2,44 | 3,16 | 3,46 | 6,62 | 1,92 | 3,39 | 0,91 | 2,34 |
| 12 | 3 | 3 | 3,80 | 1,60 | 5,00 | 2,81 | 7,30 | 3,00 | 0,15 | 0,81 | 0,96 | 0,71 | 1,67 | 2,43 | 7,60 | 1,35 | 0,44 |
| 12 | 1 | 4 | 5,20 | 0,83 | 6,00 | 2,15 | 6,90 | 2,21 | 0,11 | 0,47 | 0,58 | 0,22 | 0,80 | 3,12 | 11,90 | 2,64 | 0,14 |
| 12 | 2 | 4 | 9,00 | 3,15 | 11,10 | 4,45 | 16,60 | 6,17 | 1,04 | 2,81 | 3,85 | 3,87 | 7,72 | 2,69 | 4,31 | 0,99 | 2,09 |
| 12 | 3 | 4 | 6,40 | 2,76 | 8,20 | 4,16 | 8,70 | 4,74 | 0,46 | 1,49 | 1,95 | 2,22 | 4,17 | 1,84 | 4,46 | 0,88 | 1,54 |
| 13 | 1 | 1 | 7,00 | 2,97 | 11,20 | 4,55 | 17,00 | 5,82 | 0,66 | 3,17 | 3,83 | 2,38 | 6,21 | 2,92 | 4,44 | 1,61 | 1,37 |
| 13 | 2 | 1 | 8,00 | 2,70 | 8,60 | 4,49 | 11,20 | 5,38 | 0,65 | 2,59 | 3,24 | 3,05 | 6,29 | 2,08 | 3,46 | 1,06 | 2,00 |
| 13 | 3 | 1 | 9,20 | 3,02 | 10,50 | 3,59 | 14,90 | 4,81 | 0,71 | 2,51 | 3,22 | 2,63 | 5,85 | 3,10 | 4,63 | 1,22 | 1,35 |
| 13 | 1 | 2 | 6,40 | 2,60 | 9,00 | 2,77 | 12,00 | 3,04 | 0,18 | 1,25 | 1,43 | 0,52 | 1,95 | 3,95 | 8,39 | 2,75 | 0,29 |
| 13 | 2 | 2 | 7,40 | 2,70 | 8,40 | 3,76 | 11,70 | 5,89 | 0,56 | 2,28 | 2,84 | 2,65 | 5,49 | 1,99 | 4,12 | 1,07 | 1,80 |
| 13 | 3 | 2 | 7,80 | 2,55 | 9,00 | 3,62 | 14,00 | 5,41 | 0,56 | 1,77 | 2,33 | 2,43 | 4,76 | 2,59 | 6,01 | 0,96 | 1,34 |
| 13 | 1 | 3 | 6,50 | 1,99 | 8,40 | 3,03 | 11,80 | 4,89 | 0,47 | 1,91 | 2,38 | 2,20 | 4,58 | 2,41 | 4,96 | 1,08 | 1,31 |
| 13 | 2 | 3 | 7,20 | 2,89 | 9,00 | 3,85 | 14,70 | 5,42 | 0,63 | 2,40 | 3,03 | 3,36 | 6,39 | 2,71 | 4,85 | 0,90 | 1,77 |
| 13 | 3 | 3 | 7,70 | 3,09 | 9,00 | 5,31 | 10,40 | 6,68 | 0,65 | 2,41 | 3,06 | 1,32 | 4,38 | 1,56 | 3,40 | 2,32 | 1,13 |

Continua ...

Quadro 2A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|------|
| 13 | 1 | 4 | 6,90 | 2,85 | 8,00 | 3,93 | 14,00 | 4,98 | 0,56 | 2,04 | 2,60 | 2,07 | 4,67 | 2,81 | 5,38 | 1,26 | 1,15 |
| 13 | 2 | 4 | 7,70 | 3,20 | 9,20 | 4,17 | 12,60 | 6,27 | 0,99 | 2,55 | 3,54 | 3,73 | 7,27 | 2,01 | 3,56 | 0,95 | 2,46 |
| 13 | 3 | 4 | 8,50 | 2,70 | 10,20 | 3,75 | 16,80 | 5,42 | 0,50 | 1,77 | 2,27 | 1,75 | 4,02 | 3,10 | 7,40 | 1,30 | 0,91 |
| 14 | 1 | 1 | 6,30 | 1,34 | 7,70 | 2,23 | 11,00 | 2,87 | 0,24 | 1,47 | 1,71 | 1,09 | 2,80 | 3,83 | 6,43 | 1,57 | 0,52 |
| 14 | 2 | 1 | 6,20 | 2,77 | 7,20 | 3,86 | 9,60 | 4,64 | 0,40 | 1,86 | 2,26 | 2,58 | 4,84 | 2,07 | 4,25 | 0,88 | 1,64 |
| 14 | 3 | 1 | 9,50 | 3,30 | 11,50 | 4,82 | 12,60 | 5,39 | 0,81 | 3,02 | 3,83 | 3,26 | 7,09 | 2,34 | 3,29 | 1,17 | 2,02 |
| 14 | 1 | 2 | 3,50 | 2,06 | 6,00 | 2,36 | 8,50 | 2,92 | 0,13 | 1,23 | 1,36 | 0,54 | 1,90 | 2,91 | 6,25 | 2,52 | 0,35 |
| 14 | 2 | 2 | 8,20 | 3,18 | 9,30 | 4,24 | 17,60 | 5,71 | 0,76 | 2,57 | 3,33 | 3,08 | 6,41 | 3,08 | 5,29 | 1,08 | 1,54 |
| 14 | 3 | 2 | 6,00 | 2,11 | 6,20 | 3,23 | 8,20 | 4,47 | 0,24 | 1,07 | 1,31 | 1,31 | 2,62 | 1,83 | 6,26 | 1,00 | 0,92 |
| 14 | 1 | 3 | 8,00 | 3,10 | 14,20 | 4,10 | 20,20 | 4,29 | 0,73 | 2,71 | 3,44 | 1,62 | 5,06 | 4,71 | 5,87 | 2,12 | 0,74 |
| 14 | 2 | 3 | 7,40 | 2,76 | 9,10 | 4,15 | 14,20 | 5,35 | 0,67 | 2,38 | 3,05 | 3,20 | 6,25 | 2,65 | 4,66 | 0,95 | 1,73 |
| 14 | 3 | 3 | 6,00 | 2,11 | 6,70 | 3,43 | 11,60 | 4,25 | 0,34 | 1,65 | 1,99 | 0,97 | 2,96 | 2,73 | 5,83 | 2,05 | 0,62 |
| 14 | 1 | 4 | 10,00 | 3,37 | 12,70 | 4,72 | 16,70 | 5,01 | 0,83 | 2,59 | 3,42 | 1,84 | 5,26 | 3,33 | 4,88 | 1,86 | 1,01 |
| 14 | 2 | 4 | 7,40 | 2,19 | 9,40 | 3,40 | 16,50 | 4,54 | 0,45 | 2,00 | 2,45 | 1,77 | 4,22 | 3,63 | 6,73 | 1,38 | 0,84 |
| 14 | 3 | 4 | 7,60 | 2,71 | 9,20 | 3,85 | 11,20 | 4,57 | 0,62 | 1,74 | 2,36 | 2,15 | 4,51 | 2,45 | 4,75 | 1,10 | 1,27 |
| 15 | 1 | 1 | 10,20 | 3,01 | 12,20 | 3,68 | 16,00 | 5,02 | 0,56 | 2,33 | 2,89 | 1,54 | 4,43 | 3,19 | 5,54 | 1,88 | 0,87 |
| 15 | 2 | 1 | 7,50 | 3,07 | 8,30 | 4,12 | 11,20 | 5,93 | 0,71 | 1,86 | 2,57 | 2,93 | 5,50 | 1,89 | 4,36 | 0,88 | 1,99 |
| 15 | 3 | 1 | 2,60 | 1,26 | 2,80 | 1,72 | 3,10 | 1,92 | 0,01 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,11 | 1,61 | 62,00 | 0,83 | 0,04 |
| 15 | 1 | 2 | 8,40 | 2,31 | 13,20 | 3,59 | 22,90 | 3,98 | 0,73 | 2,47 | 3,20 | 1,49 | 4,69 | 5,75 | 7,16 | 2,15 | 0,59 |
| 15 | 2 | 2 | 9,00 | 3,19 | 10,60 | 4,26 | 12,90 | 5,25 | 0,77 | 2,23 | 3,00 | 3,23 | 6,23 | 2,46 | 4,30 | 0,93 | 1,84 |
| 15 | 3 | 2 | 7,70 | 2,91 | 9,10 | 3,46 | 11,50 | 4,31 | 0,44 | 1,70 | 2,14 | 1,47 | 3,61 | 2,67 | 5,37 | 1,46 | 0,88 |
| 15 | 1 | 3 | 7,60 | 2,57 | 11,00 | 3,58 | 21,10 | 5,40 | 0,90 | 3,14 | 4,04 | 2,47 | 6,51 | 3,91 | 5,22 | 1,64 | 1,17 |
| 15 | 2 | 3 | 13,50 | 3,87 | 15,80 | 4,88 | 23,30 | 6,47 | 1,42 | 3,81 | 5,23 | 4,49 | 9,72 | 3,60 | 4,46 | 1,16 | 2,04 |
| 15 | 3 | 3 | 7,40 | 2,25 | 7,70 | 2,61 | 9,30 | 3,55 | 0,23 | 1,22 | 1,45 | 3,45 | 4,90 | 2,62 | 6,41 | 0,42 | 1,61 |
| 15 | 1 | 4 | 8,00 | 3,90 | 13,10 | 5,14 | 17,50 | 5,20 | 0,77 | 2,78 | 3,55 | 1,95 | 5,50 | 3,37 | 4,93 | 1,82 | 1,06 |
| 15 | 2 | 4 | 8,40 | 3,40 | 9,50 | 4,85 | 12,30 | 6,53 | 0,87 | 2,42 | 3,29 | 3,00 | 6,29 | 1,88 | 3,74 | 1,10 | 2,11 |
| 15 | 3 | 4 | 7,40 | 3,02 | 8,00 | 3,96 | 9,50 | 5,10 | 0,56 | 1,59 | 2,15 | 3,02 | 5,17 | 1,86 | 4,42 | 0,71 | 2,01 |
| 16 | 1 | 1 | 9,30 | 2,83 | 11,40 | 4,06 | 15,70 | 5,25 | 0,68 | 2,23 | 2,91 | 2,20 | 5,11 | 2,99 | 5,40 | 1,32 | 1,18 |
| 16 | 2 | 1 | 5,50 | 2,82 | 8,00 | 4,08 | 9,60 | 5,76 | 0,50 | 2,36 | 2,86 | 3,55 | 6,41 | 1,67 | 3,36 | 0,81 | 2,59 |
| 16 | 3 | 1 | 5,70 | 2,45 | 7,50 | 2,45 | 9,20 | 2,95 | 0,19 | 0,77 | 0,96 | 0,92 | 1,88 | 3,12 | 9,58 | 1,04 | 0,45 |
| 16 | 1 | 2 | 10,50 | 2,20 | 14,90 | 2,88 | 21,00 | 3,38 | 0,44 | 1,66 | 2,10 | 0,93 | 3,03 | 6,21 | 10,00 | 2,26 | 0,36 |

Continua ...

Quadro 2A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|------|
| 16 | 2 | 2 | 7,30 | 2,73 | 8,90 | 3,94 | 10,50 | 4,79 | 0,53 | 1,94 | 2,47 | 3,58 | 6,05 | 2,19 | 4,25 | 0,69 | 2,10 |
| 16 | 3 | 2 | 6,50 | 2,68 | 7,90 | 3,27 | 9,00 | 3,82 | 0,35 | 1,40 | 1,75 | 1,30 | 3,05 | 2,36 | 5,14 | 1,35 | 0,82 |
| 16 | 1 | 3 | 7,70 | 1,54 | 10,50 | 2,76 | 18,40 | 4,42 | 0,48 | 2,07 | 2,55 | 1,31 | 3,86 | 4,16 | 7,22 | 1,95 | 0,63 |
| 16 | 2 | 3 | 9,70 | 2,67 | 14,20 | 3,91 | 22,00 | 4,95 | 1,07 | 2,63 | 3,70 | 3,88 | 7,58 | 4,44 | 5,95 | 0,95 | 1,40 |
| 16 | 3 | 3 | 8,30 | 3,05 | 9,80 | 4,10 | 11,10 | 5,98 | 0,65 | 2,48 | 3,13 | 2,43 | 5,56 | 1,86 | 3,55 | 1,29 | 1,77 |
| 16 | 1 | 4 | 6,80 | 1,32 | 8,00 | 2,36 | 11,90 | 3,32 | 0,24 | 1,27 | 1,51 | 0,63 | 2,14 | 3,58 | 7,88 | 2,40 | 0,36 |
| 16 | 2 | 4 | 6,50 | 3,35 | 7,90 | 4,56 | 7,90 | 5,75 | 0,70 | 2,22 | 2,92 | 2,87 | 5,79 | 1,37 | 2,71 | 1,02 | 2,42 |
| 16 | 3 | 4 | 6,50 | 3,87 | 8,50 | 4,55 | 9,00 | 5,45 | 0,56 | 1,77 | 2,33 | 2,24 | 4,57 | 1,65 | 3,86 | 1,04 | 1,70 |
| 17 | 1 | 1 | 5,00 | 1,75 | 6,50 | 2,22 | 7,70 | 2,66 | 0,11 | 0,69 | 0,80 | 0,39 | 1,19 | 2,89 | 9,63 | 2,05 | 0,24 |
| 17 | 2 | 1 | 8,70 | 3,42 | 10,70 | 4,02 | 16,40 | 5,76 | 0,96 | 2,99 | 3,95 | 2,98 | 6,93 | 2,85 | 4,15 | 1,33 | 1,66 |
| 17 | 3 | 1 | 6,50 | 2,81 | 8,00 | 3,98 | 13,20 | 5,31 | 0,54 | 2,02 | 2,56 | 2,62 | 5,18 | 2,49 | 5,16 | 0,98 | 1,50 |
| 17 | 1 | 2 | 5,70 | 2,12 | 5,90 | 2,20 | 6,10 | 2,28 | 0,05 | 0,28 | 0,33 | 0,25 | 0,58 | 2,68 | 18,48 | 1,32 | 0,15 |
| 17 | 2 | 2 | 11,50 | 3,47 | 13,40 | 4,80 | 14,60 | 6,34 | 1,30 | 2,85 | 4,15 | 3,36 | 7,51 | 2,30 | 3,52 | 1,24 | 2,12 |
| 17 | 3 | 2 | 9,80 | 2,09 | 11,50 | 3,44 | 14,00 | 4,14 | 0,61 | 1,90 | 2,51 | 2,39 | 4,90 | 3,38 | 5,58 | 1,05 | 1,11 |
| 17 | 1 | 3 | 6,50 | 2,24 | 8,90 | 2,97 | 12,60 | 4,11 | 0,41 | 1,66 | 2,07 | 1,01 | 3,08 | 3,07 | 6,09 | 2,05 | 0,60 |
| 17 | 2 | 3 | 7,80 | 3,25 | 8,30 | 3,75 | 12,20 | 5,43 | 0,67 | 2,54 | 3,21 | 2,31 | 5,52 | 2,25 | 3,80 | 1,39 | 1,52 |
| 17 | 3 | 3 | 6,40 | 2,13 | 6,70 | 2,24 | 7,60 | 2,66 | 0,19 | 0,73 | 0,92 | 0,79 | 1,71 | 2,86 | 8,26 | 1,16 | 0,43 |
| 17 | 1 | 4 | 7,60 | 2,83 | 10,50 | 3,76 | 17,70 | 4,73 | 0,65 | 2,61 | 3,26 | 2,25 | 5,51 | 3,74 | 5,43 | 1,45 | 1,06 |
| 17 | 2 | 4 | 6,90 | 3,54 | 7,70 | 4,30 | 9,30 | 4,73 | 0,52 | 2,34 | 2,86 | 3,99 | 6,85 | 1,97 | 3,25 | 0,72 | 2,55 |
| 17 | 3 | 4 | 5,10 | 2,54 | 5,50 | 2,60 | 6,60 | 3,23 | 0,16 | 1,07 | 1,23 | 1,15 | 2,38 | 2,04 | 5,37 | 1,07 | 0,76 |
| 18 | 1 | 1 | 8,30 | 3,33 | 12,20 | 3,58 | 22,40 | 5,15 | 0,74 | 2,46 | 3,20 | 2,22 | 5,42 | 4,35 | 7,00 | 1,44 | 0,94 |
| 18 | 2 | 1 | 6,50 | 2,64 | 8,20 | 4,53 | 11,60 | 5,00 | 0,56 | 2,31 | 2,87 | 2,90 | 5,77 | 2,32 | 4,04 | 0,99 | 1,74 |
| 18 | 3 | 1 | 4,70 | 2,28 | 6,00 | 2,82 | 8,10 | 3,62 | 0,19 | 0,99 | 1,18 | 1,63 | 2,81 | 2,24 | 6,86 | 0,72 | 0,95 |
| 18 | 1 | 2 | 6,00 | 2,24 | 7,80 | 2,95 | 13,50 | 3,07 | 0,27 | 1,48 | 1,75 | 0,96 | 2,71 | 4,40 | 7,71 | 1,82 | 0,44 |
| 18 | 2 | 2 | 5,40 | 3,12 | 6,70 | 4,94 | 8,20 | 5,12 | 0,47 | 1,81 | 2,28 | 3,15 | 5,43 | 1,60 | 3,60 | 0,72 | 2,34 |
| 18 | 3 | 2 | 7,00 | 2,76 | 8,20 | 4,50 | 9,60 | 5,37 | 0,69 | 2,30 | 2,99 | 2,46 | 5,45 | 1,79 | 3,21 | 1,22 | 1,81 |
| 18 | 1 | 3 | 7,00 | 2,24 | 10,10 | 2,50 | 16,60 | 5,07 | 0,33 | 1,63 | 1,96 | 0,98 | 2,94 | 3,27 | 8,47 | 2,00 | 0,56 |
| 18 | 2 | 3 | 5,60 | 4,18 | 7,40 | 4,62 | 12,50 | 6,59 | 0,73 | 2,46 | 3,19 | 4,04 | 7,23 | 1,90 | 3,92 | 0,79 | 2,69 |
| 18 | 3 | 3 | 8,00 | 2,77 | 9,40 | 4,52 | 10,80 | 5,40 | 0,76 | 1,92 | 2,68 | 2,79 | 5,47 | 2,00 | 4,03 | 0,96 | 1,85 |
| 18 | 1 | 4 | 5,50 | 2,76 | 7,50 | 3,26 | 12,20 | 3,36 | 0,38 | 1,86 | 2,24 | 1,45 | 3,69 | 3,63 | 5,45 | 1,54 | 0,71 |
| 18 | 2 | 4 | 12,60 | 3,88 | 14,00 | 4,67 | 18,60 | 5,66 | 1,07 | 2,96 | 4,03 | 4,58 | 8,61 | 3,29 | 4,62 | 0,88 | 2,07 |

Continua ...

Quadro 2A – Continuação

| TRAT | SOLO | REP | H60 | D60 | H90 | D90 | H120 | D120 | MSC | MSF | MSPA | MSR | MST | HD | HMSPA | MSPAMSR | IQD |
|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|------|
| 18 | 3 | 4 | 4,30 | 2,33 | 5,40 | 3,00 | 6,60 | 3,06 | 0,22 | 0,79 | 1,01 | 1,20 | 2,21 | 2,16 | 6,53 | 0,84 | 0,74 |
| 19 | 1 | 1 | 7,00 | 2,69 | 9,00 | 3,06 | 14,40 | 3,59 | 0,44 | 2,22 | 2,66 | 1,17 | 3,83 | 4,01 | 5,41 | 2,27 | 0,61 |
| 19 | 2 | 1 | 7,50 | 3,08 | 8,30 | 3,44 | 14,20 | 4,21 | 0,41 | 1,89 | 2,30 | 2,36 | 4,66 | 3,37 | 6,17 | 0,97 | 1,07 |
| 19 | 3 | 1 | 6,00 | 2,06 | 7,70 | 3,08 | 8,20 | 3,22 | 0,22 | 1,22 | 1,44 | 1,01 | 2,45 | 2,55 | 5,69 | 1,43 | 0,62 |
| 19 | 1 | 2 | 7,00 | 2,55 | 7,50 | 3,87 | 14,50 | 5,40 | 0,65 | 2,89 | 3,54 | 2,75 | 6,29 | 2,69 | 4,10 | 1,29 | 1,58 |
| 19 | 2 | 2 | 9,70 | 3,59 | 12,70 | 4,90 | 19,70 | 6,01 | 1,09 | 3,15 | 4,24 | 3,09 | 7,33 | 3,28 | 4,65 | 1,37 | 1,58 |
| 19 | 3 | 2 | 7,60 | 2,69 | 8,50 | 3,68 | 9,70 | 5,23 | 0,52 | 1,70 | 2,22 | 2,79 | 5,01 | 1,85 | 4,37 | 0,80 | 1,89 |
| 19 | 1 | 3 | 7,00 | 2,46 | 11,00 | 3,32 | 18,10 | 4,98 | 0,51 | 2,72 | 3,23 | 2,02 | 5,25 | 3,63 | 5,60 | 1,60 | 1,00 |
| 19 | 2 | 3 | 8,50 | 3,43 | 10,10 | 4,50 | 12,40 | 5,17 | 0,77 | 2,47 | 3,24 | 4,71 | 7,95 | 2,40 | 3,83 | 0,69 | 2,58 |
| 19 | 3 | 3 | 8,50 | 3,20 | 9,80 | 3,94 | 13,10 | 5,44 | 0,68 | 2,21 | 2,89 | 2,94 | 5,83 | 2,41 | 4,53 | 0,98 | 1,72 |
| 19 | 1 | 4 | 7,90 | 2,60 | 10,50 | 3,91 | 15,60 | 4,52 | 0,63 | 2,94 | 3,57 | 1,87 | 5,44 | 3,45 | 4,37 | 1,91 | 1,01 |
| 19 | 2 | 4 | 8,80 | 3,15 | 11,00 | 4,66 | 13,30 | 5,91 | 0,99 | 3,07 | 4,06 | 3,25 | 7,31 | 2,25 | 3,28 | 1,25 | 2,09 |
| 19 | 3 | 4 | 7,50 | 3,43 | 9,70 | 5,10 | 11,80 | 6,35 | 0,41 | 2,76 | 3,17 | 3,56 | 6,73 | 1,86 | 3,72 | 0,89 | 2,45 |
| 20 | 1 | 1 | 7,40 | 2,86 | 10,50 | 3,67 | 12,20 | 5,07 | 0,44 | 1,94 | 2,38 | 1,14 | 3,52 | 2,41 | 5,13 | 2,09 | 0,78 |
| 20 | 2 | 1 | 8,70 | 3,76 | 9,70 | 4,87 | 10,90 | 6,47 | 1,02 | 2,30 | 3,32 | 4,50 | 7,82 | 1,68 | 3,28 | 0,74 | 3,23 |
| 20 | 3 | 1 | 5,80 | 2,29 | 7,00 | 3,16 | 8,80 | 3,93 | 0,29 | 1,21 | 1,50 | 1,57 | 3,07 | 2,24 | 5,87 | 0,96 | 0,96 |
| 20 | 1 | 2 | 8,30 | 1,55 | 15,00 | 3,00 | 22,30 | 3,94 | 0,64 | 2,92 | 3,56 | 2,34 | 5,90 | 5,66 | 6,26 | 1,52 | 0,82 |
| 20 | 2 | 2 | 7,40 | 3,37 | 8,50 | 4,91 | 12,50 | 7,54 | 0,77 | 2,56 | 3,33 | 3,60 | 6,93 | 1,66 | 3,75 | 0,93 | 2,68 |
| 20 | 3 | 2 | 6,50 | 1,81 | 11,90 | 2,81 | 16,10 | 4,89 | 0,64 | 2,51 | 3,15 | 2,54 | 5,69 | 3,29 | 5,11 | 1,24 | 1,26 |
| 20 | 1 | 3 | 8,00 | 2,75 | 13,00 | 3,70 | 20,20 | 5,11 | 0,81 | 3,20 | 4,01 | 2,33 | 6,34 | 3,95 | 5,04 | 1,72 | 1,12 |
| 20 | 2 | 3 | 9,80 | 2,38 | 10,50 | 4,95 | 11,70 | 6,79 | 1,05 | 2,63 | 3,68 | 3,20 | 6,88 | 1,72 | 3,18 | 1,15 | 2,39 |
| 20 | 3 | 3 | 6,40 | 2,65 | 8,40 | 3,40 | 9,80 | 4,53 | 0,44 | 1,57 | 2,01 | 1,60 | 3,61 | 2,16 | 4,88 | 1,26 | 1,06 |
| 20 | 1 | 4 | 5,80 | 2,43 | 11,80 | 3,63 | 20,40 | 5,47 | 0,73 | 2,88 | 3,61 | 2,38 | 5,99 | 3,73 | 5,65 | 1,52 | 1,14 |
| 20 | 2 | 4 | 10,00 | 3,17 | 10,70 | 4,21 | 15,60 | 5,89 | 0,71 | 2,51 | 3,22 | 2,86 | 6,08 | 2,65 | 4,84 | 1,13 | 1,61 |