

LISSANDRA SILVA MARQUES

CRESCIMENTO DE MUDAS DE JACARÉ (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), BICO-DE-PATO (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) E GARAPA (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) EM DIFERENTES TIPOS DE SOLO E FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

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
2006

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

T

M357c
2006

Marques, Lissandra Silva, 1977-
Crescimento de mudas de jacaré
(*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr.), bico-de-
pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) e garapa
(*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr.) em diferentes
tipos de solo e fontes e doses de nitrogênio / Lissandra
Silva Marques. – Viçosa : UFV, 2006.
xii, 119f. : il. ; 29cm.

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

1. Árvores - Mudas - Crescimento. 2. Mudas - Nutrição.
3. Mudas - Adubos e fertilizantes. 4. Mudas - Qualidade.
5. Plantas - Efeito do nitrogênio.
6. *Piptadenia gonoacantha* 7. *Machaerium nictitans*.
8. *Apuleia leiocarpa*. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDO adpt. CDD 634.92324251

LISSANDRA SILVA MARQUES

CRESCIMENTO DE MUDAS DE JACARÉ (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), BICO-DE-PATO (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) E GARAPA (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) EM DIFERENTES TIPOS DE SOLO E FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

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: 24 de maio de 2006.

Prof. Dr. José Mauro Gomes
(Co-Orientador)

Prof. Dr. Júlio César Lima Neves
(Co-Orientador)

Prof. Dr. Herly Carlos Teixeira Dias

Prof. Dr. Laércio Antônio G. Jacovine

Prof. Dr. Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

Dedico,

A Deus.

A minha filha.

A minha mãe.

AGRADECIMENTO

A coordenação do curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Professor Haroldo Nogueira de Paiva, pela orientação na realização deste trabalho.

Aos meus conselheiros Prof. José Mauro Gomes e Prof. Júlio César Lima Neves.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo no decorrer do curso.

Ao Projeto PRODETAB 130-02/01 pelo financiamento do presente trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal pelos ensinamentos nas disciplinas cursadas.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação Elzimar de Oliveira Gonçalves e Paulo Henrique de Souza pela amizade verdadeira, pelo apoio, pelo incentivo e pela compreensão no decorrer do trabalho e em todos os momentos.

A Ritinha e ao Fredy da secretaria da pós-graduação, pela competência, pelo apoio e pela amizade.

Aos funcionários do Viveiro, Geraldo Magela, Sebastião, João, Maurício, Antônio e Vantuil, pelo apoio, pela dedicação e pela amizade.

Ao Professor Eduardo Euclides de Lima e Borges e aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes Florestais – Silvicultura, em especial a Mauro, Leacir, Geraldo Machado e Márcio pelo auxílio, amizade e pelo apoio durante a fase de laboratório.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, pelo incentivo e amizade.

A minha mãe Lúcia e tia Zezé por terem ficado com minha filha enquanto eu trabalhava.

Ao meu padrinho Valerio pelo carinho, estímulo e pela valiosa ajuda.

Enfim, a todas as pessoas que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Lissandra Silva Marques, filha de Manoel Silveira Marques Neto e Lúcia Silva Marques, nasceu em 14/02/1977, em Ponte Nova, MG, Brasil.

Em 1998, ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em julho de 2003.

Em agosto de 2003, iniciou o curso de Pós-Graduação, em nível de mestrado, em Ciência Florestal, no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 24 de maio de 2006.

ÍNDICE

| | |
|---------------------------------|----|
| RESUMO..... | ix |
| ABSTRACT..... | xi |
| INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 7 |

Capítulo 1: Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.) em resposta a fontes e doses de nitrogênio em tipos de solo.

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | 10 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 14 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 19 |
| 3.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto..... | 19 |
| 3.2. Peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca de raízes e peso de matéria seca total..... | 28 |
| 3.3. Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes e índice de qualidade de Dickson..... | 34 |
| 3.4. Nodulação..... | 39 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO..... | 44 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 45 |

Capítulo 2: Crescimento de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) em resposta a fontes e doses de nitrogênio em tipos de solo.

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | 48 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 50 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 53 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 58 |
| 3.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto..... | 58 |
| 3.2. Peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca de raízes e peso de matéria seca total..... | 64 |
| 3.3. Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes e índice de qualidade de Dickson..... | 68 |
| 3.4. Nodulação..... | 71 |
| 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO..... | 79 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 80 |

Capítulo 3: Crescimento de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.) em resposta a fontes e doses de nitrogênio em tipos de solo.

| | |
|--|-----|
| RESUMO..... | 83 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 85 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 88 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 93 |
| 3.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto..... | 93 |
| 3.2. Peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca de raízes e peso de matéria seca total..... | 102 |
| 3.3. Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes e índice de qualidade de Dickson..... | 108 |
| 3.4. Nodulação..... | 114 |
| 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO..... | 116 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 117 |
|------------------------------------|-----|

RESUMO

MARQUES, Lissandra Silva, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Maio 2006, **Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) e garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solo e fontes e doses de nitrogênio.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Orientadores: José Mauro Gomes e Júlio César Lima Neves.

Em virtude da escassez de informações sobre a demanda nutricional, principalmente para o nitrogênio e o padrão de qualidade de mudas de espécies nativas da Mata Atlântica com potencial para plantio, neste trabalho foi estudado o crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), de bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) e de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) em resposta a fontes e doses desse nutriente em tipos de solo. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de 1,5 dm³ utilizando como substrato três diferentes amostras de solo, predominantes da região de Viçosa-MG, cambissolo, argissolo e latossolo. O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - DEF/UFV, em Viçosa – MG, no período de novembro de 2004 a junho de 2005. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], nitrato de cálcio

[Ca(NO₃)₂] e sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N), aplicadas em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados (DBC), num arranjo fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos para cada espécie. As características morfológicas, e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas, foram analisadas ao término do experimento, 120 dias após a semeadura, quando também se verificou a presença e o número de nódulos ativos no sistema radicular. De modo geral, a resposta das mudas quanto à adubação nitrogenada apresentou comportamento semelhante, verificando-se melhor padrão de qualidade para mudas de jacaré produzidas no substrato argissolo e cambissolo, bico-de-pato produzidas no substrato cambissolo e garapa produzidas no substrato argissolo, utilizando como fonte o sulfato de amônio com aplicação de uma dose média de 170, 150 e 150 mg/dm³ de N, respectivamente, parceladas aos 25, 50, 75 e 100 dias.

ABSTRACT

MARQUES, Lissandra Silva, M.S. Universidade Federal de Viçosa, May 2006, **Jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), Bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) and Garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel), J.F. Macbr.) seedlings growth in different types of soils and sources and levels of nitrogen.** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-advisers: José Mauro Gomes and Júlio César Lima Neves.

Due to the lack of information on the nutritional demand, mainly for nitrogen and also about the seedlings quality standards for Atlantic forest native species with good growth potential, it was studied in this work the growth of Jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), Bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) and Garapa seedlings (*Apuleia leiocarpa* (Vogel), J.F. Macbr) in response to different sources and levels of nitrogen on three different soils. The seedlings were cultivated in 1,5 dm³ vases using as substrate three samples of the predominant soils in Viçosa-MG region, cambisol, ultisol and latosol. The experiment was developed in the nursery of Forest Engineer Research Department at Federal University of Viçosa- DEF/UFV, in Viçosa – MG, from november 2004 to july 2005. The treatments were based on three sources of nitrogen applied as nitrate of ammonium [NH₄NO₃], nitrate of calcium [Ca(NO₃)₂] and sulfate of ammonium [(NH₄)₂SO₄] solutions, and five levels (0,50,100,150 and 200 mg/dm³

of N), divided in four equivalent portions, 25, 50,75, 100 days after seeding. The statistical design for each species was randomized blocks (DBC), factorial arrangement (3 x 5 x 3), corresponding to three sources, five levels of nitrogen and three different types of soils, with four blocks, in a total of 180 vases. The morphological characteristics and their relations to determine the seedlings quality indexes were analyzed at the end of the experiment, 120 days after seeding, when it was also verified presence and number of active nodules in the root system. Generally speaking, the seedlings response to the nitrogen fertilization showed similar behavior, and the quality of Jacaré seedlings was better in ultisoil and cambisoil substract. Bico-de-pato seedlings had better performance in cambisoil substract, and Garapa seedlings in ultisoil substract, using sulfate of ammonium, applying an average of 170, 150 and 150 mg/dm³ of N parceled out at the 25, 50, 75 and 100 days.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de mudas de espécies florestais nativas, com qualidade e na quantidade desejada, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais com espécies nativas (GONÇALVES et al., 2000). O padrão de qualidade de mudas varia entre espécies e, para uma mesma espécie, entre sítios. O objetivo é atingir uma qualidade em que as mudas apresentem características que possam oferecer resistência às condições adversas que poderão ocorrer posteriormente, mesmo tendo sido o plantio efetuado em período de condições favoráveis (CARNEIRO, 1995). A compreensão sobre a demanda nutricional e o uso de substratos de cultivo apropriados para o crescimento de mudas de espécies florestais de boa qualidade silvicultural que ocorrem na Mata Atlântica, torna-se essencial para adequada recomendação de fertilização.

O nitrogênio é o mais importante dos macronutrientes, sendo o nutriente exigido em maiores quantidades pelas plantas. Esse fato é refletido no consumo mundial do elemento em fertilizantes, superando há muito as quantidades utilizadas de fósforo (P_2O_5) ou potássio (K_2O). 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. Logo tem

recebido atenção insuficiente nos trabalhos de pesquisa e o conhecimento atual é caracterizado por lacunas sobre os aspectos mais básicos (RAIJ, 1991).

Na natureza, o N encontra-se em equilíbrio dinâmico entre formas livres e fixadas. A passagem de uma forma à outra pode ocorrer por vários processos, constituindo o denominado ciclo do nitrogênio. A compreensão deste ciclo é fundamental na adoção de práticas que resultam no aumento da eficiência de utilização do nutriente pelas plantas. Porém, para que seja utilizado pelas plantas, faz-se necessário sua fixação, podendo ser natural, biológica ou industrial (MENGEL & KIRKBY, 1987).

A maior parte do N encontrado no solo é orgânica, a qual ocorre normalmente como proteínas, peptídeos, quitina, quitobiase, peptídeoglicano, ácidos nucleicos, bases nitrogenadas e uréia (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Sendo que a maior proporção do N-orgânico do solo parece estar ligada à lignina (MALAVOLTA, 1980). A clorofila, o pigmento que proporciona a cor verde aos vegetais, e algumas vitaminas, entre outros compostos, também contém N (MALAVOLTA et al., 2002). As formas inorgânicas de N no solo incluem amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) e nitrogênio molecular (N_2). Em termos de fertilidade do solo, as três primeiras são as mais importantes e surgem da decomposição aeróbica da matéria orgânica ou da adição de fertilizantes, representando de 2 a 5% de N total do solo (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Nitrato e amônio são as maiores fontes de nitrogênio inorgânico absorvidas pelas raízes de plantas superiores. Grandes quantidades do amônio são incorporadas em compostos orgânicos na raiz, entretanto, o nitrato rapidamente se move no xilema podendo também ser estocado nos vacúolos das raízes. A condição para que o nitrato possa ser incorporado em estruturas orgânicas e cumprir sua função de nutriente essencial para as plantas, tem que ser reduzido à amônia. A importância da redução e assimilação do nitrato para as plantas é similar à da redução e assimilação do CO_2 na fotossíntese (MARSCHNER, 1995). De todos os elementos que circulam no sistema solo-planta-atmosfera, o que sofre maior número de transformações bioquímicas no solo é o nitrogênio (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Embora a maioria dos trabalhos mostre a preferência de espécies arbóreas por N-NH_4^+ , por causa do baixo pH e da reduzida nitrificação, alguns autores indicam a preferência a N-NO_3^- por algumas espécies arbóreas pioneiras. Há escassez de informações sobre as exigências e preferências a formas de N por espécies arbóreas nativas de interesse para reflorestamento no sudeste brasileiro (PEREIRA et al., 1996). DRIESSCHE (1978) demonstrou que sob condições ácidas (pH 4), a forma nítrica resultou em maior crescimento das mudas quando comparado à forma amoniacal, ocorrendo o oposto sob condições neutras (pH 7).

Avaliando as diferentes relações $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ em solução nutritiva sobre o crescimento de mudas de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*) observou-se que o crescimento em altura, em diâmetro e a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes foram favorecidos pelo fornecimento simultâneo de N amoniacal e nítrico (MIRANDA et al., 1996).

A vantagem relativa de ambas as formas de nitrogênio sobre o crescimento da planta depende fortemente da concentração externa. Em baixas concentrações as diferenças de crescimento entre suprimento de nitrato e amônio são pequenas. Entretanto com o aumento da concentração externa a vantagem de nitrato como fonte única de nitrogênio aumenta e a diminuição relativa do crescimento pelo suprimento único de amônio torna-se mais distinto. Entretanto nestas altas concentrações de amônio freqüentemente aplicados em estudo de cultivo em solução são muito além das concentrações ocorrentes na solução do solo. Por isso, resultados de estudos de cultivo em solução nutritiva com concentração de amônio muito maior do que 1 mm é de relevância limitada para plantas cultivadas em solos (MARSCHNER, 1995).

As respostas das plantas à adubação nitrogenada variam com o sítio, com a espécie, com a dose e com a fonte de N. Sadhu e Ghosh (1976), citados por SILVA & SILVA (1997), trabalhando com três doses de nitrogênio em solo arenoso, constataram que plantas de pinha deficientes em N apresentaram paralisação do crescimento, não havendo emissão de ramos. As folhas tornaram-se significativamente menores, e de tonalidade verde-pálida amarelada. Surgiram manchas de coloração ferruginosa nas folhas inferiores e houve abscisão precoce

das mesmas. A formação de gemas florais foi severamente afetada, e o alto nível de N antecipou o florescimento em 10 dias, enquanto baixo nível desse nutriente retardou o processo de floração em mais de dois meses.

O crescimento de mudas de guarantã (*Esenbeckia leiocarpa*), sob sombreamento e adubação nitrogenada foi estudado por CRESTANA et al. (1995) em um Latossolo Vermelho Amarelo de textura média, onde concluíram que a espécie respondeu positivamente à adição de N para os parâmetros altura e diâmetro, no entanto, não influenciou os parâmetros número de folhas e sobrevivência.

Dependendo da espécie vegetal, estágio de desenvolvimento e órgão, o teor de nitrogênio requerido para o crescimento ótimo varia entre 2 e 5% do peso de matéria seca da planta. Quando o suprimento é subótimo o crescimento é retardado; nitrogênio é mobilizado em folhas maduras e retranslocado para áreas de crescimento novo. Um aumento no suprimento de nitrogênio não somente adia a senescência e estimula o crescimento, mas também modifica a morfologia da planta de uma maneira típica, particularmente se a disponibilidade de nitrogênio está alta no meio de enraizamento (MARSCHNER, 1995).

O uso de microrganismo com a finalidade de melhorar a disponibilidade de nutrientes às plantas, é uma prática de grande importância e muito necessária para a agricultura. Entre os sistemas biológicos envolvendo plantas e microrganismos, temos a simbiose leguminosas-rizóbio de maior expressão econômica e leguminosas-fungos micorrízicos arbusculares que, a partir de estudos de Gerdermann em 1975 também foi considerada importante para o processo de nodulação (BURITY et al., 2000). SOUZA & SILVA (1996), mencionam a existência de um sistema funcional tripartite leguminosa-fungo micorrízico-rizóbio, o qual possui propriedades que tornam a planta simbiote apta a colonizar áreas degradadas, com um nível de exigência muito inferior ao da planta não simbiótica.

Uma das estratégias utilizadas na recuperação de áreas degradadas, estabelecimento de moirão vivo e arborização de pastagens com espécies potenciais para estes fins, é a seleção de fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de N₂ que sejam eficientes para garantir o suprimento de nutrientes necessários

ao desenvolvimento das plantas, especialmente N e P. Os estudos sobre a capacidade de nodulação e fixação de N₂ pelo rizóbio somente foram aprofundados nas últimas décadas, devido às múltiplas utilidades das várias espécies de leguminosas arbóreas e arbustivas. Apesar de formarem nódulos é comum que a estirpe de rizóbio presente não fixe nitrogênio eficientemente em associação com determinadas espécies, impossibilitando o crescimento da planta em solos carentes em nitrogênio. Dessa forma, a seleção de estirpes eficientes para cada espécie de leguminosa, visando a produção de inoculantes específicos, é um dos componentes fundamentais para o sucesso da tecnologia de uso das espécies arbóreas e arbustivas (FARIA, 2000).

As leguminosas são imprescindíveis em todos os ecossistemas florestais brasileiros, estando entre famílias de espécies mais freqüentes da Mata Atlântica. Geralmente, as árvores destas famílias são de grande vigor e rusticidade, com alta capacidade de produção de biomassa. Sua serapilheira, depositada em grande quantidade, além de constituir uma fonte de matéria orgânica de excelente qualidade para o solo, é rica em nutrientes, especialmente o N, fatores que estimulam a atividade biológica e elevam a fertilidade do solo (GONÇALVES et al., 2000).

Segundo FURTINI NETO et al. (2000), atualmente são conhecidas 25 espécies de rizóbio distribuídas entre os gêneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Azorhizobium*, *Sinorhizobium* e *Mesorhizobium*. As espécies florestais nativas da Amazônia e Mata Atlântica formam simbiose predominantemente com espécies de *Bradyrhizobium*.

Jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth) e garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) são leguminosas arbóreas que podem ser utilizadas para diversos fins, sendo muito promissoras em reflorestamentos (LORENZI, 1998) e arborização de pastagens (CARVALHO et al., 2001), com características de crescimento em condições edafoclimáticas diversas (SOUZA & SILVA, 1996). Em razão da importância das espécies florestais nativas, torna-se necessário o conhecimento das técnicas silviculturais, considerando que o sucesso na

produção das mudas de boa qualidade, dependerá, dentre outros fatores, do conhecimento da demanda nutricional.

Devido a pouca informação sobre a demanda nutricional de espécies leguminosas arbóreas, neste trabalho objetivou avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de jacaré, bico-de-pato e garapa em fase de viveiro em resposta a diferentes fontes e doses de nitrogênio, produzidas em amostras de três tipos de solo predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C.P.; SOUZA, E.S.S.; MERGULHÃO, A.C.E.S.; SILVA, M.L.R.B. efetividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p. 801-807, abr. 2000.

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

CARVALHO, M.M.; XAVIER, D.F.; ALVIM, M.J. **Características de algumas leguminosas arbóreas adequadas para associação com pastagens**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. 24 p. (Circular Técnica, 64).

CRESTANA, C. de S. M. et al. 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.

DRIESSCHE, R. V. D. Response of Douglas fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources at different levels of pH and iron supply. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 49, n. 3, p. 607-623, jun. 1978.

FARIA, S.M. **Obtenção de estirpes de rizóbio eficientes na fixação de nitrogênio para espécies florestais (aproximação 2000)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 10p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 116).

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.351-384.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M., BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1998. v. 1., 368p

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

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: _____ (Ed.). **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. p. 231-312

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Nitrogen. In: MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. (Eds.). **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1987. p.347-374

MIRANDA, J. R. P de. et al. Respostas da aroeira (*Myracrodruon 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 expandidos...**Manaus:Universidade de Manaus, 1996, p.270-271. 693p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. (Eds.). **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. p. 305-329.

PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; MOREIRA, F.M.S. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 653-662, set. 1996.

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

SILVA, A.Q.; SILVA, H. Nutrição e adubação de anonáceas. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MORAIS, O.M.; REBOUÇAS, T.N.H. (Eds.). **Anonáceas, produção e mercado (Pinha, Graviola, Atémóia e Cherimóia)**. Vitória da Conquista (BA): DFZ/UESB, 1997. p.118-137.

SOUZA, F.de A.; SILVA, E.M.R.da. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA, 1996. p. 255-290.

Capítulo 1 - Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.).

RESUMO

MARQUES, Lissandra Silva, M.S., Universidade Federal de Viçosa, **Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.)**, Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Conselheiros: José Mauro Gomes e Júlio César Lima Neves.

O jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.) é uma espécie florestal nativa pertencente à família Leguminosae-Mimosoideae. A madeira desta espécie considerada moderadamente pesada (densidade 0,75 g/cm³) é uma das melhores para carvão e lenha sendo preferida a outras madeiras de espécies nativas devido a sua facilidade para queimar, durabilidade da combustão, facilidade para rachar e durabilidade nos depósitos. Possui crescimento rápido, sendo considerada indispensável nos reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas de preservação permanente degradadas. Devido a essas potencialidades aliada à necessidade de uma conscientização para dar maior atenção a estudos de crescimento de espécies florestais nativas, torna-se

necessário conduzir estudos que propiciem técnicas adequadas para produção de mudas de melhor qualidade, com elevada capacidade de sobrevivência e de crescimento rápido após o plantio. Com objetivo de avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), foram utilizadas como parâmetros neste trabalho as características morfológicas e suas relações. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de 1,5 dm³ utilizando como substrato três diferentes amostras de solo (latossolo, argissolo e cambissolo), predominantes da região de Viçosa - MG. O experimento foi conduzido em Viçosa – MG, no período de novembro de 2004 a junho de 2005. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂] e sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N), aplicadas em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados (DBC), num arranjo fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos. Aos 120 dias após a semeadura, as melhores médias para altura e número de nódulos ativos foram encontradas no substrato cambissolo; para o diâmetro de coleto e peso de matéria seca da parte aérea e raiz foram no argissolo; para a relação altura e diâmetro de coleto foi no latossolo e cambissolo e para o peso de matéria seca total no argissolo e cambissolo. As fontes nitrogenadas tiveram efeito positivo e significativo em todas as características avaliadas, com exceção das relações altura e diâmetro de coleto, peso de matéria seca da parte aérea e raiz e número de nódulos ativos. As melhores médias foram obtidas com a aplicação das fontes amoniacais, com superioridade para o sulfato de amônio. As doses tiveram efeito significativo em todas as características avaliadas, com exceção da relação peso de matéria seca da parte aérea e raiz, nódulos totais e ativos e relação entre os nódulos ativos e totais. As melhores médias em todas as características avaliadas variaram de 151 a 200 mg/dm³ de N, com exceção da relação altura e diâmetro do coleto, onde o melhor valor foi alcançado para a dose de 0 mg/dm³ de N. Deste modo

recomenda-se na produção de mudas de jacaré, uma dose média de 170 mg/dm³ de N, tendo como fonte o sulfato de amônio.

1.INTRODUÇÃO

Jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.) é uma espécie pertencente à família Leguminosae-Mimosoideae. Dentre suas características morfológicas a planta é considerada levemente espinhenta, com 10 a 20 m de altura e 30 a 40 cm de diâmetro. Os ramos e o tronco quando jovens possuem asas lenhosas longitudinais. Ocorre nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul até Santa Catarina, principalmente na floresta pluvial da encosta atlântica (LORENZI, 2002). De acordo com seu grupo sucessional é considerada como espécie pioneira a secundária inicial. Em relação ao estágio sucessional sua ocorrência é comum na vegetação secundária como, capoeira, capoeirão e floresta secundária e também invasora de terrenos abandonados (CARVALHO, 1994). A madeira dessa espécie considerada moderadamente pesada (densidade 0,75 g/cm³) é uma das melhores para carvão e lenha sendo preferida a outras madeiras de espécies nativas devido a sua facilidade para queimar, durabilidade da combustão, facilidade para rachar e durabilidade nos depósitos (HERINGUER, 1947). Possui crescimento rápido, atingindo até 25 m³/ha.ano aos 8 anos, com previsão para rotação de 6-7 anos para lenha e carvão e 15 anos para madeira de serraria (CARVALHO, 1994). O jacaré é uma espécie considerada indispensável nos reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas de preservação permanente degradadas (LORENZI, 2002).

A produção de mudas florestais, em qualidade e quantidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais com espécies nativas. O entendimento da nutrição das mudas e o uso de

substratos de cultivo apropriado são fatores essenciais para definição de uma adequada recomendação de fertilização (GONÇALVES et al., 2000).

É cada vez maior a necessidade de uma conscientização para dar maior atenção a estudos de crescimento de espécies florestais nativas. Na revegetação de áreas de solos degradados devem ser plantadas espécies adaptáveis às condições edáficas dominantes. Para isto, é necessário o conhecimento das limitações do solo e das exigências nutricionais das espécies a serem plantadas (SANGINGA et al., 1991).

Dentre as limitações, destaca-se a baixa fertilidade natural da maioria dos solos do Brasil, com ênfase para o fósforo, mas uma vez que esse nutriente esteja corrigido geralmente há respostas importantes das culturas ao nitrogênio, que é altamente restritivo ao crescimento inicial e produção de biomassa, tanto em espécies agrícolas quanto florestais. O nitrogênio é requerido em grandes quantidades pelas culturas, o que se reflete no seu grande consumo em fertilizantes, porém, a falta de atenção à adubação nitrogenada já era relatada no início da década de 1990, sendo o conhecimento caracterizado por lacunas sobre os aspectos mais básicos (RAIJ, 1991).

Neste trabalho objetivou-se avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.) em resposta a fontes e doses de nitrogênio produzidas em amostras de três tipos de solo, predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

2.MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - DEF/UFV, em Viçosa – MG, no período de novembro de 2004 a junho de 2005. com temperatura média diária de 21,14°C, máxima de 21,57°C e mínima de 20,74°C. As médias diárias de precipitação e umidade relativa do ar foram de 4,45 mm e 86,04%, respectivamente.

2.1 - Caracterização do solo

As amostras de três tipos de solo (argissolo, cambissolo e latossolo) utilizadas como substrato para a produção das mudas foram retiradas de áreas da região de Viçosa – MG da camada abaixo de 20 a 40 cm de profundidade para argissolo e de 20 a 100 cm de profundidade para latossolo e cambissolo, e caracterizadas química e fisicamente (Quadros 1 e 2).

Quadro 1: Análise física dos solos utilizados na produção das mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*).

| Solo | Granulometria | | | | Classe textural |
|----------------------------|------------------|----------------|-----------|------------|-----------------|
| | Areia grossa (%) | Areia fina (%) | Silte (%) | Argila (%) | |
| Argissolo Vermelho Amarelo | 25 | 10 | 10 | 55 | Argila |
| Cambissolo | 25 | 10 | 10 | 55 | Argila |
| Latossolo Vermelho Amarelo | 14 | 8 | 10 | 68 | Muito argilosa |

Quadro 2: Análise química dos solos da região de Viçosa – MG utilizados na produção das mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) antes da correção.

| Solo | pH | P | K | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H+Al | SB | T | V | MO |
|------------|------------------|--------------------|----|------------------|------------------|------------------------------------|------|------|------|------|--------|
| | H ₂ O | mg/dm ³ | | | | cmol _c /dm ³ | | | | % | dag/kg |
| Argissolo | 5,64 | 1,5 | 16 | 1,74 | 0,17 | 0,00 | 3,0 | 1,95 | 4,95 | 39,4 | 2,82 |
| Cambissolo | 5,60 | 1,5 | 66 | 1,00 | 0,31 | 0,00 | 1,7 | 1,48 | 3,18 | 46,5 | 2,55 |
| Latossolo | 5,40 | 2,5 | 26 | 0,17 | 0,09 | 0,00 | 2,0 | 0,33 | 2,33 | 14,2 | 2,69 |

pH em água - Relação 1: 2,5

P e K - Extrator Mehlich 1

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

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

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

Os solos não esterilizados foram secos ao ar, peneirados em malha de 5 mm e efetuada a correção da acidez, utilizando-se uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica de 4:1. A necessidade de calagem foi calculada com base na análise química dos solos (Quadro 2), sendo a saturação por bases elevada a 60%. Após incorporação do corretivo, as amostras de solos

foram acondicionadas em sacos plásticos mantidos abertos e incubadas por um período de 30 dias na estufa, visando manter o teor de umidade das amostras à capacidade de campo.

Após 30 dias, os solos receberam adubação básica de macronutrientes via solução, nas seguintes doses: P = 300 mg/dm³, K = 100 mg/dm³ e S = 40 mg/dm³, tendo como fontes NaH₂PO₄.H₂O, KCl e K₂SO₄ conforme sugerido por PASSOS (1994) citado por BERNADINO (2005). E ainda, uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: B = 0,81 mg/dm³ (H₃BO₃), Cu = 1,33 mg/dm³ (CuSO₄.5H₂O), Mo = 0,15 mg/dm³ [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], Mn = 3,66 mg/dm³ (MnCl₂.H₂O) e Zn = 4,0 mg/dm³ (ZnSO₄.7H₂O) (ALVAREZ V. et al., 2006). Os solos foram acondicionados em vasos plásticos, na quantidade de 1,5 dm³/vaso. Em seguida procedeu-se a semeadura.

As sementes de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. foram adquiridas no Laboratório de Análises de Sementes Florestais do Departamento de Ciências Florestais da UFLA. Realizou-se a inoculação das sementes com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium* (BR 3452 e BR 4812), pertencentes à coleção de cultura de rizóbio do Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia/EMBRAPA, Seropédica (RJ). Cada vaso plástico recebeu 10 sementes, efetuando-se dois raleios, sendo o primeiro aos 15 dias após a emergência, deixando-se duas mudas por vaso e o outro aos 20 dias, deixando-se apenas uma muda, a mais central e vigorosa, por vaso.

A unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 1,5 dm³ de substrato contendo uma muda. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizadas (DBC), analisados em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos.

As fontes de nitrogênio testadas foram na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂] e sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] em cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N), aplicadas como solução em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura.

As características morfológicas, e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas (GOMES, 2001), foram analisadas ao término do

experimento, 120 dias após a semeadura, quando também se verificou a presença e o número de nódulos ativos no sistema radicular. Essas características foram a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), o peso de matéria seca de raízes (PMSR), o peso de matéria seca total (PMST), a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

A altura da parte aérea (H) foi obtida com auxílio de régua milimetrada posicionada em nível do substrato até o ápice da planta e o DC foi efetuado por meio de paquímetro digital.

O PMSPA e o PMSR foram obtidos após secagem do material vegetal em estufa com circulação de ar forçada, a 60^oC, até peso constante. Com a soma do PMSPA e PMSR obteve-se o PMST.

As demais relações, RHDC, RHPMSPA e RPMSPAR foram determinadas pelo quociente entre as características envolvidas na relação.

O Índice de qualidade de Dickson (IQD) foi obtido em função das variáveis H, DC, PMST, PMSPA e PMSR, mediante a seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960, citados por GOMES, 2001):

$$IQD = \frac{PMST(g)}{H(cm) / DC(mm) + PMSPA(g) / PMSR(g)}$$

Após a separação do sistema radicular e limpeza em água corrente com auxílio de peneira de malha fina, efetuou-se a verificação da presença e atividade de nódulos em cada planta. A atividade dos rizóbios, ou seja, os nódulos ativos (NODAT) presentes nas raízes, foram verificados pela presença da leghemoglobina nos nódulos, por meio de cortes com auxílio de estilete e visualização feita com lupa. Segundo MOREIRA & SIQUEIRA (2002), a leghemoglobina transporta oxigênio para os microrganismos. A região de atividade da fixação de N₂ é geralmente de cor rosa ou vermelha devido a presença da leghemoglobina (SYLVIA et al., 1999). A presença dos nódulos totais nas raízes

(NODT) foi verificada por meio da contagem, realizada manualmente. A relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais do sistema radicular (RNODATNODT) foi determinada pelo quociente entre as características envolvidas na relação.

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância; teste de média (Teste de Tukey a 5% de probabilidade), que foi utilizado para comparar o efeito principal de solos e/ou de fontes de N e análise de regressão que foi utilizada para associar o efeito das doses, utilizando-se o software SISVAR (Sistema para Análises Estatísticas) (FERREIRA, 2000). Na escolha das equações de regressão considerou-se a significância dos coeficientes, testada em nível de 5% de probabilidade, e o coeficiente de determinação (R^2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC) e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC)

A aplicação dos fertilizantes nitrogenados levou a ganhos em crescimento das mudas (Tabela 1). Aos 120 dias após a semeadura pode-se observar pelo resumo da análise de variância das características morfológicas e relações estudadas (Tabela 2), que houve efeito significativo dos fatores solos, doses e fontes de N estudadas.

Para a altura da parte aérea (H) não houve interação significativa dos fatores analisados, porém foram observados os efeitos principais de solo, fonte e dose (Tabela 2).

Em relação aos substratos, as maiores alturas (32,8 e 36,8 cm) foram encontrados para as mudas produzidas no argissolo e cambissolo, os quais não diferiram significativamente (Figura 1). Na produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) MARQUES (2004), verificou maior valor para H (59,00 cm) no argissolo e o menor (43,05 cm) no latossolo.

Tabela 1- Médias das características morfológicas, relações estudadas e presença de nódulos em relação aos fatores solos e fontes obtidas por meio de Teste Tukey, na produção mudas de Jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), avaliadas aos 120 dias após a semeadura.

| MÉDIAS | | | | | | | | | | | | |
|---|------|-----|-------|------|------|------|---------|---------|-----|------|-------|------------|
| SOLOS | H | DC | PMSPA | PMSR | PMST | RHDC | RHPMSPA | RPMSPAR | IQD | NODT | NODAT | RNODATNODT |
| Latossolo | 22,6 | 4,2 | 2,0 | 1,0 | 2,9 | 5,1 | 12,5 | 2,2 | 0,4 | 2,7 | 0,3 | 2,73 |
| Argissolo | 36,8 | 5,3 | 3,9 | 1,3 | 5,1 | 6,7 | 13,2 | 3,1 | 0,5 | 6,8 | 1,7 | 8,63 |
| Cambissolo | 32,8 | 5,3 | 3,6 | 1,1 | 4,8 | 5,8 | 13,7 | 3,4 | 0,5 | 7,9 | 3,0 | 14,03 |
| FONTES | | | | | | | | | | | | |
| NH ₄ NO ₃ | 29,5 | 4,9 | 2,9 | 1,0 | 3,9 | 5,7 | 13,4 | 3,0 | 0,4 | 3,9 | 0,8 | 6,46 |
| Ca(NO ₃) ₂ | 27,4 | 4,6 | 2,4 | 0,9 | 3,3 | 5,8 | 14,2 | 2,7 | 0,4 | 2,8 | 0,7 | 6,45 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 35,3 | 5,4 | 4,2 | 1,4 | 5,5 | 6,1 | 11,8 | 3,0 | 0,6 | 10,7 | 3,4 | 12,48 |
| DOSES (mg/dm ³) | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 10,6 | 3,5 | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 3,0 | 19,2 | 1,5 | 0,3 | 1,2 | 0,3 | 4,86 |
| 50 | 24,7 | 4,9 | 2,4 | 1,0 | 3,4 | 5,0 | 11,4 | 2,3 | 0,5 | 6,6 | 1,8 | 12,66 |
| 100 | 35,2 | 5,3 | 3,6 | 1,2 | 4,7 | 6,7 | 12,1 | 3,2 | 0,5 | 4,5 | 1,1 | 7,15 |
| 150 | 41,3 | 5,4 | 4,8 | 1,3 | 6,1 | 7,3 | 10,7 | 3,7 | 0,6 | 9,2 | 2,4 | 7,73 |
| 200 | 41,9 | 5,7 | 4,6 | 1,4 | 5,8 | 7,3 | 12,3 | 3,7 | 0,5 | 7,4 | 2,8 | 9,92 |

H - altura da parte aérea, DC - diâmetro de coleto, PMSPA - peso de matéria seca da parte aérea, PMSR - peso de matéria seca da raiz, PMST - peso de matéria seca total, RHDC - relação entre a altura e o diâmetro de coleto, RHPMSPA - relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea, RPMSPAR - relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e a raiz, IQD - índice de qualidade de Dickson, NODT - nódulos totais no sistema radicular, NODAT - nódulos ativos no sistema radicular, RNODATNODT – relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais do sistema radicular.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das características morfológicas e relações estudadas, na produção mudas de Jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), avaliadas aos 120 dias após a semeadura.

| FV | GL | QUADRADO MÉDIO | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | | H | DC | PMSPA | PMSR | PMST | RHDC | RHPMPA | RPMSPAR | IQD | NODT | NODAT | RNODAT NODT |
| Bloco | 3 | 102,72 ^{ns} | 0,92 ^{ns} | 2,45 ^{ns} | 0,25 ^{ns} | 3,38 ^{ns} | 0,56 ^{ns} | 67,56 ^{ns} | 1,37 ^{ns} | 0,013 ^{ns} | 469,02* | 30,27 ^{ns} | 417,06 ^{ns} |
| Solo (S) | 2 | 3255,51* | 22,50* | 64,43* | 1,51 ^{ns} | 86,77* | 38,44* | 21,32 ^{ns} | 24,82* | 0,21 ^{ns} | 445,41 ^{ns} | 112,08* | 1914,43* |
| Fonte (F) | 2 | 1020,46* | 9,95* | 52,95* | 3,35* | 77,37* | 2,13 ^{ns} | 92,69* | 1,17 ^{ns} | 0,53* | 1092,95* | 133,62* | 725,57* |
| Dose (D) | 4 | 6285,95* | 26,38* | 113,56* | 4,92* | 146,85* | 126,04* | 427,19* | 32,27* | 0,46* | 344,72 ^{ns} | 36,11 ^{ns} | 315,09 ^{ns} |
| S x F | 4 | 31,98 ^{ns} | 1,53 ^{ns} | 2,77 ^{ns} | 0,24 ^{ns} | 6,28 ^{ns} | 0,66 ^{ns} | 12,40 ^{ns} | 2,98 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 101,89 ^{ns} | 43,05 ^{ns} | 383,87 ^{ns} |
| S x D | 8 | 226,58 ^{ns} | 2,83 ^{ns} | 8,39 ^{ns} | 0,16 ^{ns} | 9,78 ^{ns} | 2,72 ^{ns} | 94,55* | 4,70* | 0,06 ^{ns} | 94,13 ^{ns} | 22,88 ^{ns} | 160,26 ^{ns} |
| F x D | 8 | 235,07 ^{ns} | 2,39 ^{ns} | 9,92* | 0,82 ^{ns} | 15,34* | 1,44 ^{ns} | 13,09 ^{ns} | 1,07 ^{ns} | 0,12 ^{ns} | 302,43 ^{ns} | 26,79 ^{ns} | 173,72 ^{ns} |
| S x F x D | 16 | 147,44 ^{ns} | 1,16 ^{ns} | 1,68 ^{ns} | 0,49 ^{ns} | 4,08 ^{ns} | 1,39 ^{ns} | 6,64 ^{ns} | 0,85 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 192,59 ^{ns} | 21,22 ^{ns} | 110,07 ^{ns} |
| Resíduo | 132 | 113,54 | 1,35 | 4,27 | 0,52 | 5,97 | 1,97 | 24,03 | 1,50 | 0,06 | 146,35 | 17,27 | 298,97 |
| CV% | | 34,67 | 23,54 | 65,36 | 65,85 | 57,56 | 23,99 | 37,36 | 42,29 | 55,22 | 206,86 | 249,94 | 182,69 |

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

H - altura da parte aérea, DC - diâmetro de coleto, PMSPA - peso de matéria seca da parte aérea, PMSR - peso de matéria seca da raiz, PMST - peso de matéria seca total, RHDC - relação entre a altura e o diâmetro de coleto, RHPMPA - relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea, RPMSPAR - relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e a raiz, IQD - índice de qualidade de Dickson, NODT - nódulos totais no sistema radicular, NODAT - nódulos ativos no sistema radicular, RNODATNODT – relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais do sistema radicular

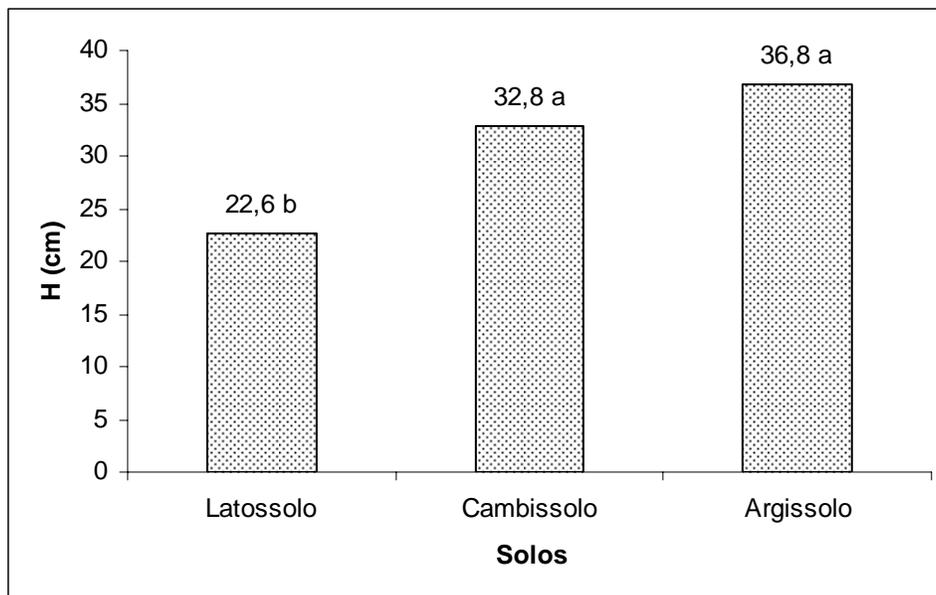


Figura 1- Altura média da parte aérea (H) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), cultivadas em três tipos de solo (média de três fontes de N em cinco doses). Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao efeito das fontes nitrogenadas, foram constatadas maiores médias (35,03 cm) de altura, com aplicação do sulfato de amônio, e os menores valores encontrados para o nitrato de amônio e nitrato de cálcio que não diferiram entre si (Figura 2).

O efeito quadrático de doses possibilitou a determinação do maior valor para H (41,71 cm) obtido na dose de 192,8 mg/dm³ de N, independente da fonte de N aplicada e do solo (Figura 3). A condição do solo sem N-mineral (Dose = 0 mg/dm³) foi limitante para o crescimento da espécie, confirmando o efeito do N no aumento da produção vegetal.

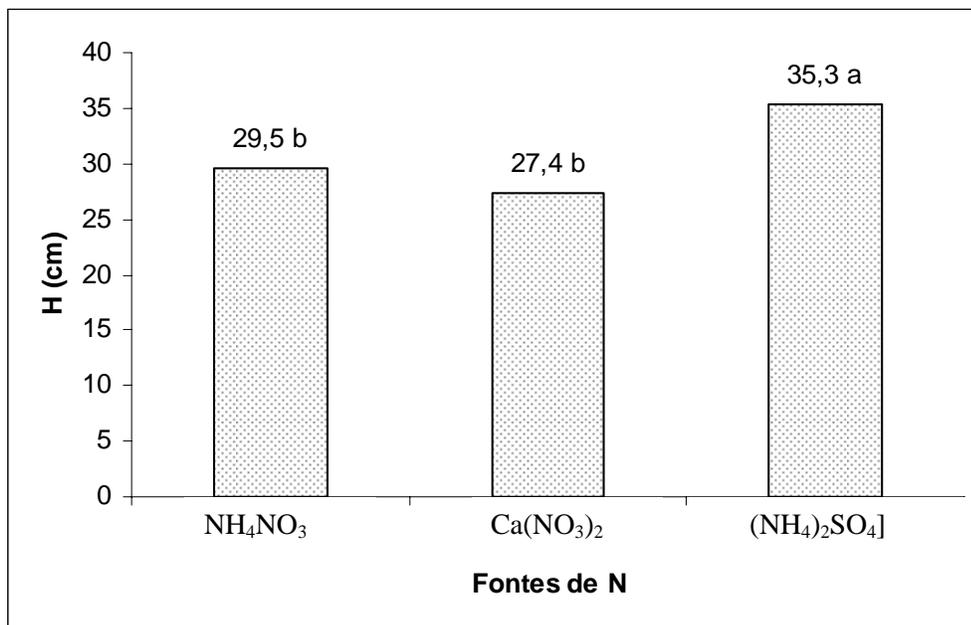


Figura 2 – Altura média da parte aérea (H) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a fontes de nitrogênio aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

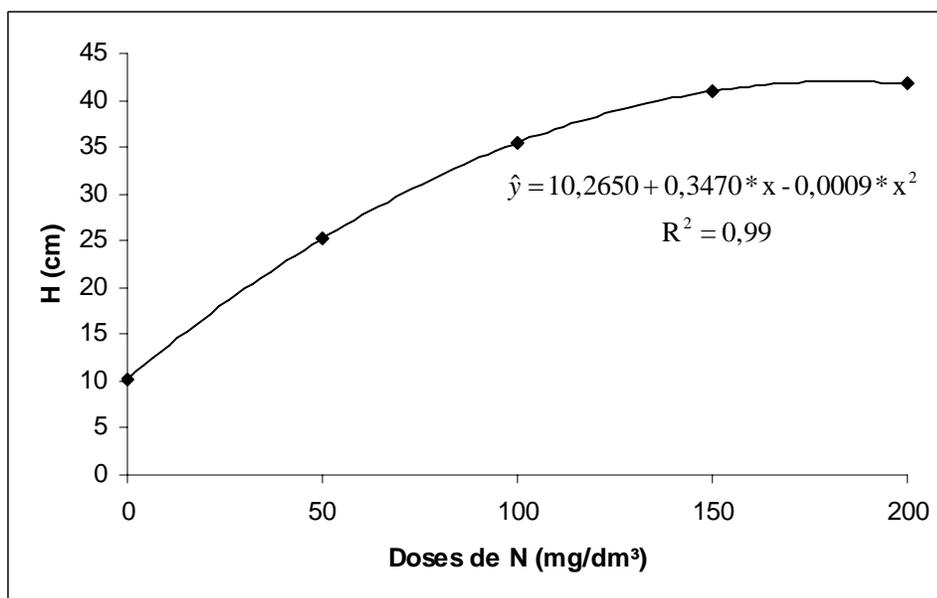


Figura 3 – Altura da parte aérea (H) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. * significativo a 5 % de probabilidade.

Para o diâmetro do coleto não houve interação significativa dos fatores analisados, semelhantemente à altura da parte aérea, porém foram observados os efeitos principais dos solos, fontes e doses (Tabela 2).

Nos substratos utilizados as maiores médias do diâmetro do coleto (5,33 e 5,25 mm) foram obtidas para as mudas produzidas no argissolo e cambissolo, respectivamente, que não diferiram entre si, e a média mais baixa (4,23 mm) para o latossolo (Figura 4).

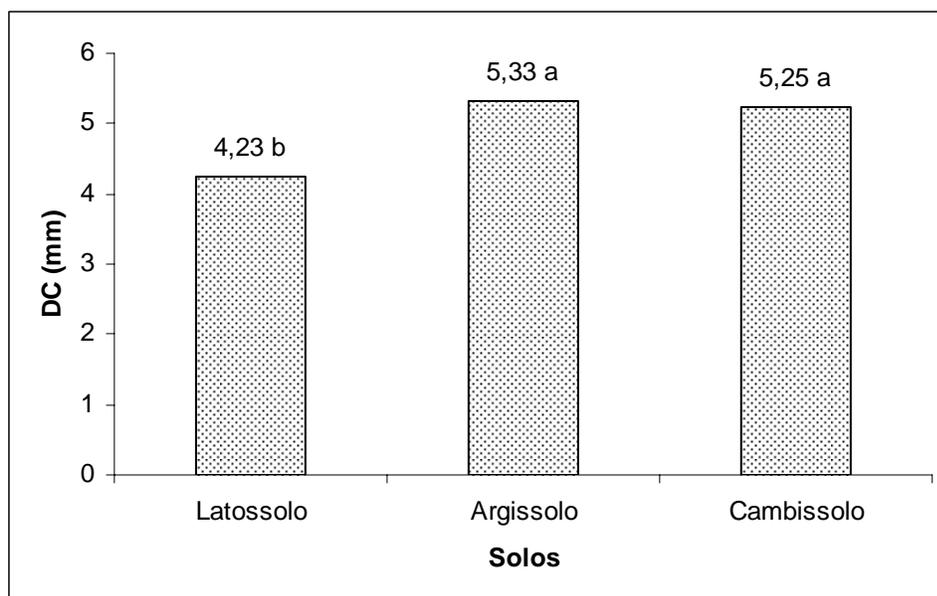


Figura 4 – Diâmetro do coleto (DC) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as fontes de N, a maior média do DC (5,4 mm) foi encontrada com a aplicação do sulfato de amônio, e as menores médias (4,9 e 4,6 mm) observadas com aplicação do nitrato de amônio e nitrato de cálcio,

respectivamente, que não diferiram entre si (Figura 5). Resultados semelhantes foram obtidos por LEMOS (1996) em mudas de *Hevea brasiliensis*, onde maiores crescimentos em diâmetro e altura ao final do experimento foram obtidos para as plantas do tratamento que receberam só o nitrogênio na forma de amônio. Na produção de mudas de eucalipto, a superioridade do sulfato de amônio foi atribuída a um suprimento adicional de enxofre, apesar de todos os tratamentos terem recebido uma adubação básica com este nutriente, que é um constituinte de proteínas e aminoácidos (LOCATELLI et al., 1984b). Porém isso não se aplica a este experimento, devido a quantidade de enxofre (40 mg/dm^3) aplicada na adubação básica.

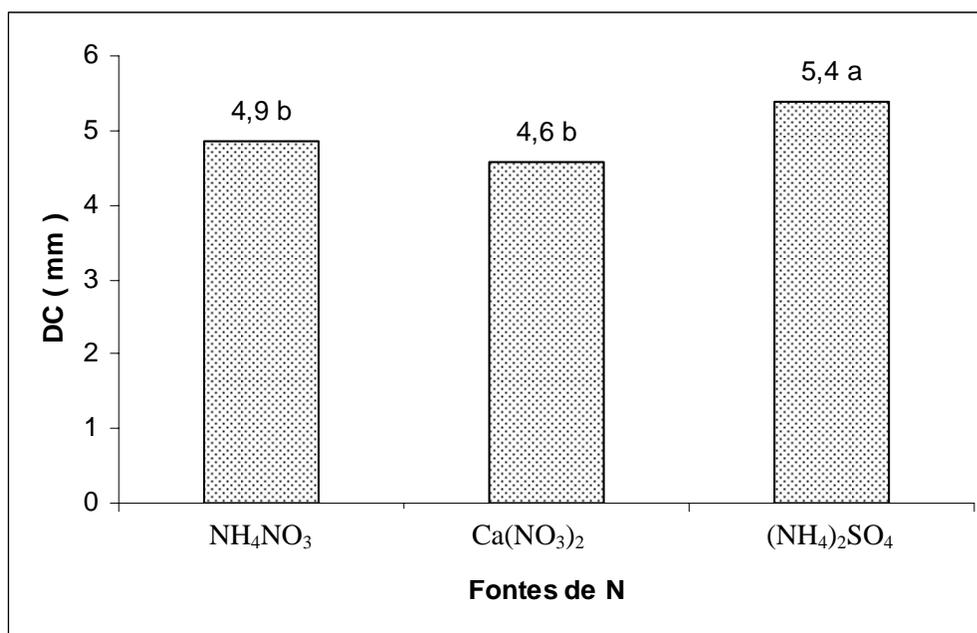


Figura 5 – Diâmetro do coleto (DC) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a fontes de nitrogênio aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quanto ao efeito das doses aplicadas sobre o diâmetro de coleto, constatou-se por meio de modelo quadrático, que o ponto de máximo crescimento (5,64 mm) foi obtido com a aplicação de 151 mg/dm³ de N, independente da fonte aplicada (Figura 6). Na produção de mudas de *Acacia mangium* em um latossolo vermelho amarelo, recomenda-se 65 e 77 mg/dm³ de N para H e DC, respectivamente, na forma de nitrato de amônio (DIAS et al., 1991). Entretanto neste trabalho recomenda-se para altura e diâmetro de coleto, doses de N de 192,8 mg/dm³ e de 151 mg/dm³, respectivamente, usando como fonte o sulfato de amônio.

Para a RHDC não houve interação significativa entre os fatores analisados, porém foram observados os efeitos principais de solo e dose, sendo que não houve influência das fontes nitrogenadas. Segundo CARNEIRO (1995), a RHDC exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, pois conjuga duas importantes características em apenas um só índice, e quanto menor for o seu valor, melhor a qualidade da muda e, conseqüentemente, maior a capacidade de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio definitivo. Entretanto a grande desvantagem deste método como elemento de classificação de qualidade, é que o sistema radical não é considerado. Os melhores índices (5,1 e 5,8) foram encontrados para mudas produzidas no latossolo e cambissolo, respectivamente, indicando maior equilíbrio entre a média de altura e diâmetro do coleto, enquanto o pior (6,7) ocorreu no substrato argissolo (Figura 7). Resultados semelhantes foram apresentados por MARQUES (2004) na produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, onde os melhores índices da RHDC dessas espécies foram obtidos para os substratos latossolo e cambissolo.

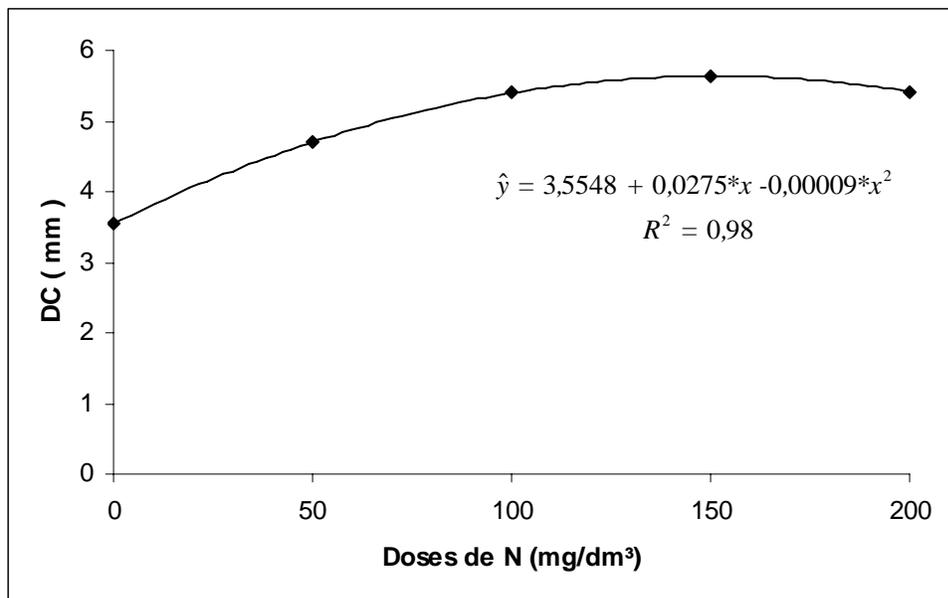


Figura 6 – Diâmetro do coleto (DC) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. * significativo a 5 % de probabilidade.

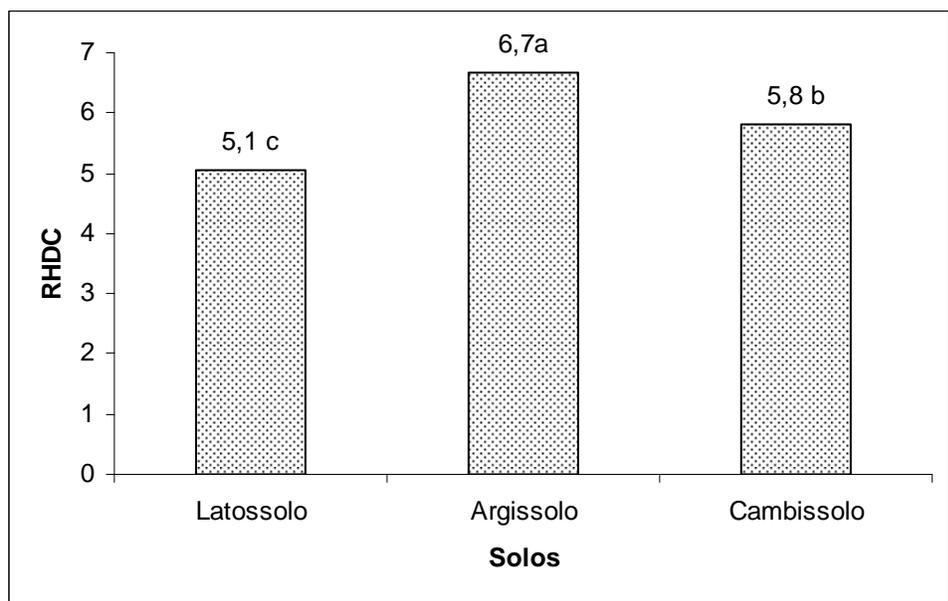


Figura 7 – Relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao efeito das doses sobre RHDC, os melhores índices (2,91 e 5,10) foram observados nas menores doses aplicadas (0 e 50 mg/dm³), respectivamente, enquanto o pior índice (7,33) foi encontrado na dose de 176 mg/dm³ de N (Figura 8), comprovando um desequilíbrio entre as características envolvidas na determinação deste índice, devido aos altos níveis de N que tendem a promover maior crescimento em altura e menor em diâmetro de coleto (CARNEIRO, 1995).

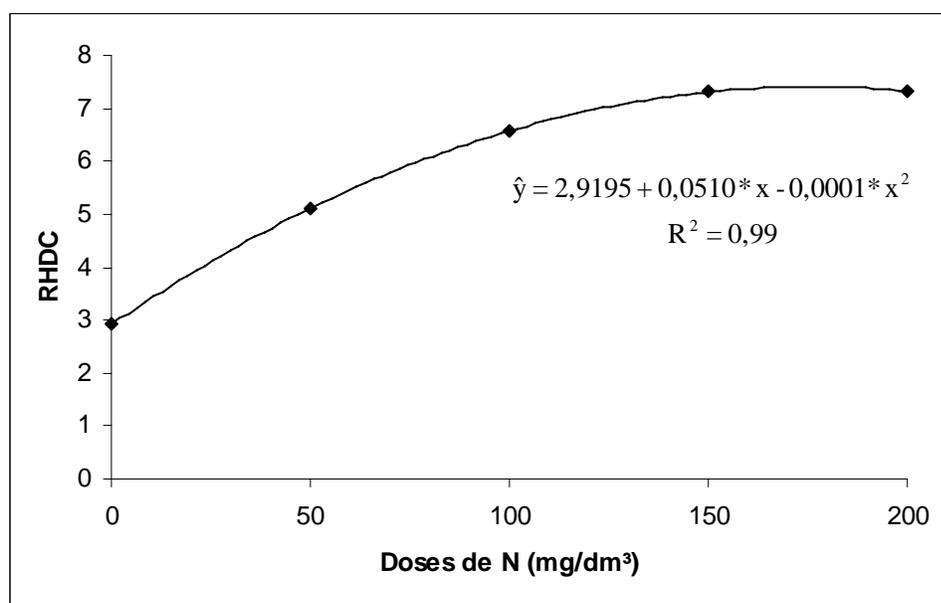


Figura 8 - Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. * significativo a 5% de probabilidade.

3.2 Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), Peso de matéria seca de raízes (PMSR) e Peso de matéria seca total (PMST)

De maneira geral, verificou-se que as mudas de jacaré responderam positivamente à aplicação de N-mineral, em termos de produção e distribuição de matéria seca.

Para o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), a interação solo x dose foi não significativa, porém verificou-se efeito significativo das fontes de N aplicadas em relação às doses (fontes x doses), independentes dos solos utilizados (Tabela 2). O efeito das doses de N testadas foi linear sobre o PMSPA para as três fontes de N estudadas, indicando que a máxima produção de matéria seca da parte aérea deverá ocorrer com doses de N superiores a 200 mg/dm³. Entretanto observa-se que a maior produção de matéria seca (7,43 g) foi alcançada com a aplicação da dose mais elevada de sulfato de amônio (Figura 9). Portanto, constata-se a superioridade da fonte amoniacal, à semelhança do observado para as médias da altura e diâmetro do coleto. LOCATELLI et al. (1984b), verificaram em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em solução nutritiva, que o maior percentual de N-NH₄⁺ foi exigido para a produção máxima da parte aérea, indicando a preferência da espécie por esta forma de N para o crescimento. Também em mudas de *Pseudotsuga menziesii* verificou-se que o peso de matéria seca da parte aérea foi significativamente maior nos tratamentos com N-NH₄⁺ (DRIESSCHE, 1975; DANIEL & BIGG, 1978). No entanto, para mudas de *Picea engelmanni* e *Pinus contorta* o incremento de peso de matéria seca da parte aérea foi adquirido com a aplicação de N-NO₃⁻ (DANIEL & BIGG, 1978).

Quanto ao efeito principal dos substratos utilizados, observou-se que as maiores médias de peso de matéria seca da parte aérea foram encontradas para o cambissolo e argissolo, os quais não diferiram entre si (Figura 10), sendo estatisticamente superiores ao substrato latossolo. Resultado semelhante foi apresentado por MARQUES (2004) na produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, onde o substrato argissolo seguido pelo cambissolo, na maior dose de N aplicada (200 mg/dm³), proporcionou as maiores médias dos PMSPA.

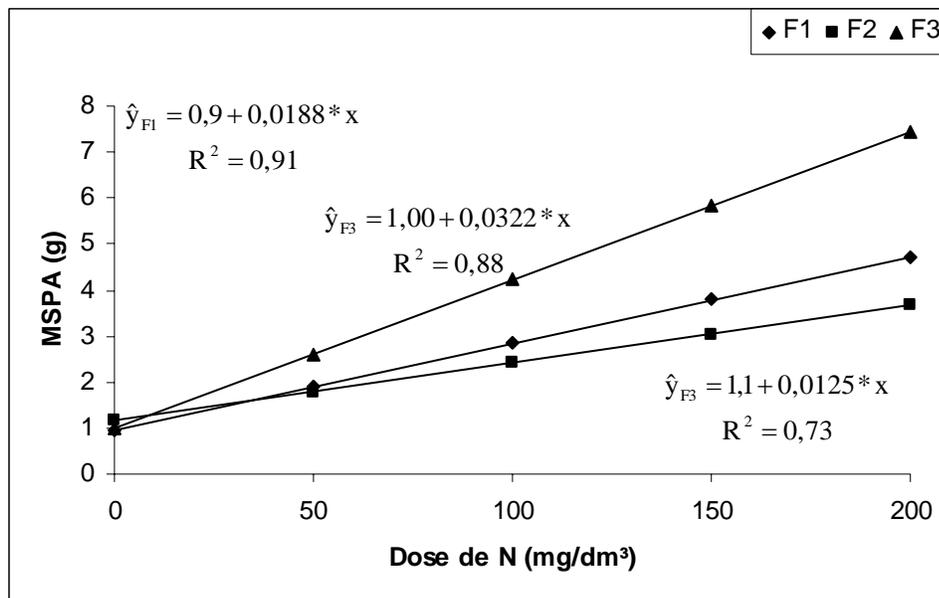


Figura 9 - Peso de matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

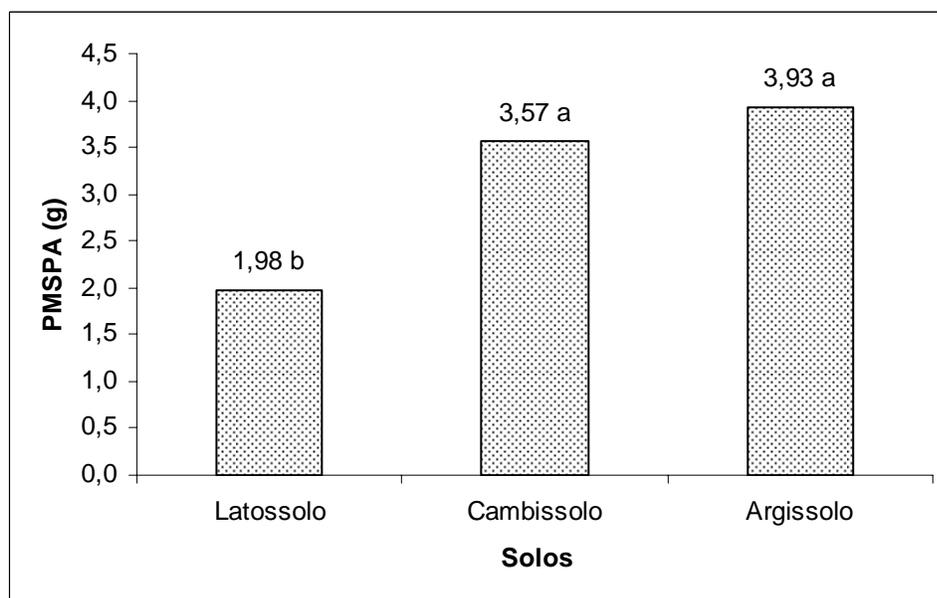


Figura 10 - Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o peso de matéria seca da raiz, não houve significância entre os fatores analisados, porém observou-se os efeitos principais das doses e fontes. Para o sulfato de amônio observou-se o maior acúmulo de matéria seca (Figura 11). Entretanto LOCATELLI et al. (1984b), trabalhando com mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em solução nutritiva verificaram maior produção de matéria seca de raízes quando a solução continha maior quantidade de N-NO_3^- em relação a N-NH_4^+ . Para mudas de *Picea engelmanni* e *Pinus contorta* o peso de matéria seca da raiz foi maior com a aplicação de N-NO_3^- , enquanto para *Pseudotsuga menziesii* a aplicação de N-NH_4^+ proporcionou maiores valores de PMSR (DANIEL & BIGG, 1978).

Enquanto para as doses aplicadas, verifica-se que ocorre um ponto de máximo peso de matéria seca do sistema radicular (1,40 g) com a aplicação de 161 mg/dm^3 de N, independente da fonte utilizada (Figura 12). Em mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, o máximo valor obtido para a biomassa seca do sistema radicular (7,4 g) foi alcançado com a aplicação da dose de 200 mg/dm^3 (MARQUES, 2004).

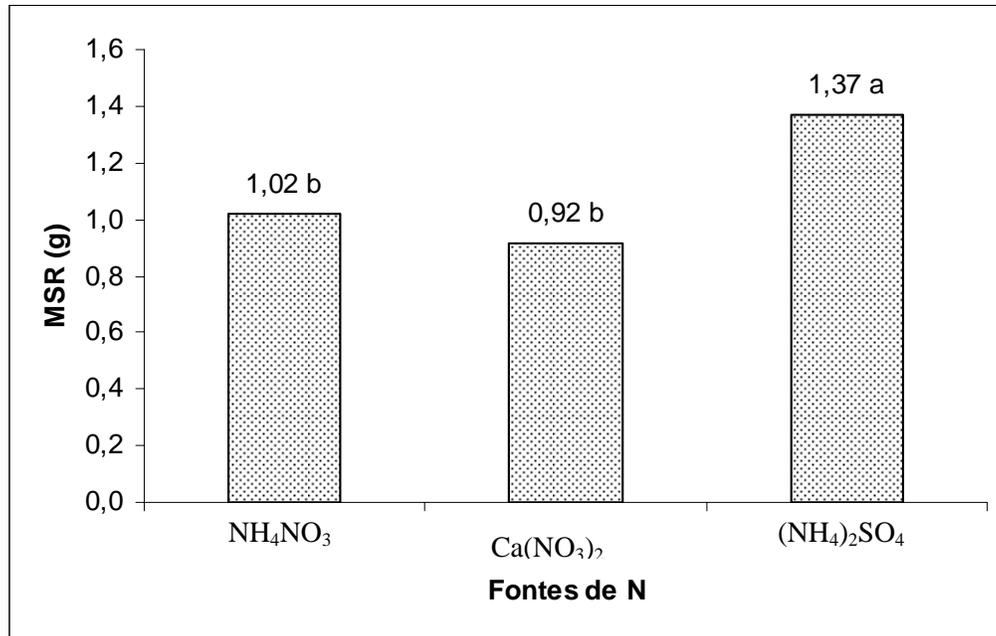


Figura 11 - Peso de matéria seca de raízes (MSR) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em resposta às fontes de nitrogênio aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

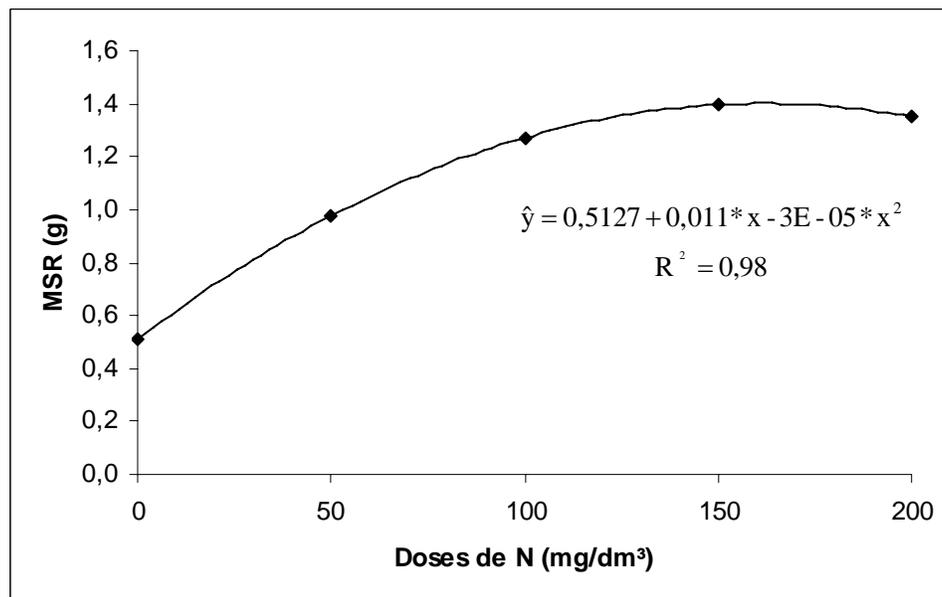


Figura 12 –Peso de matéria seca de raízes (MSR) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. * significativo a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa para o peso de matéria seca total entre as fontes e as doses (Figura 13) e também verificou-se efeito principal dos solos (Figura 14). Na dose de 200 mg/dm³ de N, o sulfato de amônio proporcionou maior produção de matéria seca (9,28 g), seguido do nitrato de amônio (5,95 g) e nitrato de cálcio (4,68 g). Resultado semelhante foi apresentado por MARQUES (2004), onde o sulfato de amônio proporcionou maior produção de matéria seca (17,85 g) para mudas de angico vermelho, seguido do nitrato de amônio e nitrato de cálcio. ADAMS & ATTIWILL (1982) avaliando a atividade da nitrato-redutase e a resposta de crescimento de espécies florestais a aplicação de nitrato e amônio, observaram que o peso de matéria seca total para *Eucalyptus regnans* foi significativamente maior com a aplicação de nitrato, enquanto para *Eucalyptus obliqua* foi significativamente menor, *Pinus radiata* não apresentou resposta significativa para as fontes de N aplicadas. PEREIRA et al. (1996), observou para *Senna macranthera*, *Senna multijuga*, *Jacaranda mimosaeifolia* e *Melia azedarach* uma maior produção de matéria seca total na presença do N- NO₃. LOCATELLI et al. (1984a) produzindo mudas de *Eucalyptus grandis* em dois Latossolos vermelho amarelo, um de textura argilosa e outro arenoso, testaram o efeito de diferentes fontes e doses de N, concluindo que para ambos os solos, não houve diferença significativa na produção de matéria seca entre as fontes de nitrogênio, sendo esta, no entanto, significativamente influenciada pelas doses de N aplicadas.

Quanto aos substratos utilizados, as maiores médias de biomassa seca total foram obtidas para o argissolo e cambissolo que não diferiram entre si, logo a menor média de produção de biomassa seca verificou-se no latossolo (Figura 14).

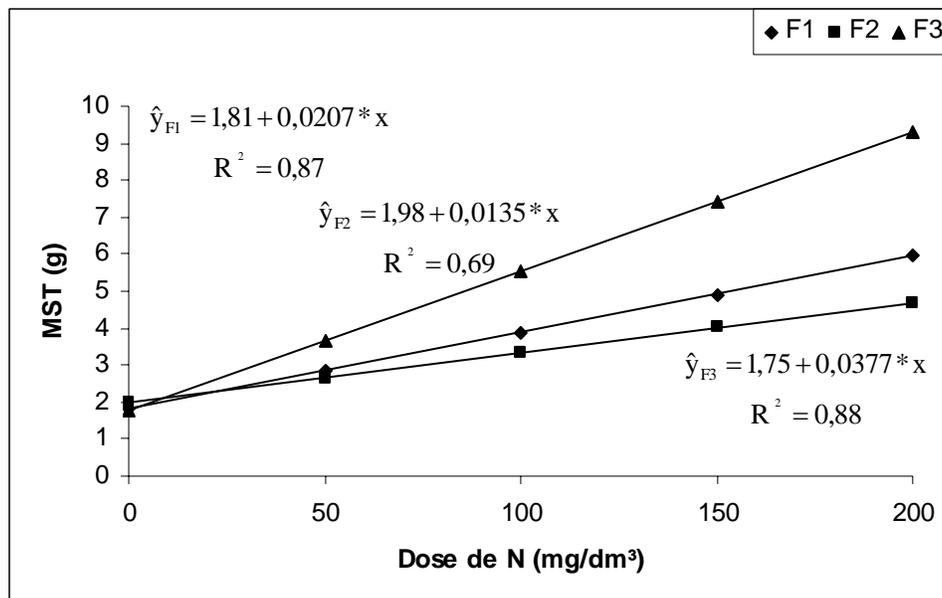


Figura 13 - Peso de matéria seca total (MST) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta às fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

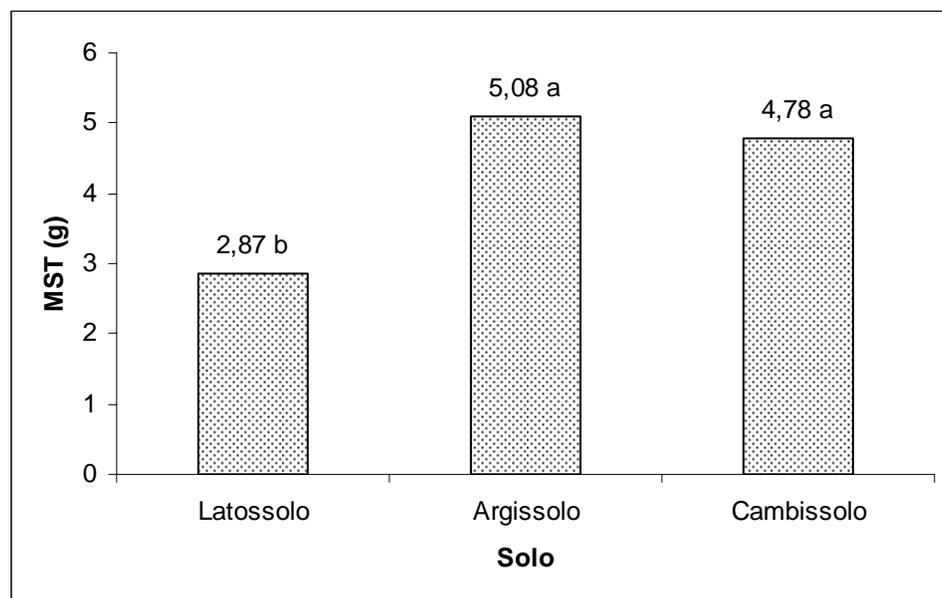


Figura 14 –Peso de matéria seca total (MST) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)

A RHPMSPA apresentou resposta quadrática em função das diferentes doses de N em cada um dos substratos (Figura 15), obtendo-se os melhores valores para este índice, observada por pontos de mínimo, nas doses de 113, 159 e 134 mg/dm³, para latossolo, argissolo e cambissolo, respectivamente, independente da fonte aplicada. Segundo GOMES (2001), normalmente essa relação não é utilizada como um índice para avaliar o padrão de qualidade das mudas, mas pode ser de grande interesse para predizer o potencial de sobrevivência das mudas no campo, sendo que, quanto menores forem os quocientes obtidos, maior sua capacidade de sobrevivência. Desta forma as mudas produzidas no latossolo, argissolo e cambissolo com a aplicação de, 113, 159 e 134 mg/dm³ de N, respectivamente, apresentam maior capacidade de sobrevivência após o plantio definitivo. Quanto a fontes de N aplicadas, verificou-se o melhor índice com aplicação do sulfato de amônio (Figura 16).

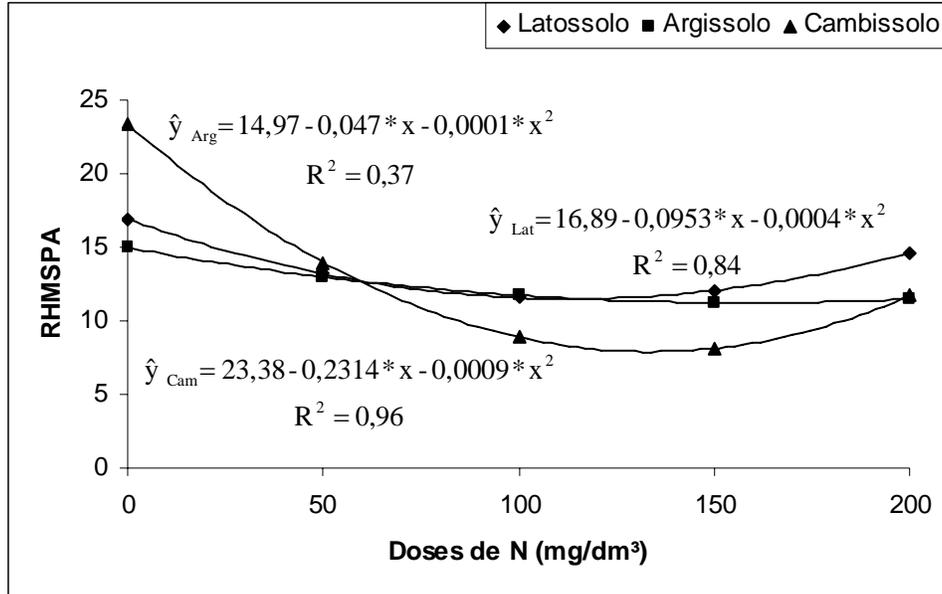


Figura 15 - Relação altura da parte aérea/ peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5 e de probabilidade.

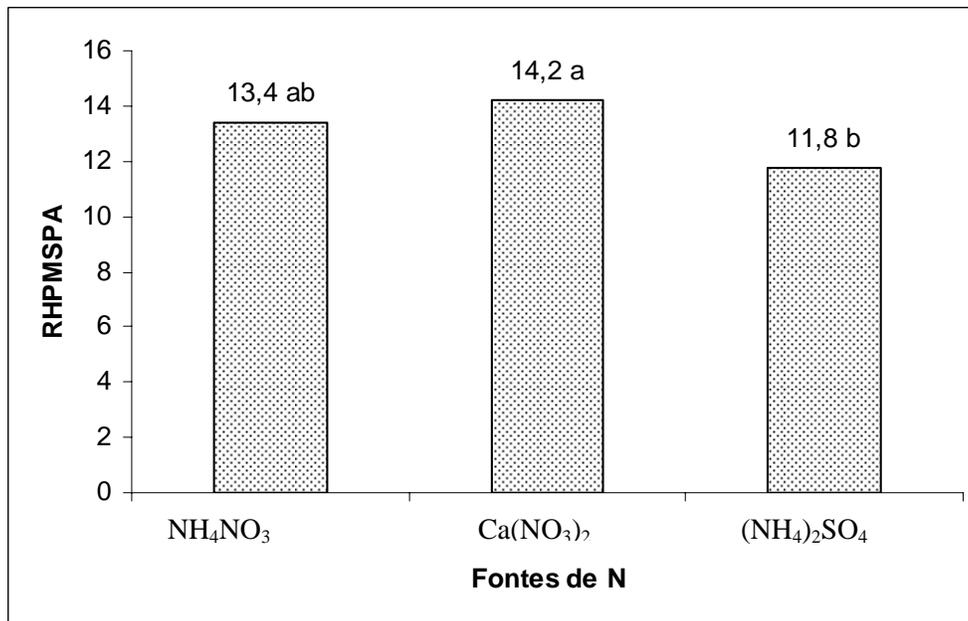


Figura 16 - Relação altura da parte aérea/ peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em resposta a fontes de N aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A RPMSPAR expressa o equilíbrio entre a partição de carbono na planta, verificando-se seu decréscimo sob condições de estresse, como o déficit hídrico e nutricional, podendo ocorrer a estagnação do crescimento de tecidos mais jovens e a partição de assimilados ser direcionada para as raízes, para que estas cresçam e conseqüentemente explorem maior volume de solo para obtenção de água. Por outro lado, o aumento desta relação indica, geralmente, que as condições de crescimento são mais favoráveis (MARQUES, 2004)

A relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) não foi influenciada pelas fontes nitrogenadas, observando-se efeito significativo apenas para a interação solos x doses (Figura 17). BRISSETE (1984), citado por GOMES (2001), relata após um consenso de pesquisadores, que o índice “2,0” expressa a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca do sistema radicular. Desta forma, considerando-se esse valor e as médias do índice obtidas em cada substrato, 2,17; 1,37 e 3,41 para latossolo, argissolo e cambissolo, respectivamente nas doses de 59,90; 49,92 e 26,54 mg/dm³ de N respectivamente, as mudas produzidas no latossolo com a aplicação de 59,90 mg/dm³ de N teriam melhor padrão de qualidade. MARQUES (2004) trabalhando com angico vermelho verificou melhor padrão de qualidade em mudas produzidas no argissolo e cambissolo.

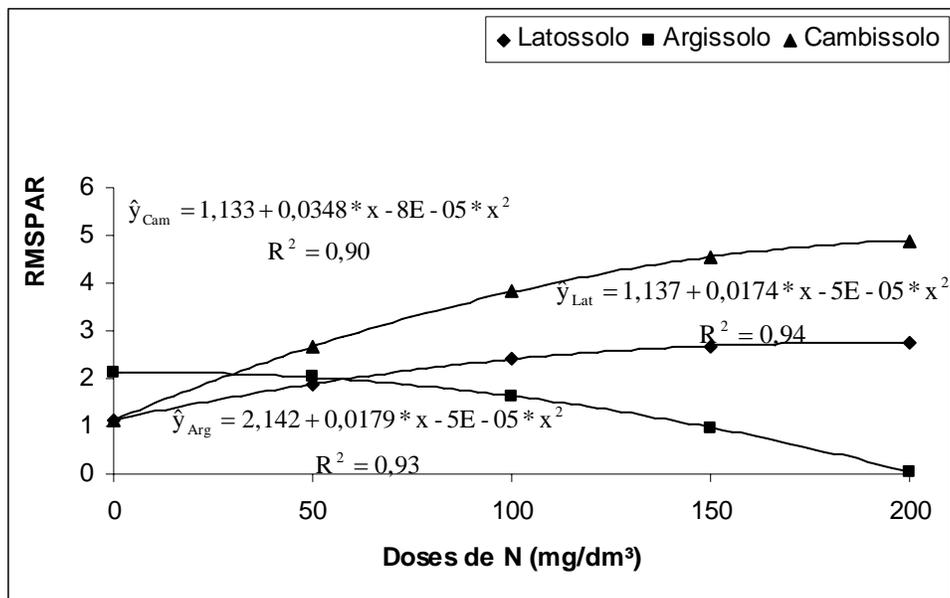


Figura 17 - Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca do sistema radicular (RMSPAR) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

Quanto ao índice de qualidade de Dickson (IQD), pode-se verificar que as interações entre os fatores estudados não foram significativas (Tabela 2), apresentando-se assim apenas os efeitos principais dos fatores fontes e doses. O IQD é uma fórmula balanceada, onde se incluem as características morfológicas H, DC, PMST, PMSPA e PMSR, e quanto maior for o valor deste índice, melhor será a qualidade da muda produzida (GOMES, 2001). Neste caso, a aplicação do sulfato de amônio produziu o maior índice, logo, mudas de melhor qualidade (Figura 18). A produção máxima de mudas de eucalipto com a aplicação de sulfato de amônio foi atribuída a uma presença adicional de enxofre, apesar de todos os tratamentos terem recebido uma adubação básica com este elemento (LOCATELLI et al., 1984b). Porém este resultado não se aplica a este trabalho, devido à quantidade de enxofre aplicada na adubação básica (40 mg dm³). Assim das doses estudadas a maior média estimada (0,55) de IQD seria obtida na dose de 190 mg/dm³ (Figura 19). Segundo CARNEIRO (1995), na determinação de

índices de qualidade, devem-se considerar alguns fatores como a espécie e a fertilidade do substrato, uma vez que estes exercerão influência no crescimento das plantas.

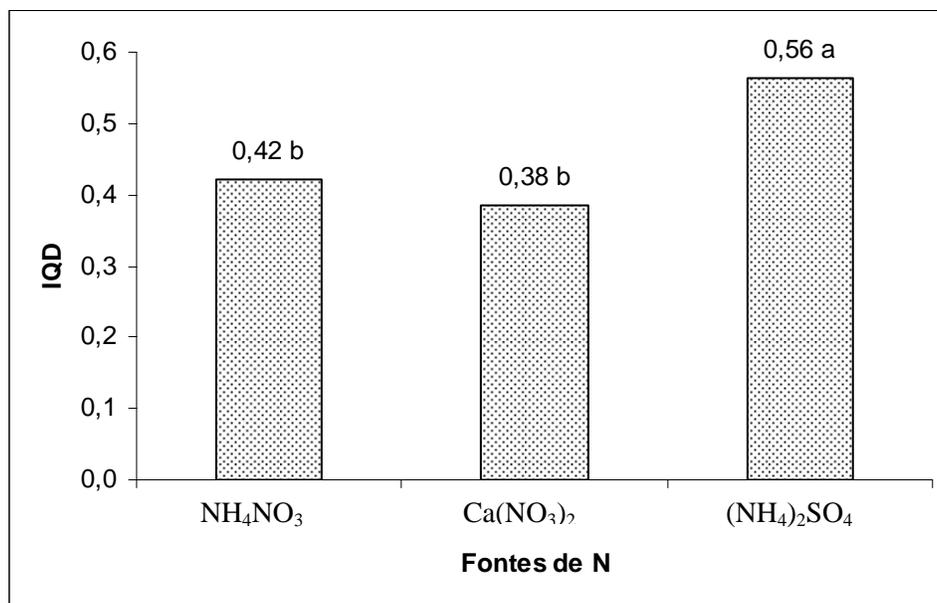


Figura 18 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em resposta a fontes de N aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

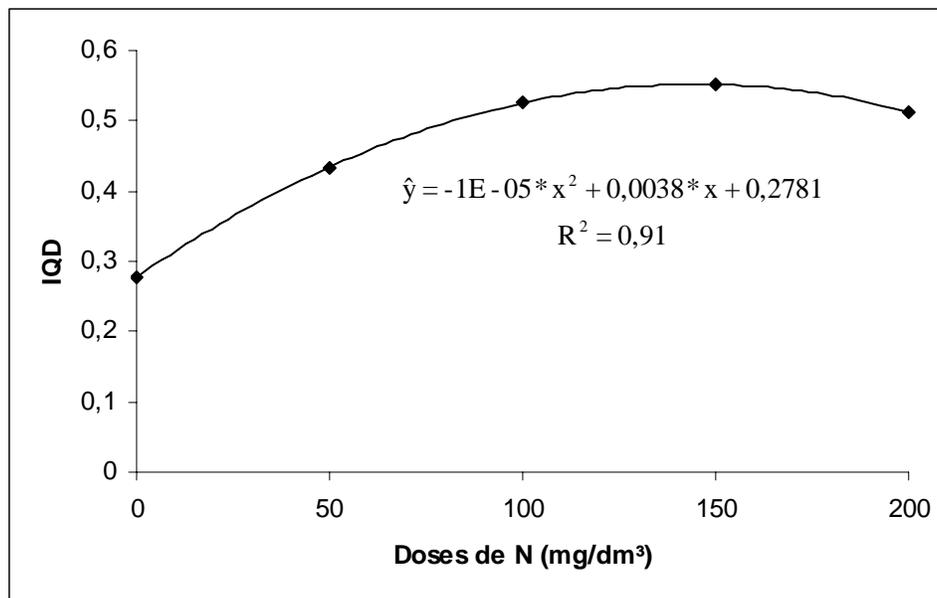


Figura 19 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em resposta a doses de N aplicadas. * significativo a 5% de probabilidade.

3.4 Nodulação

Verificou-se a presença de nódulos, decorrentes da associação simbiótica entre leguminosas-rizóbio, no sistema radicular das mudas de jacaré produzidas nos três substratos. Constatou-se o efeito principal de fontes de nitrogênio sobre a nodulação total das mudas, verificando-se maior número de nódulos (10,7 NODT/planta) nas mudas que receberam como fonte o sulfato de amônio. As mudas com menores números de nódulos (3,9 e 2,8 NODT/planta) receberam nitrato de amônio e nitrato de cálcio, respectivamente, as quais não diferiram estatisticamente entre si (Figura 20). GROSS et al. (2004), avaliando a nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico-do-cerrado) em solo autoclavado e não autoclavado, verificaram que a nodulação foi significativamente maior nas plantas inoculadas com fungos micorrízicos e rizóbios, e inferiram que o fósforo absorvido e translocado pelas micorrizas para a planta poderia ter influenciado positivamente o estabelecimento e a ocorrência de

nódulos, observaram também que o número de nódulos presentes nas plantas no experimento foi maior do que o das plantas de idade similar no seu ambiente natural. Esta inferência não se aplica ao presente trabalho devido a realização de uma adubação básica com 300 mg/dm³ de P, que provavelmente poderia ter inibido a formação de associações micorrízicas.

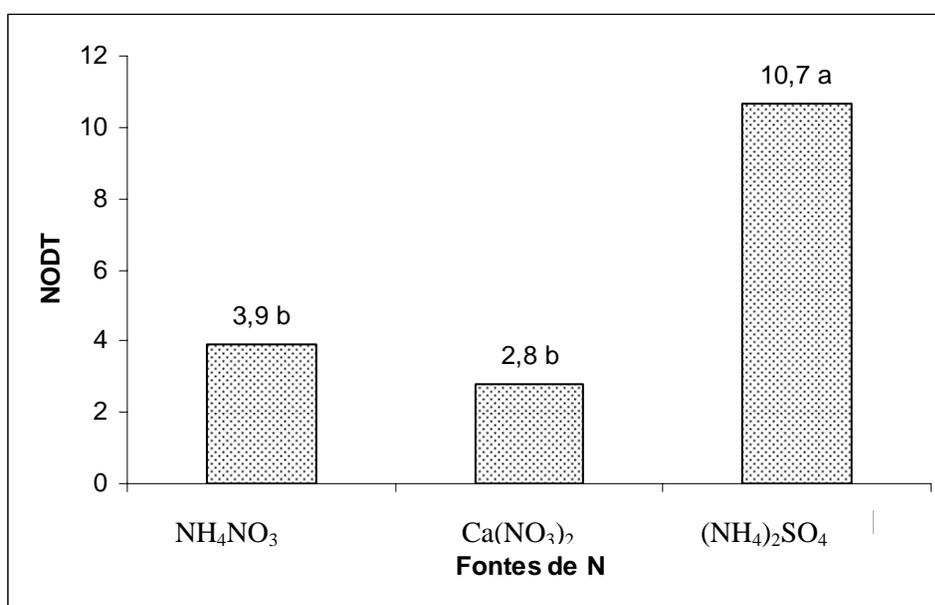


Figura 20- Número total de nódulos em mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a fontes de N aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sobre a atividade dos nódulos verificou-se efeito principal de solos e fontes (Tabela 2). Constatou-se maior atividade da simbiose (3,0 NODAT/planta), ou seja, maior número de nódulos ativos, para o cambissolo (Figura 21), com a aplicação de sulfato de amônio (Figura 22), independente das doses aplicadas.

Portanto, pode-se inferir que no intervalo de doses de N aplicadas neste experimento, mesmo as maiores doses, não foram excessivas a ponto de evitar o processo de estabelecimento da simbiose, que de acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2002), inclui a pré-infecção (reconhecimento dos simbiossitos e interação entre superfícies das bactérias e da planta); infecção da planta pela bactéria e formação de nódulo e funcionamento dos nódulos, ou seja, a fixação de nitrogênio. Segundo estes, o excesso de N-mineral reduz drasticamente a nodulação, entretanto SIQUEIRA & FRANCO (1988), afirmam que pequenas doses estimulam tanto o crescimento da planta, como também podem aumentar a massa de nódulos produzidos.

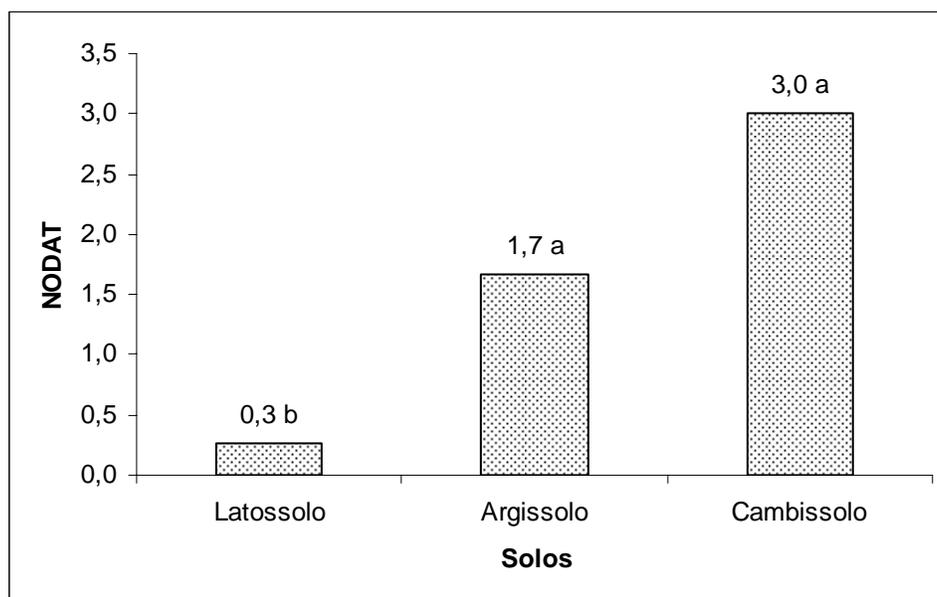


Figura 21 -Número total de nódulos ativos em mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

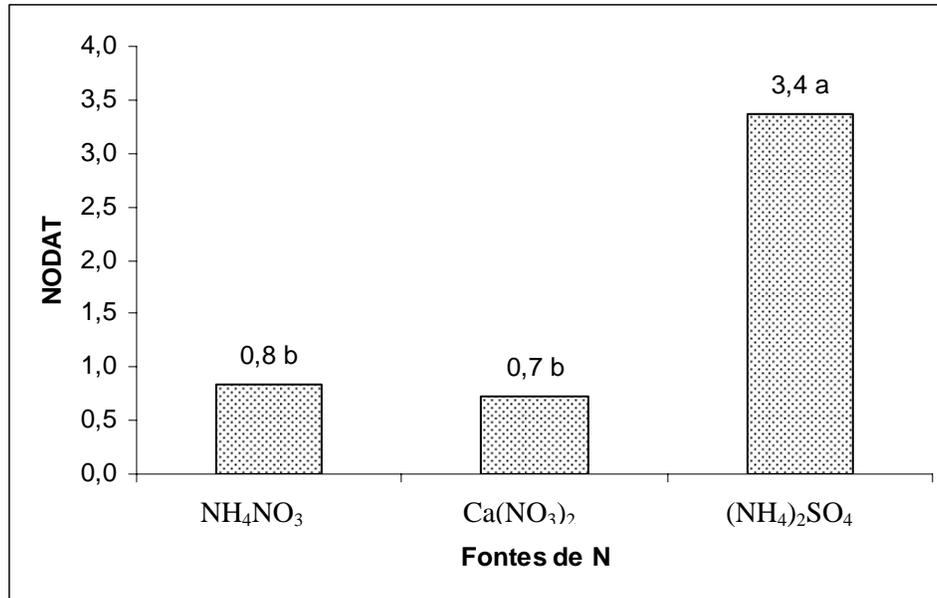


Figura 22 - Número total de nódulos ativos em mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a fontes de N aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto a relação entre os nódulos ativos e totais na planta (RNOATNODT), verificou-se dentre os solos estudados, maior eficiência da nodulação em mudas cultivadas no cambissolo (Figura 23) com a aplicação de sulfato de amônio (Figura 24). Entretanto, em mudas de *Acacia mangium* a aplicação de sulfato de amônio inibiu a formação de nódulos, pois a nodulação da acácia é muito sensível ao N-mineral (FARIA et al., 1996).

O efeito depressivo do excesso de N sobre a fixação biológica de nitrogênio não foi verificada neste trabalho, pois dentre os três solos estudados os piores valores de nódulos ativos foram encontrados nas menores doses aplicadas, o que indica que as doses crescentes de N não foram suficientes para inibir o processo de nodulação.

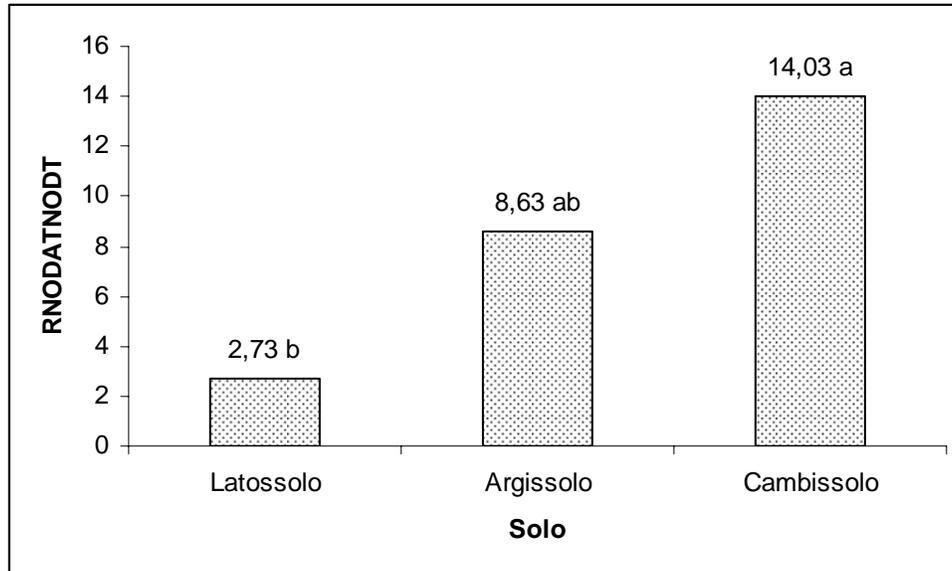


Figura 23 –Relação entre o número de nódulos ativos e o total de nódulos em mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

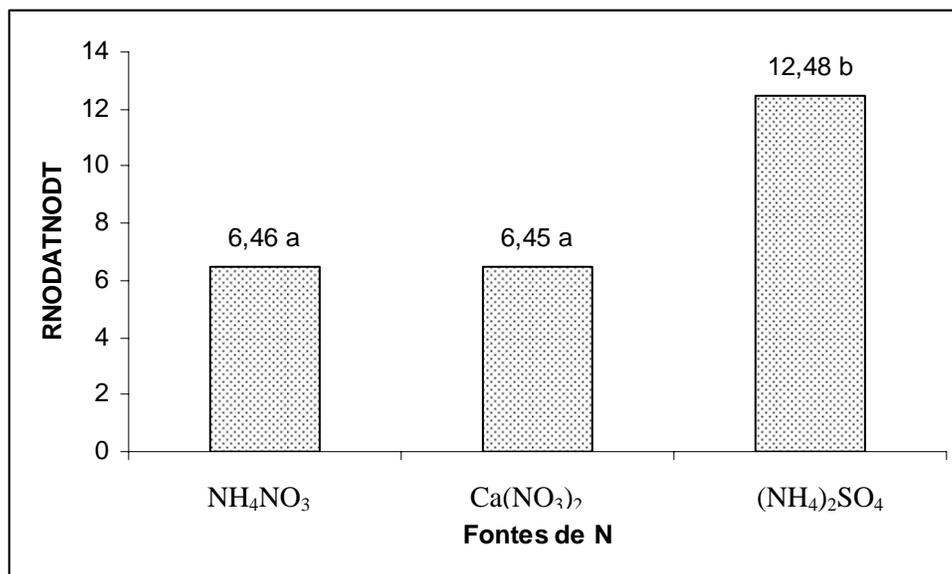


Figura 24 –Relação entre o número de nódulos ativos e o total de nódulos em mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a fontes de N aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

- As mudas de jacaré produzidas nos substratos argissolo e cambissolo proporcionaram as melhores médias em todas as características avaliadas. Este fato se deve provavelmente em razão destes substratos apresentarem melhores características químicas e físicas favoráveis ao crescimento das mudas, proporcionando assim melhores condições para a absorção e o crescimento radicular.
- A aplicação dos fertilizantes nitrogenados levou a ganhos em crescimento das mudas. As plantas referentes ao tratamento testemunha (dose 0 mg/dm³) apresentaram crescimento em altura inferior a 50%, comparativamente aos resultados dos melhores tratamentos.
- As fontes nitrogenadas apresentaram efeito significativo e positivo para todas as características avaliadas, com exceção da relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes, sendo as maiores médias encontradas com aplicação de sulfato de amônio.
- Quanto às doses de N utilizadas neste estudo, as melhores médias para todos os parâmetros morfológicos, com exceção das relações entre as características avaliadas, foram adquiridas com aplicação variando de 151 a 200 mg/dm³ de N.
- Recomenda-se, na produção de mudas de jacaré, a dose de 170 mg/dm³ de N, aplicadas parceladamente aos 25, 50 75 e 100 dias, tendo como fonte o sulfato de amônio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M.A.; ATTIWILL, P.M. Nitraté reductase activity and growth response of forest species to ammonium and nitraté sources of nitrogen. **Plant and Soil**, Netherlands, v.66, n.3, p.373-381, out.1982.

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L.E.; LEITE, P.B.; SOUZA, R.B.; JUNIOR, E.S.R. Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 111-119, jan/fev. 2006.

BERNADINO, D.C. de S.; PAIVA, H.N. de; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; MARQUES, V.B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.863-870, nov./dez. 2005.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.

DANIEL, T.W.; BIGG, W.L.; Effects of nitraté, ammonium and pH on the growth of conifer seedlings and their production of nitraté reductase. **Plant and Soil**, Netherlands, v.50, n.1-3, p.371-385, dec.1978.

DIAS, L. E., ALVAREZ, V., V. H., JÚNIOR, S. B. Formação de mudas de *Acácia mangium* Willd: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.15, n.1, p.11-22, jan./abr. 1991.

DRIESSCHE, R. V. D. Response of Douglas-fir seedlings to nitraté and ammonium nitrogen sources under various environmental conditions. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 42, n. 3, p. 685-702, jun. 1975.

FARIA, M.P.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; CURI, N. Crescimento inicial da acácia em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 209-216, nov/dez. 1996.

FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 63p.

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

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E.G.; MORAIS NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.

GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F. H. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 95-101, fev. 2004.

HERINGUER, E.P. Contribuição ao conhecimento da flora da Zona da Mata de Minas Gerais, **Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas**, Rio de Janeiro, n.2, p.1-187, 1947.

LEMO, G. B. de. **Crescimento e atividade de enzimas de assimilação do nitrogênio em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) cultivadas em diferentes relações de nitrato e amônio**. 1996, 56p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

LOCATELLI, M. BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 39-52, jan./jun.1984a.

LOCATELLI, M.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Efeito de formas de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 53-69, jan./jun.1984b.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Editora Plantarum, Vol I, 2002. 368 p.

MARQUES, V.B. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (benth.) brenan), jacarandá - da - bahia (*Dalbergia nigra* (vell.) fr. all. ex benth.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* benth.)**. 2004. 84f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. p. 305-329

PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; MOREIRA, F.M.S. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 653-662, set. 1996.

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

SANGINGA, N.; GWAJE, D.; SWIFT, M.J. Nutrient requirements of exotic tree species in Zimbabwe. **Plant and Soil**, The Hague, v.132, n.2, p.197-205, 1991.

SYLVIA, D.M.; FUHRMANN, J.J.; HARTEL, P.G.; ZUBERER, D.A. **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. p. 322-345.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras:ESAL/FAEPE, 1988. 236 p.

Capítulo 2 - Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.).

RESUMO

O bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) é uma espécie pertencente à família Leguminosae-Papilionoideae. A árvore fornecedora de sombra pode ser empregada na arborização urbana e rural, considerada ótima para plantios mistos em áreas degradadas. Ao iniciar estudos para o estabelecimento de espécies arbóreas nativas brasileiras em pastagens, verificase a quase inexistência de informações a respeito da nutrição mineral dessas espécies. No entanto há necessidade de realização de estudos para obtenção de informações mais precisas, com o objetivo de melhorar o padrão de qualidade das mudas produzidas. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.), para isto foram utilizados como parâmetros as características morfológicas e suas relações. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de 1,5 dm³ utilizando como substrato três diferentes

amostras de solo, predominantes da Zona da Mata de Minas Gerais. O experimento foi conduzido em Viçosa – MG, no período de novembro de 2004 a junho de 2005. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio [NH_4NO_3], nitrato de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] e sulfato de amônio [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm^3 de N), aplicadas em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados (DBC), analisados em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos. Aos 120 dias após a semeadura, as mudas produzidas no substrato cambissolo proporcionaram as melhores médias dentre as características morfológicas avaliadas.. As fontes nitrogenadas tiveram efeito significativo apenas para altura, nódulos totais e ativos e relação entre os nódulos totais e ativos, onde as maiores médias foram encontradas para o sulfato de amônio, com exceção para a nodulação total que foi obtida com a aplicação do nitrato de amônio. As melhores médias em todas as características avaliadas, foram alcançadas com doses variando de 42 a 200 mg/dm^3 de N, com exceção da relação peso de matéria seca da parte aérea e raiz onde verificou-se o melhor índice na dose de 0 mg/dm^3 de N. Deste modo recomenda-se para produção de mudas de bico-de-pato uma dose média de 150 mg/dm^3 de N, aplicada parceladamente aos 25, 50, 75 e 100 dias, usando como fonte o sulfato de amônio.

1. INTRODUÇÃO

O bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) é uma espécie pertencente à família Leguminosae-Papilionoideae de ocorrência no sul da Bahia, Espírito Santo, São Paulo e Minas Gerais até o Rio grande do Sul, principalmente na floresta latifoliada. A árvore fornecedora de sombra pode ser empregada na arborização urbana e rural e como planta pioneira adaptada à luz direta e muito rústica, é ótima para plantios mistos em áreas degradadas de preservação (LORENZI, 2002).

Ao iniciar estudos para o estabelecimento de espécies arbóreas nativas brasileiras em pastagens, verifica-se a quase inexistência de informações a respeito da nutrição mineral dessas espécies. No entanto há necessidade de realização de estudos para obtenção de informações mais precisas, com o objetivo de melhorar a qualidade das mudas produzidas.

As características das mudas de boa qualidade estão intrinsecamente relacionadas com seu potencial de sobrevivência e crescimento no campo após o plantio. A fertilidade do substrato é importante por disponibilizar os nutrientes em quantidades balanceadas, resultando no crescimento das mudas, melhoria das características que avaliam sua qualidade, além de torná-las mais resistentes às condições adversas após o plantio (CARNEIRO, 1995). Segundo PARVIAINEN (1981), as características morfológicas e fisiológicas das mudas estão relacionadas com a qualidade genética e procedência das sementes, com as condições ambientais no viveiro, com a estrutura e equipamentos utilizados, armazenamento e transporte das plantas, e, sobretudo, com os métodos utilizados

na produção das mudas, como o tipo de recipiente, irrigações, podas, adubações, substratos, dentre outros.

De todos os nutrientes, o nitrogênio é o elemento que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores e tem merecido atenção, uma vez que se mostra limitante ao crescimento e produção florestal (NAMBIAR, 1989). O nitrogênio faz parte dos aminoácidos, que juntos, constituem as proteínas, que foram definidas, por sua importância, como a base física da vida. Algumas proteínas têm função enzimática, isto é, são responsáveis pelas mais variadas funções: desde a absorção dos elementos minerais pelas raízes ou pelas próprias folhas, até a fotossíntese ou a respiração. A clorofila, o pigmento que proporciona a cor verde aos vegetais, e algumas vitaminas, entre outros compostos, também contém N (MALAVOLTA et al., 2002).

Nitrato (N-NO_3^-) e amônio (N-NH_4^+) são as maiores fontes de nitrogênio inorgânico absorvidas pelas raízes de plantas superiores (MARSCHNER, 1995). Embora a maioria dos trabalhos mostre a preferência de espécies arbóreas por N-NH_4^+ , por causa do baixo pH e da reduzida nitrificação, alguns autores indicam a preferência a N-NO_3^- por algumas espécies arbóreas pioneiras. Há escassez de informações sobre as exigências e preferências a formas de N por espécies arbóreas nativas de interesse para reflorestamento no sudeste brasileiro (PEREIRA et al., 1996). DRIESSCHE (1978) demonstrou que na produção de mudas de *Pseudotsuga menziesii*, sob condições ácidas, a forma nítrica resultou em maior crescimento das mudas quando comparado à forma amoniacal, ocorrendo o oposto sob condições neutras, enquanto MIRANDA et al. (1996) avaliando as diferentes relações $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ em solução nutritiva sobre o crescimento de mudas de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*) observou que o crescimento em altura, em diâmetro e a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes foram favorecidos pelo fornecimento simultâneo de N amoniacal e nítrico.

Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento e qualidade de mudas de bico-de-pato (*Machaerium*

nictitans (Vell.) Benth.) produzidas em amostras de três tipos de solo, predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

2.MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - DEF/UFV, em Viçosa – MG, no período de novembro de 2004 a junho de 2005. com temperatura média diária de 21,14°C, máxima de 21,57°C e mínima de 20,74°C. As médias diárias de precipitação e umidade relativa do ar foram de 4,45 mm e 86,04%, respectivamente.

2.1 - Caracterização do solo

As amostras de três tipos de solo (argissolo, cambissolo e latossolo) utilizadas como substrato para a produção das mudas foram retiradas de áreas da região de Viçosa – MG da camada abaixo de 20 a 40 cm de profundidade para argissolo e de 20 a 100 cm de profundidade para latossolo e cambissolo, e caracterizadas química e fisicamente (Quadros 1 e 2).

Quadro 1: Análise física dos solos utilizados na produção das mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*).

| Solo | Granulometria | | | | Classe textural |
|----------------------------|------------------|----------------|-----------|------------|-----------------|
| | Areia grossa (%) | Areia fina (%) | Silte (%) | Argila (%) | |
| Argissolo Vermelho Amarelo | 25 | 10 | 10 | 55 | Argila |
| Cambissolo | 25 | 10 | 10 | 55 | Argila |
| Latossolo Vermelho Amarelo | 14 | 8 | 10 | 68 | Muito argilosa |

Quadro 2: Análise química dos solos da região de Viçosa – MG utilizados na produção das mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*) antes da correção.

| Solo | pH | P | K | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H+Al | SB | T | V | MO |
|------------|------------------|--------------------|----|------------------|------------------|------------------------------------|------|------|------|------|--------|
| | H ₂ O | mg/dm ³ | | | | cmol _c /dm ³ | | | | % | dag/kg |
| Argissolo | 5,64 | 1,5 | 16 | 1,74 | 0,17 | 0,00 | 3,0 | 1,95 | 4,95 | 39,4 | 2,82 |
| Cambissolo | 5,60 | 1,5 | 66 | 1,00 | 0,31 | 0,00 | 1,7 | 1,48 | 3,18 | 46,5 | 2,55 |
| Latossolo | 5,40 | 2,5 | 26 | 0,17 | 0,09 | 0,00 | 2,0 | 0,33 | 2,33 | 14,2 | 2,69 |

pH em água - Relação 1: 2,5

P e K - Extrator Mehlich 1

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

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

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

Os solos não esterilizados foram secos ao ar, peneirados em malha de 5 mm e efetuada a correção da acidez, utilizando-se uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica de 4:1. A necessidade de calagem foi calculada com base na análise química dos solos (Quadro 2), sendo a saturação por bases elevada a 60%. Após incorporação do corretivo, as amostras de solos

foram acondicionadas em sacos plásticos mantidos abertos e incubadas por um período de 30 dias na estufa, visando manter o teor de umidade das amostras à capacidade de campo.

Após 30 dias, os solos receberam adubação básica de macronutrientes via solução, nas seguintes doses: P = 300 mg/dm³, K = 100 mg/dm³ e S = 40 mg/dm³, tendo como fontes NaH₂PO₄.H₂O, KCl e K₂SO₄ conforme sugerido por PASSOS (1994) citado por BERNADINO (2005). E ainda, uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: B = 0,81 mg/dm³ (H₃BO₃), Cu = 1,33 mg/dm³ (CuSO₄.5H₂O), Mo = 0,15 mg/dm³ [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], Mn = 3,66 mg/dm³ (MnCl₂.H₂O) e Zn = 4,0 mg/dm³ (ZnSO₄.7H₂O) (ALVAREZ V. et al., 2006). Os solos foram acondicionados em vasos plásticos, na quantidade de 1,5 dm³/vaso. Em seguida procedeu-se a semeadura.

As sementes de *Machaerium nictitans* (Vell.) Benth foram adquiridas no Laboratório de Análises de Sementes Florestais do Departamento de Ciências Florestais da UFLA. Cada vaso plástico recebeu 10 sementes, efetuando-se dois raleios, sendo o primeiro aos 15 dias após a emergência, deixando-se duas mudas por vaso e o outro aos 20 dias, deixando-se apenas uma muda, a mais central e vigorosa, por vaso.

A unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 1,5 dm³ de substrato contendo uma muda. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizadas (DBC), analisados em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos.

As fontes de nitrogênio testadas foram na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂] e sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] em cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N), aplicadas como solução em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura.

As características morfológicas, e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas (GOMES, 2001), foram analisadas ao término do experimento, 120 dias após a semeadura, quando também se verificou a presença e o número de nódulos ativos no sistema radicular. Essas características foram a

altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), o peso de matéria seca de raízes (PMSR), o peso de matéria seca total (PMST), a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

A altura da parte aérea (H) foi obtida com auxílio de régua milimetrada posicionada em nível do substrato até o ápice da planta e o DC foi efetuado por meio de paquímetro digital.

O PMSPA e o PMSR foram obtidos após secagem do material vegetal em estufa com circulação de ar forçada, a 60^oC, até peso constante. Com a soma do PMSPA e PMSR obteve-se o PMST.

As demais relações, RHDC, RHPMSPA e RPMSPAR foram determinadas pelo quociente entre as características envolvidas na relação.

O Índice de qualidade de Dickson (IQD) foi obtido em função das variáveis H, DC, PMST, PMSPA e PMSR, mediante a seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960, citados por GOMES, 2001):

$$IQD = \frac{PMST(g)}{H(cm) / DC(mm) + PMSPA(g) / PMSR(g)}$$

Após a separação do sistema radicular e limpeza em água corrente com auxílio de peneira de malha fina, efetuou-se a verificação da presença e atividade de nódulos em cada planta. A atividade dos rizóbios, ou seja, os nódulos ativos (NODAT) presentes nas raízes, foram verificados pela presença da leghemoglobina nos nódulos, por meio de cortes com auxílio de estilete e visualização feita com lupa. Segundo MOREIRA & SIQUEIRA (2002), a leghemoglobina transporta oxigênio para os microrganismos. A região de atividade da fixação de N₂ é geralmente de cor rosa ou vermelha devido a presença da leghemoglobina (SYLVIA et al., 1999). A presença dos nódulos totais nas raízes (NODT) foi verificada por meio da contagem, realizada manualmente. A relação

entre os nódulos ativos e os nódulos totais do sistema radicular (RNODATNODT) foi determinada pelo quociente entre as características envolvidas na relação.

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância; teste de média (Teste de Tukey a 5% de probabilidade), que foi utilizado para comparar o efeito principal de solos e/ou de fontes de N e análise de regressão que foi utilizada para associar o efeito das doses, utilizando-se o software SISVAR (Sistema para Análises Estatísticas) (FERREIRA, 2000). Na escolha das equações de regressão considerou-se a significância dos coeficientes, testada em nível de 5% de probabilidade, e o coeficiente de determinação (R^2).

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC) e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC)

A aplicação dos fertilizantes nitrogenados levou a ganhos em crescimento das mudas. A condição do solo sem N-mineral (Dose = 0 mg/dm³) foi limitante para o crescimento da espécie, comprovando o efeito do N no aumento da produção vegetal (Tabela 1). A análise de variância mostrou diferenças significativas de solos, doses e fontes estudadas sobre as características morfológicas e os índices de qualidade avaliados (Tabela 2).

Em relação à altura, constatou-se efeito significativo nas interações solos x fontes e solos x doses. Foi verificado efeito quadrático das doses aplicadas nos substratos argissolo e latossolo, permitindo assim, detectar os pontos de máximo crescimento. Para o substrato cambissolo o efeito de dose de N foi linear, indicando que o crescimento máximo deverá ocorrer com doses de N superiores a 200 mg/dm³, nota-se que o maior valor de H para esse substrato (48,57 cm) foi obtido com a maior dose de N aplicada. No latossolo e argissolo os maiores valores verificados para a H foram 15,95 e 35,56 cm, nas doses de 131,23 e 190,23 mg/dm³ de N, respectivamente (Figura 1).

Quanto à interação solos x fontes, verificou-se após desdobramento por meio de teste de média, que o substrato latossolo obteve maiores médias de altura (30,78 e 31,28 cm) com a aplicação de nitrato de cálcio e sulfato de amônio, respectivamente, porém entre estas, não houve diferença significativa (Figura 2). Para o substrato argissolo observou-se resultado semelhante, apresentando maiores valores médios de altura (26,35 e 32,68 cm) também com a aplicação de nitrato de cálcio e sulfato de amônio. Em mudas de *Dalbergia nigra* as maiores médias para H foram obtidas com as fontes amoniacais, onde o sulfato de amônio superou a média obtida com o nitrato de cálcio (MARQUES, 2004). Para o substrato cambissolo houve diferença significativa entre as fontes de N aplicadas,

obtendo-se o maior valor médio de altura (41,21 cm) com a aplicação do sulfato de amônio. Dentre os substratos estudados os piores índices de altura 13,33, 15,13 e 16,43 cm para latossolo, argissolo e cambissolo, respectivamente, foram obtidos com a aplicação do nitrato de amônio. Entretanto para mudas de *Eucalyptus grandis* foi observado maior média de altura (23,9 cm) com a aplicação do nitrato de amônio em latossolo vermelho-amarelo-argiloso (LOCATELLI et al., 1984)

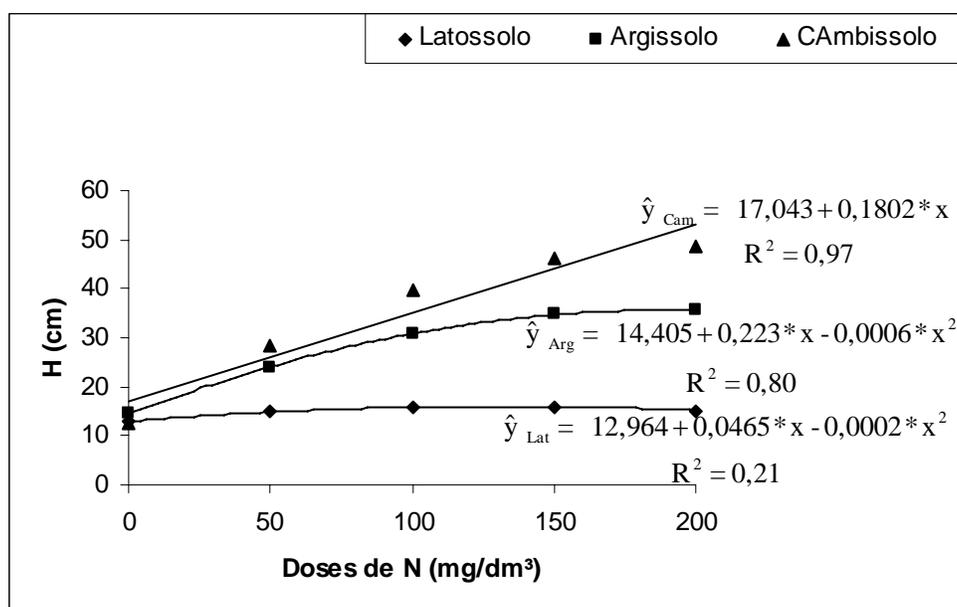


Figura 1 – Altura da parte aérea (H) de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5 % de probabilidade.

Tabela 1- Médias das características morfológicas, relações estudadas e presença de nódulos em relação aos fatores solos e fontes obtidas por meio de Teste Tukey, na produção mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), avaliadas aos 120 dias após a semeadura.

| MÉDIAS | | | | | | | | | | | | |
|---|------|-----|-------|------|------|------|---------|---------|-----|------|-------|------------|
| SOLOS | H | DC | PMSPA | PMSR | PMST | RHDC | RHPMSPA | RPMSPAR | IQD | NODT | NODAT | RNODATNODT |
| Latossolo | 22,6 | 4,2 | 2,0 | 1,0 | 2,9 | 5,1 | 12,5 | 2,2 | 0,4 | 2,7 | 0,3 | 2,73 |
| Argissolo | 36,8 | 5,3 | 3,9 | 1,3 | 5,1 | 6,7 | 13,2 | 3,1 | 0,5 | 6,8 | 1,7 | 8,63 |
| Cambissolo | 32,8 | 5,3 | 3,6 | 1,1 | 4,8 | 5,8 | 13,7 | 3,4 | 0,5 | 7,9 | 3,0 | 14,03 |
| FONTES | | | | | | | | | | | | |
| NH ₄ NO ₃ | 29,5 | 4,9 | 2,9 | 1,0 | 3,9 | 5,7 | 13,4 | 3,0 | 0,4 | 3,9 | 0,8 | 6,46 |
| Ca(NO ₃) ₂ | 27,4 | 4,6 | 2,4 | 0,9 | 3,3 | 5,8 | 14,2 | 2,7 | 0,4 | 2,8 | 0,7 | 6,45 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 35,3 | 5,4 | 4,2 | 1,4 | 5,5 | 6,1 | 11,8 | 3,0 | 0,6 | 10,7 | 3,4 | 12,48 |
| DOSES (mg/dm ³) | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 10,6 | 3,5 | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 3,0 | 19,2 | 1,5 | 0,3 | 1,2 | 0,3 | 4,86 |
| 50 | 24,7 | 4,9 | 2,4 | 1,0 | 3,4 | 5,0 | 11,4 | 2,3 | 0,5 | 6,6 | 1,8 | 12,66 |
| 100 | 35,2 | 5,3 | 3,6 | 1,2 | 4,7 | 6,7 | 12,1 | 3,2 | 0,5 | 4,5 | 1,1 | 7,15 |
| 150 | 41,3 | 5,4 | 4,8 | 1,3 | 6,1 | 7,3 | 10,7 | 3,7 | 0,6 | 9,2 | 2,4 | 7,73 |
| 200 | 41,9 | 5,7 | 4,6 | 1,4 | 5,8 | 7,3 | 12,3 | 3,7 | 0,5 | 7,4 | 2,8 | 9,92 |

H - altura da parte aérea, DC - diâmetro de coleto, PMSPA - peso de matéria seca da parte aérea, PMSR - peso de matéria seca da raiz, PMST - peso de matéria seca total, RHDC - relação entre a altura e o diâmetro de coleto, RHPMSPA - relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea, RPMSPAR - relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e a raiz, IQD - índice de qualidade de Dickson, NODT - nódulos totais no sistema radicular, NODAT - nódulos ativos no sistema radicular, RNODATNODT – relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das características morfológicas e relações estudadas, na produção mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), avaliadas aos 120 dias após a semeadura.

| FV | GL | QUADRADO MÉDIO | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | | H | DC | PMSPA | PMSR | PMST | RHDC | RHPMPA | RPMSPAR | IQD | NODT | NODAT | RNODAT NODT |
| Bloco | 3 | 241,40 ^{ns} | 2,06 ^{ns} | 7,20 ^{ns} | 0,51 ^{ns} | 9,35 ^{ns} | 2,92 ^{ns} | 17,92 ^{ns} | 0,60 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 186,87 ^{ns} | 82,37 ^{ns} | 371,94 ^{ns} |
| Solo (S) | 2 | 6223,82* | 28,29* | 151,87* | 5,17* | 245,67* | 100,86* | 479,51* | 19,81* | 1,02* | 16161,35* | 2994,11* | 2121,99* |
| Fonte(F) | 2 | 202,60 ^{ns} | 1,75 ^{ns} | 3,44 ^{ns} | 1,01 ^{ns} | 8,87 ^{ns} | 0,94 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 0,12 ^{ns} | 3714,67* | 1224,15* | 1470,75* |
| Dose(D) | 4 | 2524,94* | 28,14* | 97,11* | 3,67* | 132,02* | 26,34* | 404,87* | 16,01* | 0,76* | 3420,59* | 1790,98* | 125,56 ^{ns} |
| S x F | 4 | 273,13* | 1,22 ^{ns} | 5,09 ^{ns} | 0,50 ^{ns} | 9,35 ^{ns} | 2,69 ^{ns} | 3,29 ^{ns} | 0,75 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 1660,63* | 436,64* | 41,08 ^{ns} |
| S x D | 8 | 727,41* | 5,30* | 21,62* | 2,26* | 32,35* | 10,80* | 131,40* | 1,70* | 0,30* | 1436,89* | 484,33* | 268,18 ^{ns} |
| F x D | 8 | 120,38 ^{ns} | 0,32 ^{ns} | 2,10 ^{ns} | 0,18 ^{ns} | 3,50 ^{ns} | 1,66 ^{ns} | 1,10 ^{ns} | 0,43 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 1238,07* | 404,34* | 509,67 ^{ns} |
| S x F x D | 16 | 92,04 ^{ns} | 0,63 ^{ns} | 3,15 ^{ns} | 0,18 ^{ns} | 4,61 ^{ns} | 1,62 ^{ns} | 2,95 ^{ns} | 0,41 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 3954,90* | 1410,93* | 26,21 ^{ns} |
| Resíduo | 132 | 94,75 | 0,78 | 2,56 | 0,38 | 4,43 | 1,77 | 9,36 | 0,41 | 0,04 | 351,71 | 78,28 | 311,78 ^{ns} |
| CV% | | 37,47 | 17,77 | 47,59 | 47,72 | 44,54 | 27,04 | 29,76 | 26,81 | 35,85 | 93,64 | 106,38 | 68,75 |

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

H - altura da parte aérea, DC - diâmetro de coleto, PMSPA - peso de matéria seca da parte aérea, PMSR - peso de matéria seca da raiz, PMST - peso de matéria seca total, RHDC - relação entre a altura e o diâmetro de coleto, RHPMPA - relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea, RPMSPAR - relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e a raiz, IQD - índice de qualidade de Dickson, NODT - nódulos totais no sistema radicular, NODAT - nódulos ativos no sistema radicular, RNODATNODT – relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais.

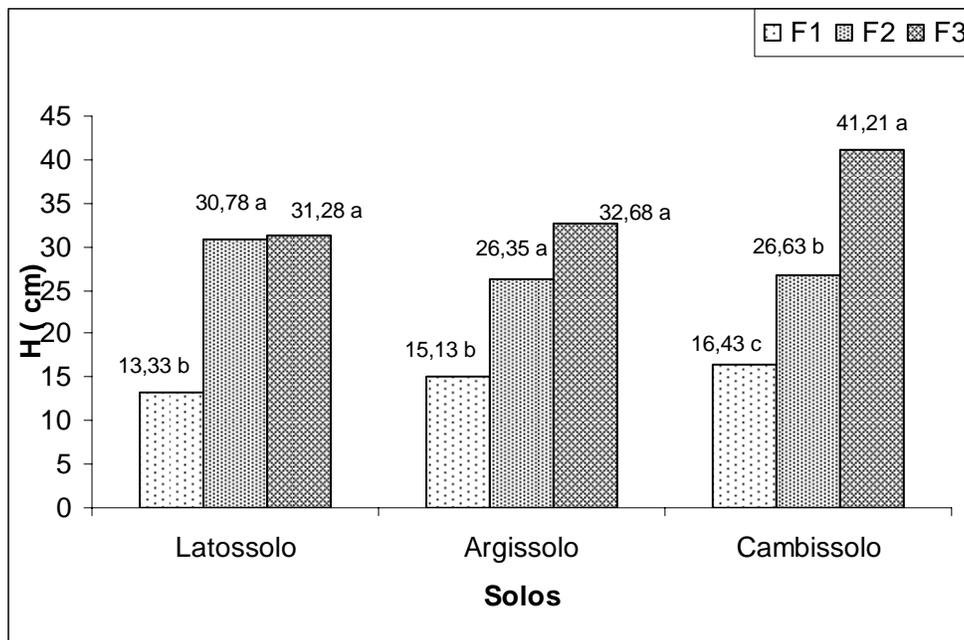


Figura 2 - Altura de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta às fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio) em diferentes amostras de solos. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o diâmetro de coleto (DC) das mudas, verificou-se efeito significativo apenas na interação solos x doses, ajustando-se modelos quadráticos. Para o substrato cambissolo, obteve-se o maior diâmetro (6,78 mm) com a aplicação da dose de 163,02 mg/dm³ de N (Figura 3). Para o latossolo e argissolo, os maiores valores obtidos para o DC foram respectivamente 4,51 e 5,74 mm na dose de 124,38 e 145,91 mg/dm³ de N. Na produção de mudas de *Dalbergia nigra* obteve-se maior valor para o diâmetro de coleto (5,34 mm) na dose de 200 mg/dm³ de N para o substrato cambissolo, entretanto verificou-se para latossolo e argissolo maiores valores para o DC (4,39 e 5,81 mm) nas doses de 126 e 151 mg/dm³ de N, respectivamente (MARQUES, 2004). Para mudas de *Dinizia excelsa*, a aplicação de N nas doses de 0, 50 e 100 mg/dm³ de N não exerceu efeito significativo para o DC (OLIVEIRA et al., 1998).

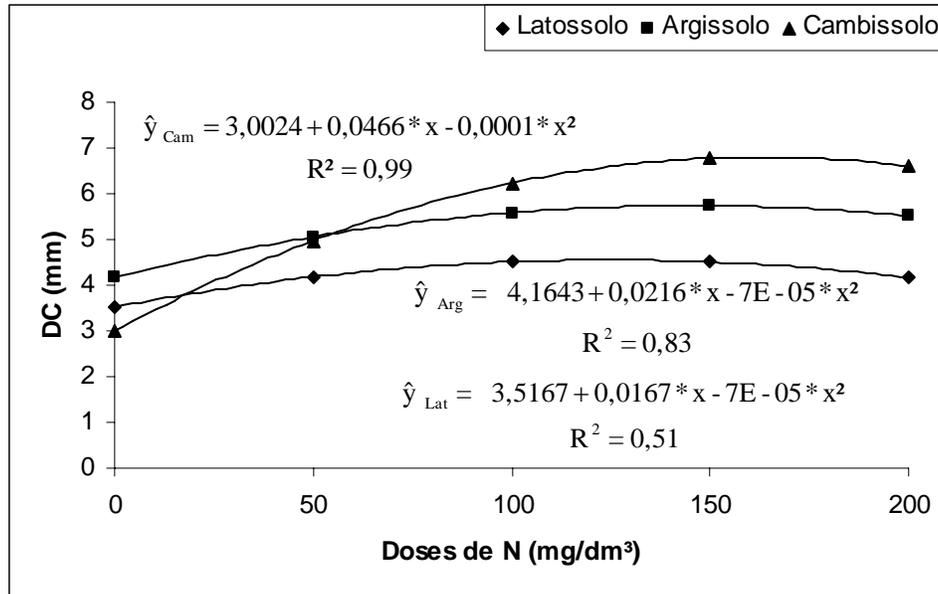


Figura 3 – Diâmetro do coleto (DC) das mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

Quanto à RHDC verificou-se efeito quadrático de doses para os substratos latossolo e argissolo, apresentando, respectivamente, os melhores índices 3,44 e 3,37 nas doses de 200 e 0 mg/dm³ de N, respectivamente (Figura 4). Para o cambissolo o efeito linear de doses de N indica que o valor máximo da RHDC deverá ocorrer com doses de N superiores a 200 mg/dm³, entretanto observa-se dentre os solos estudados, que o pior valor para a RHDC (7,38) foi obtido com a maior dose de N aplicada. Segundo CARNEIRO (1995), a RHDC exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, pois conjuga duas importantes características em apenas um só índice, e quanto menor for o seu valor, melhor a qualidade da muda e, conseqüentemente, maior a capacidade de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio definitivo. Entretanto o índice de qualidade de Dickson (IQD), que é uma fórmula balanceada onde se incluem dentre outras características morfológicas a altura e o diâmetro de coleto, indica que quanto maior for o valor deste índice, melhor será a qualidade da muda. Neste trabalho o melhor índice para RHDC foi encontrado na dose zero (testemunha) de

N para o argissolo, enquanto o pior foi observado na dose mais elevada de N para o cambissolo.

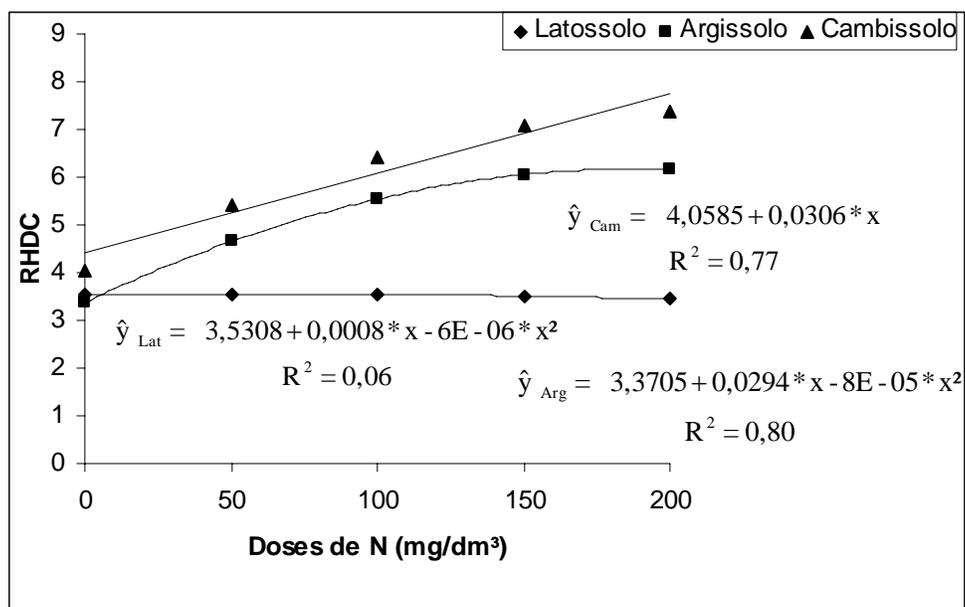


Figura 4 – Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5 % de probabilidade.

3.2 Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), Peso de matéria seca de raízes (PMSR) e Peso de matéria seca total (PMST)

A produção de matéria seca da parte aérea das mudas de bico-de-pato foi significativamente afetada pela interação solos x doses. Nos substratos argissolo e cambissolo, a produção foi crescente e linearmente relacionada com a dose, o efeito linear de doses indica que a obtenção da produção máxima de matéria seca da parte aérea deverá ocorrer em doses superiores a 200 mg/dm³ de N para estes substratos. No entanto verifica-se que os maiores índices de matéria

seca da parte aérea 5,81 e 7,81 g, para os substratos argissolo e cambissolo, respectivamente, foram obtidos na dose de N mais elevada (Figura 5). Para o latossolo o efeito quadrático de doses permitiu ajustar equação para estimar a dose associada com a produção máxima (1,95 g), que foi da ordem de 225,62 mg/dm³ de N. A produção de matéria seca de mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em latossolo arenoso variou, em média, de 0,9 a 3,2 g/planta quando a dose aplicada de N variou de 0 a 200 mg/dm³ (LOCATELLI et al., 1984). MARQUES (2004) verificou para mudas de sabiá que a aplicação de 200 mg/dm³ de sulfato de amônio foi responsável pelos maiores valores de matéria seca obtidos para argissolo, latossolo e cambissolo, sendo que a dose responsável para a máxima produção deverá ser superior a 200 mg/dm³ de sulfato de amônio.

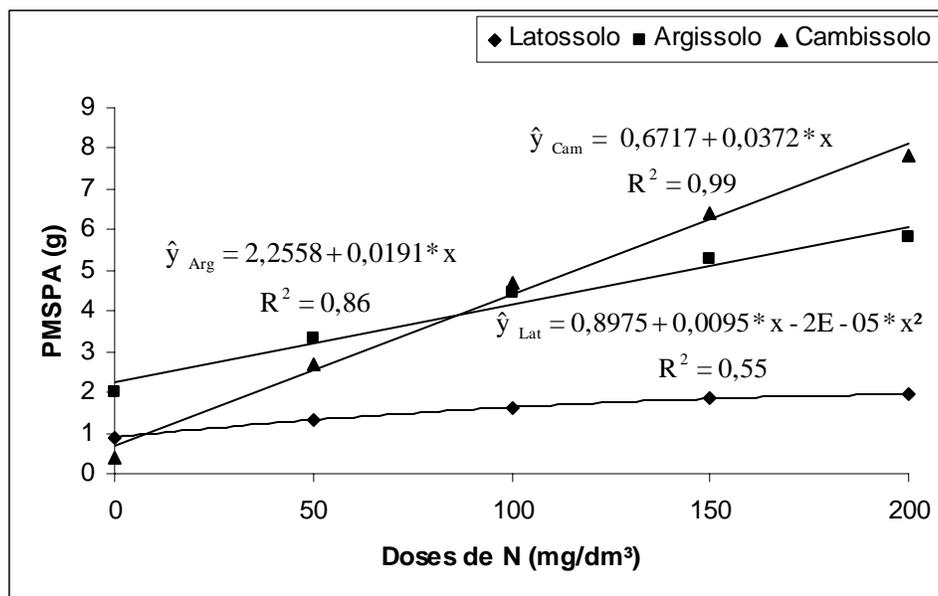


Figura 5 - Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

O PMSR, à semelhança do PMSPA, também foi significativamente afetado pela interação solos x doses. Constatou-se efeito quadrático de doses nos substratos estudados, possibilitando assim ajustar equações para estimar as doses associadas com a produção máxima. Dentre os solos estudados, no cambissolo verificou-se o maior valor de produção (2,05 g) para a dose de 161,67 mg/dm³ de N dose aplicada. Porém para o latossolo o máximo valor de produção de biomassa de raízes 1,09 g foi alcançado sem nenhuma aplicação de N (0 mg/dm³ de N), sendo a menor produção de peso de matéria seca de raízes (0,87 g) verificada com a aplicação da dose de 125,85 mg/dm³ de N. No substrato argissolo a aplicação de 49,35 mg/dm³ de N levou a ganhos de 1,24 g na produção de raízes (Figura 6). BARROSO et al. (2000), trabalhando com substrato constituído por bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira em mudas de *Sesbania virgata*, verificaram que o aumento das doses de N possibilitou maior incremento em altura, diâmetro de coleto, matéria seca da parte aérea e do sistema radicular.

Para o PMST, observou-se na interação solos x doses à semelhança do PMSPA e PMSR, efeito quadrático de doses de N nos substratos latossolo, argissolo e cambissolo, nos quais o maior valor (9,80 g) foi obtido no cambissolo para a dose de 200 mg/dm³ de N, com ponto de máxima produção alcançado para a dose de 295 mg/dm³ de N. (Figura 7). Para latossolo e argissolo, os maiores valores de PMST (2,77 e 7,34 g) foram detectados para as doses de 143,50 e 194,45 mg/dm³ de N, respectivamente. A dose de N para a obtenção de 90% da produção máxima de matéria seca total em mudas de *Sclerolobium paniculatum* foi de 79 mg/dm³ de N (DIAS et al., 1992).

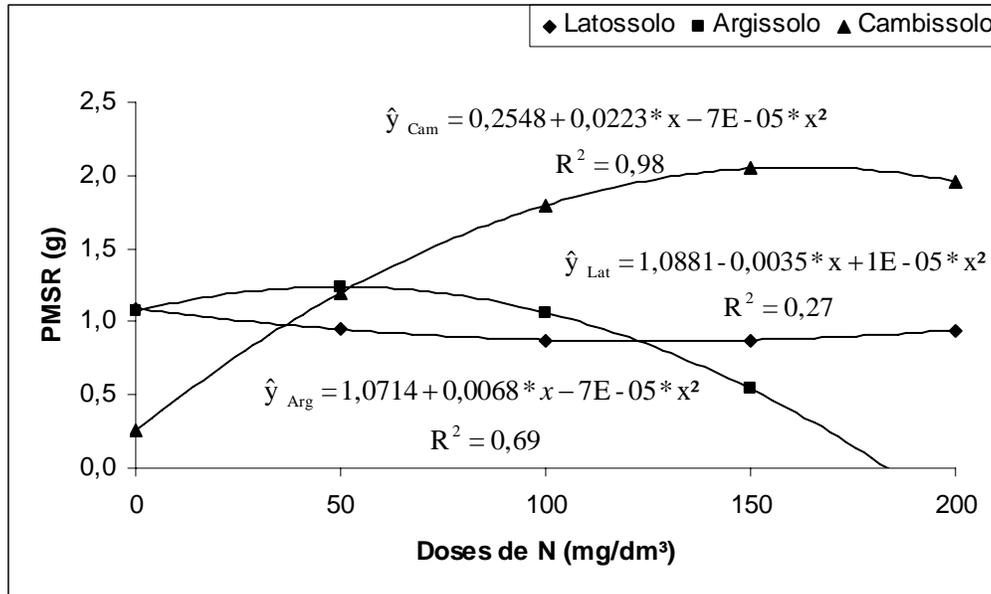


Figura 6- Peso de matéria seca das raízes (PMSR) de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * a 5% de probabilidade.

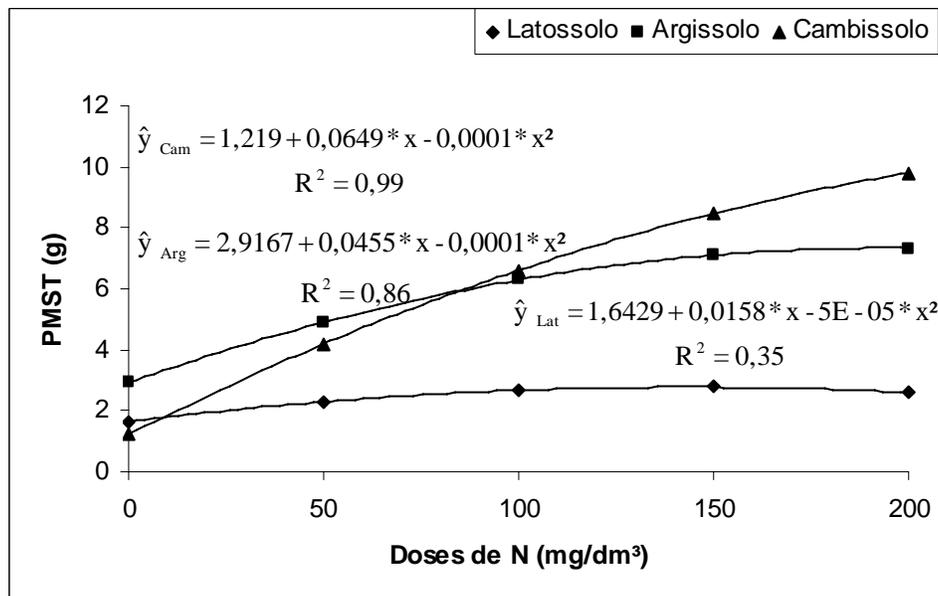


Figura 7 - Peso de matéria seca total (PMST) de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

3.3 Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Sobre a RHPMSPA apenas a interação solos x doses foi significativa, verificando-se efeito quadrático de doses sobre esta característica em todos os substratos. Os melhores valores para este índice, 10,13 para latossolo, 6,92 argissolo e 6,09 para cambissolo, foram obtidos nas doses de 127,86; 155,22 e 157,83 mg/dm³ de N, respectivamente (Figura 8), independente da fonte aplicada. Uma vez que, quanto menor for o quociente obtido, melhor o padrão de qualidade das mudas, ou seja, mais lenhificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo (GOMES, 2001), o argissolo mostrou-se superior aos demais substratos. Na produção de mudas de *Dalbergia nigra*, o argissolo também apresentou superioridade ao cambissolo e latossolo para a relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea, com a aplicação da dose de 141 mg/dm³ de N (MARQUES, 2004).

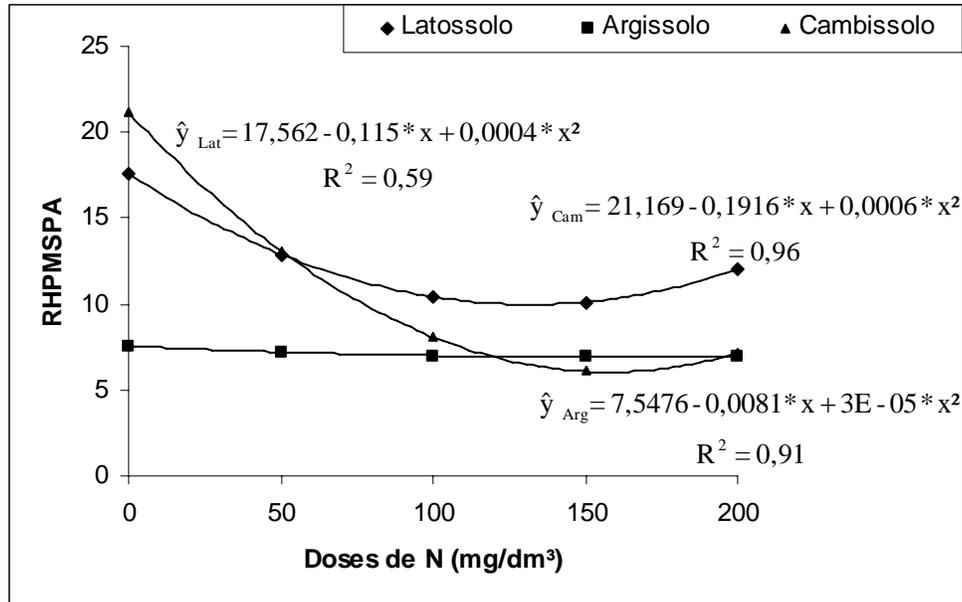


Figura 8 - Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

A relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR), assim como para RHPMSPA, não foi influenciada pelas fontes nitrogenadas, observando efeito significativo de doses apenas para a interação solos x doses (Figura 9). BRISSETE (1984), citado por GOMES (2001), relata após um consenso de pesquisadores, que o índice “2,0” expressa a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca do sistema radicular. Desta forma, considerando-se esse valor e as médias do índice obtidas em cada substrato, 1,59; 2,70 e 2,72 para latossolo, argissolo e cambissolo, respectivamente, nas doses de 42,64; 6,40 e 156,86 mg/dm³ de N respectivamente, as mudas produzidas no substrato latossolo, com a aplicação de 42,64 mg/dm³ de N teriam melhor padrão de qualidade. Na produção de mudas de sabiá o melhor índice para a RPMSPAR foi encontrado para as mudas produzidas no latossolo (MARQUES, 2004).

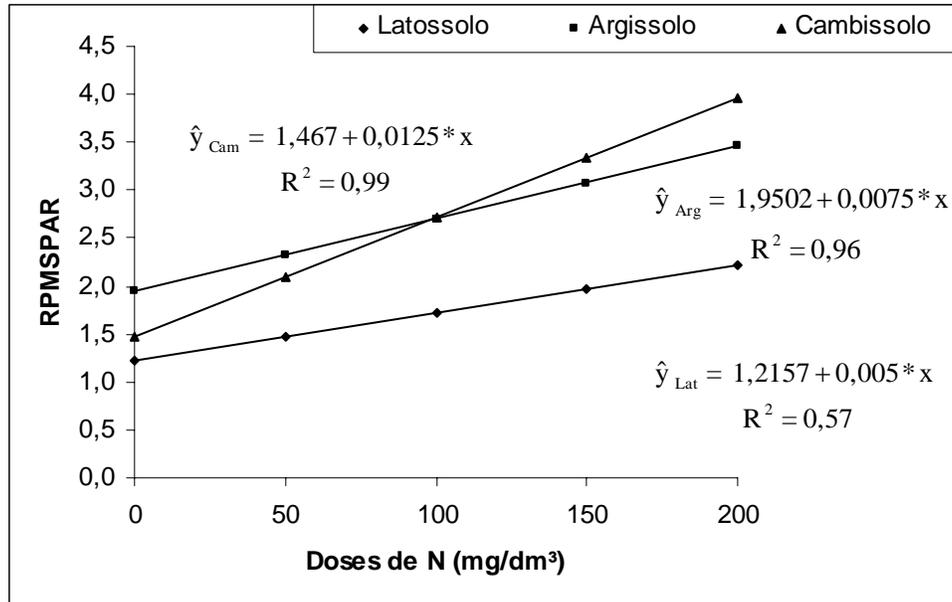


Figura 9 - Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca do sistema radicular (RPMSPAR) de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

Verificou-se no IQD que a interação solos x doses foi significativa, com efeito quadrático de doses sobre este índice para os três substratos estudados. Verificou-se que para o cambissolo, onde o maior índice (0,83) foi obtido com a aplicação de 177,02 mg/dm³ de N, para o latossolo e argissolo os maiores índices (0,5 e 0,76) nas doses de 121,09 e 137,19 mg/dm³ de N, respectivamente (Figura 10). Quanto maior for o valor desse índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES, 2001). Segundo FONSECA et al. (2002), o IQD foi um bom parâmetro para indicar o padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha*, crescidas nas condições de viveiro suspenso, uma vez que, produção de mudas com maiores índices de qualidade de Dickson apresentou maiores valores de diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, do sistema radicular e total, e menores valores da relação parte aérea/sistema radicular e da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto. O melhor padrão de qualidade para mudas de

bico-de-pato encontrado neste trabalho, foi alcançado no substrato cambissolo com a aplicação da dose de 177,02 mg/dm³ de N.

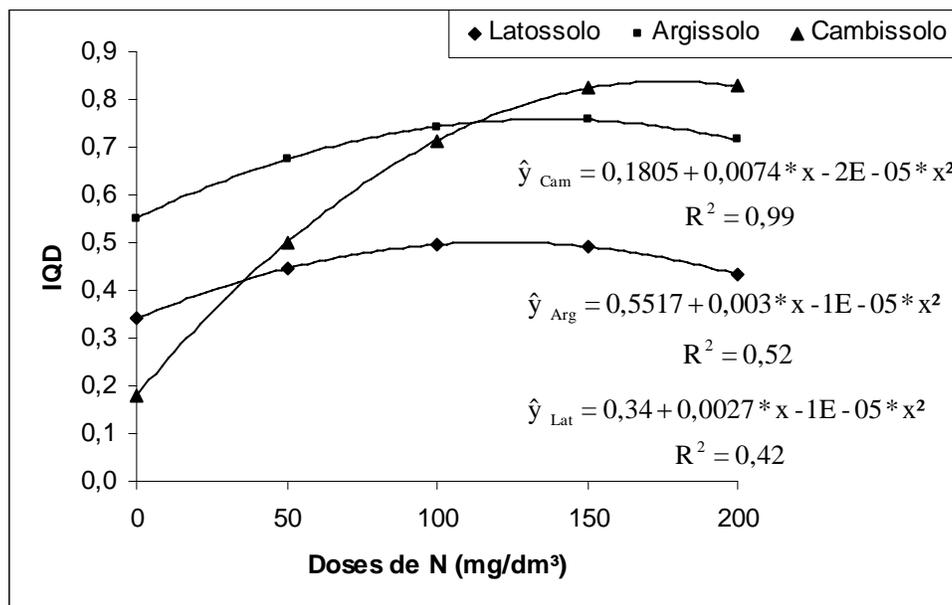


Figura 10 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a doses de N aplicadas, para para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

3.4 Nodulação

Apesar das sementes de bico-de-pato não terem sido inoculadas com estirpes de rizóbios, verificou-se para o número total de nódulos nas mudas, pela análise de variância (Tabela 2), significância na interação solos x fontes x doses.

O efeito quadrático e linear do desdobramento de doses dentro de cada nível de solos e fontes possibilitou ajustar equações para estimar a dose e a fonte associadas à máxima nodulação para todos os substratos estudados. Para o latossolo o efeito linear indica que a máxima nodulação deverá ocorrer em doses superiores a 200mg/dm³ de sulfato de amônio (Figura 11). Para o argissolo verifica-se que a máxima nodulação (66,58 nod/planta) foi alcançada com a

aplicação de 157,24 mg/dm³ de nitrato de amônio (Figura 12). No cambissolo, semelhante ao argissolo, obteve-se máxima nodulação (55,35 nod/planta) em mudas de bico-de-pato, com a aplicação de 126,48 mg/dm³ de nitrato de amônio (Figura 13). Entretanto MARQUES (2004), trabalhando com mudas de sabiá verificou maior número de nódulos nas mudas que receberam como fonte o sulfato de amônio e menor número de nódulos para as que receberam nitrato de cálcio, independente dos substratos utilizados. GROSS et al. (2004), avaliando a nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico-do-cerrado) em solo autoclavado e não autoclavado, verificou que a nodulação foi significativamente maior nas plantas inoculadas com fungos micorrízicos e rizóbios, os autores inferiram que o fósforo absorvido e translocado pelas micorrizas para a planta poderia ter influenciado positivamente o estabelecimento e a ocorrência de nódulos, observaram também que o número de nódulos presentes nas plantas deste experimento foi maior do que o das plantas de idade similar no seu ambiente natural. Esta resposta não se aplica no presente trabalho devido à realização de uma adubação básica com 300 mg/dm³ de P, que provavelmente poderia ter inibido a formação de associações micorrízicas.

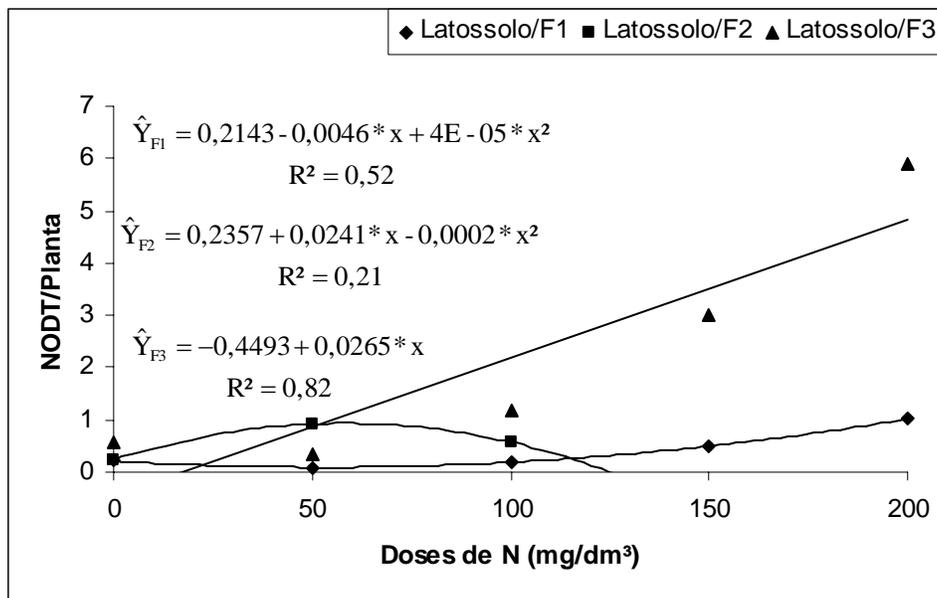


Figura 11 –Nodulação total (NODT) em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), para o latossolo, em resposta as doses e as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

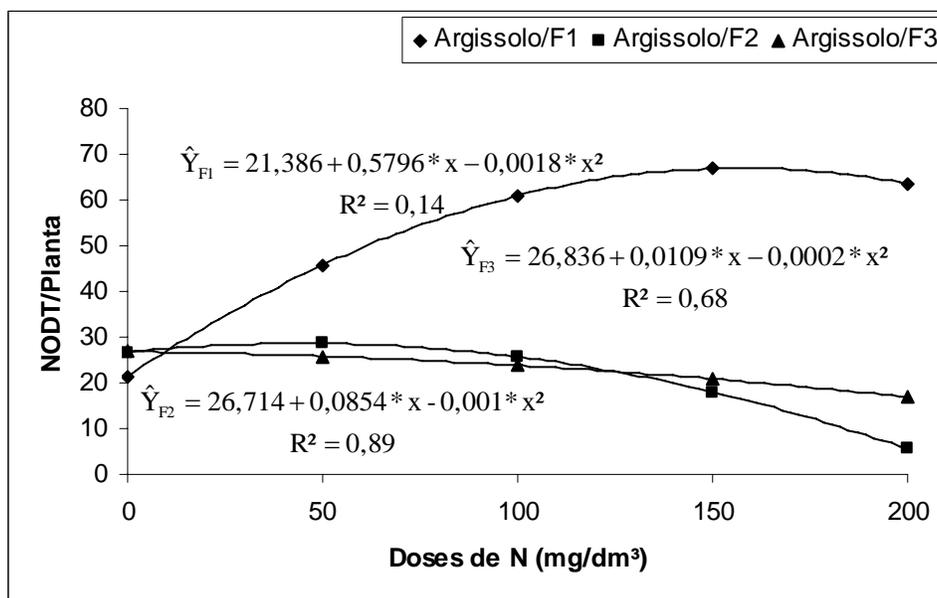


Figura 12 –Nodulação total (NODT) em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), para o argissolo, em resposta as doses e as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

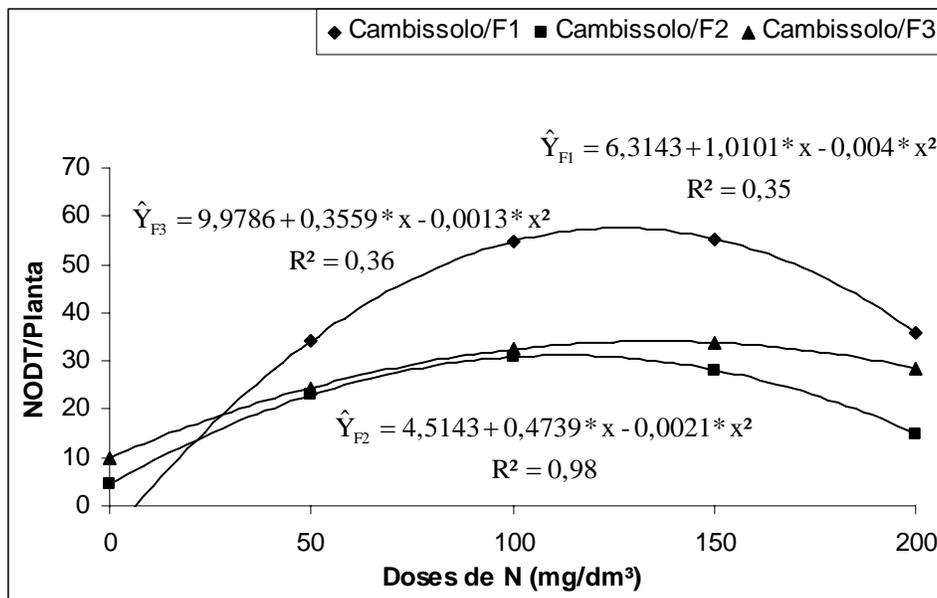


Figura 13 –Nodulação total (NODT) em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), para o cambissolo, em resposta as doses e as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

Os nódulos ativos, semelhantes à nodulação total em mudas de bico-de-pato, apresentaram significância na interação solos x fontes x doses, observados na tabela de análise de variância (Tabela 2)

Dentre as fontes estudadas, para o substrato latossolo, a aplicação de 200 mg/dm³ de sulfato de amônio foi responsável pelo maior valor de nódulos ativos (0,76 nod/planta), indicando que a dose para o máximo número de nódulos ativos encontrados no sistema radicular, ocorrerá acima desta dose (Figura 14). O pior número de nódulos ativos (-0,07 nod/planta) foi verificado na dose de 50 mg/dm³ de nitrato de amônio. Para argissolo e cambissolo o efeito quadrático possibilitou ajustar a equação para estimar a dose e a fonte associada ao máximo valor de nódulos ativos. No argissolo a produção máxima (37,71 nod/planta) foi alcançada com a dose de 143 mg/dm³ de nitrato de amônio (Figura 15), sendo o menor número de nódulos ativos (-2,48 nod/planta) encontrado na dose de 0 mg/dm³ dessa mesma fonte. Para o cambissolo, à semelhança do argissolo, o máximo valor de nódulos ativos (27,50 nod/planta) apresentou-se para a dose de

132,12 mg/dm³ nitrato de amônio (Figura 16) e o pior valor (-5,19 nod/planta) para a dose de 0 mg/dm³ dessa mesma fonte. Em mudas de sabiá a dose de N que proporcionou o maior número de nódulos foi da ordem de 134 mg/dm³ de N, independente da fonte aplicada (MARQUES, 2004). .

De acordo com SIQUEIRA e FRANCO (1988), o N, dentre todos os nutrientes, é o que tem maior efeito sobre a fixação biológica de N, que somente ocorrerá em situações de deficiência deste nutriente. Por outro lado, é necessário que haja disponibilidade de N combinado para o crescimento do microrganismo até o início da fixação. Ainda, segundo esses autores, na simbiose das leguminosas, o excesso de N combinado afeta, em diferentes magnitudes, o processo de infecção, a taxa de fixação e o número de nódulos formados.

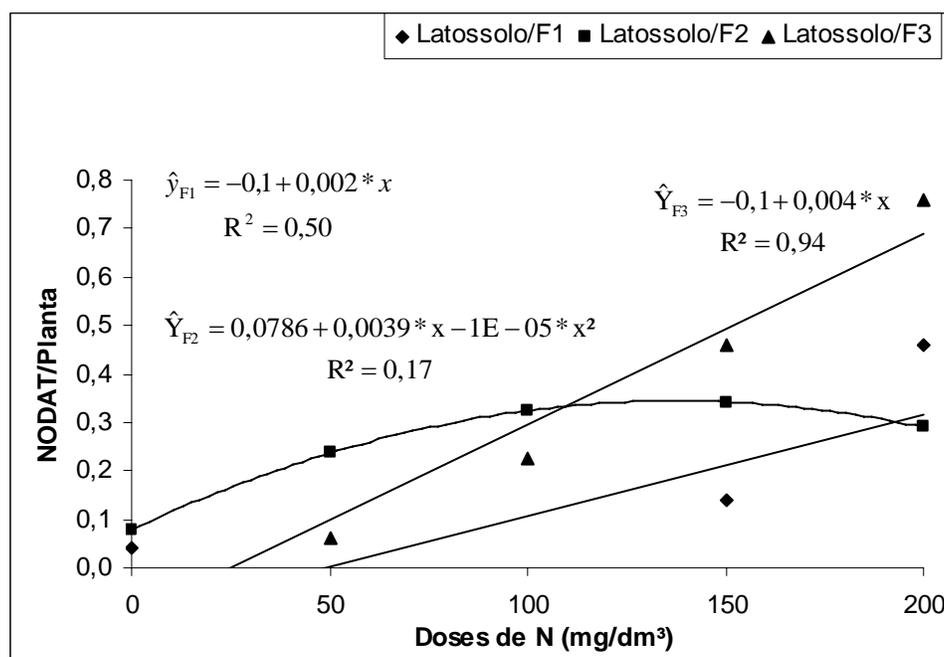


Figura 14 –Nodulação ativa (NODAT) em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), para o latossolo, em resposta as doses e as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

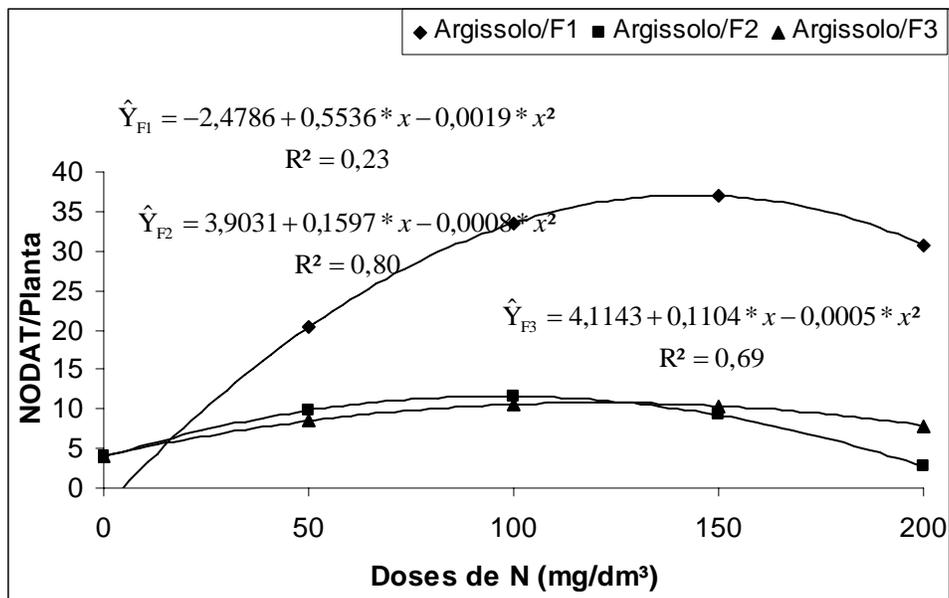


Figura 15 –Nodulação ativa (NODAT) em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), para o argissolo, em resposta as doses e as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrito de amônio; F2 = nitrito de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

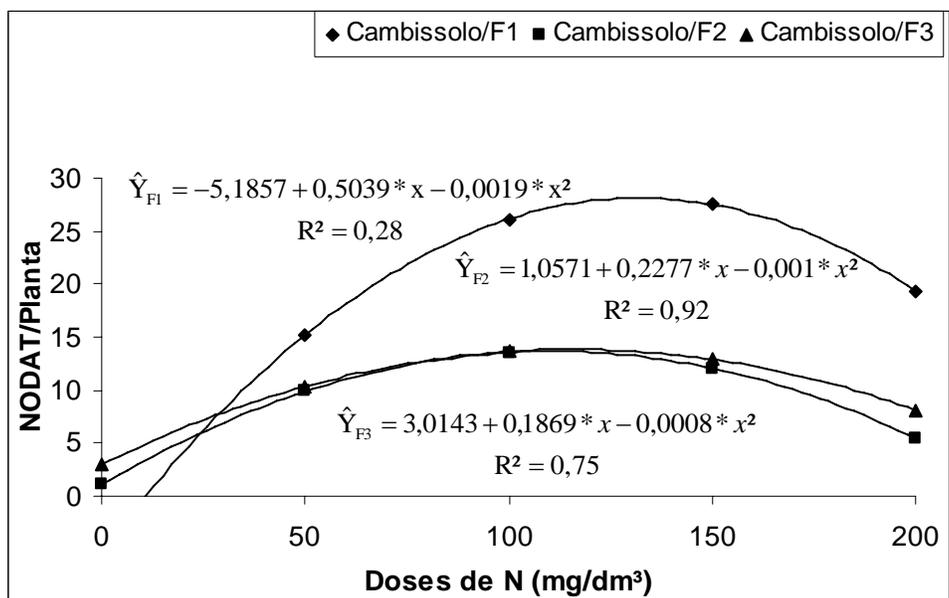


Figura 16 –Nodulação ativa (NODAT) em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), para o cambissolo, em resposta as doses e as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrito de amônio; F2 = nitrito de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

Quanto a relação entre os nódulos ativos e totais na planta (RNODATNODT), verificou-se maior eficiência da nodulação em mudas cultivadas no cambissolo e argissolo (Figura 17), com a aplicação de sulfato de amônio (Figura 18). Entretanto, em mudas de *Acacia mangium* a aplicação de sulfato de amônio inibiu a formação de nódulos, pois a nodulação da acácia é muito sensível ao N-mineral (FARIA et al., 1996).

O efeito depressivo do excesso de N sobre a fixação biológica de nitrogênio não foi verificada neste trabalho, pois dentre os três solos estudados os piores valores de nódulos ativos foram encontrados nas menores doses aplicadas, o que indica que as doses crescentes de N não foram suficientes para inibir o processo de nodulação.

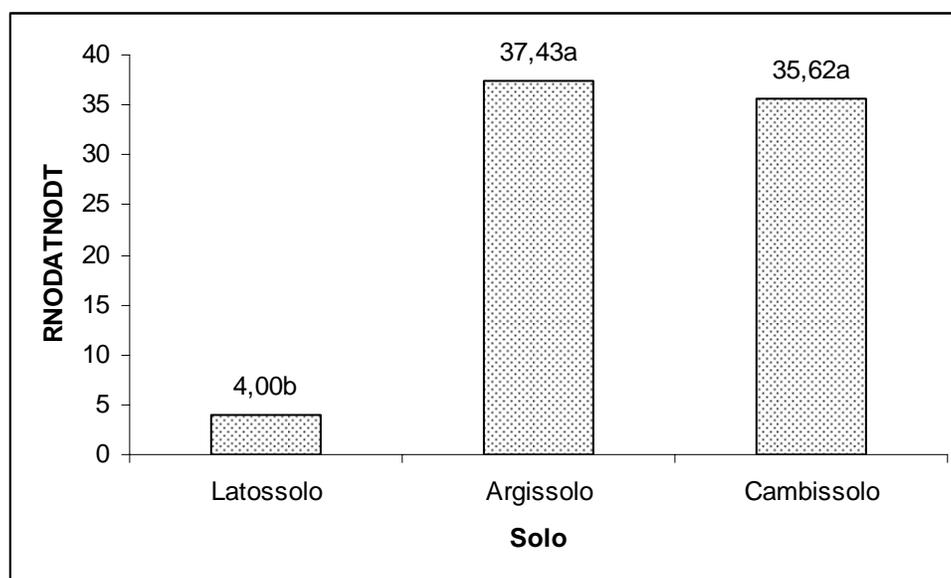


Figura 17 –Relação entre o número de nódulos ativos e o total de nódulos em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

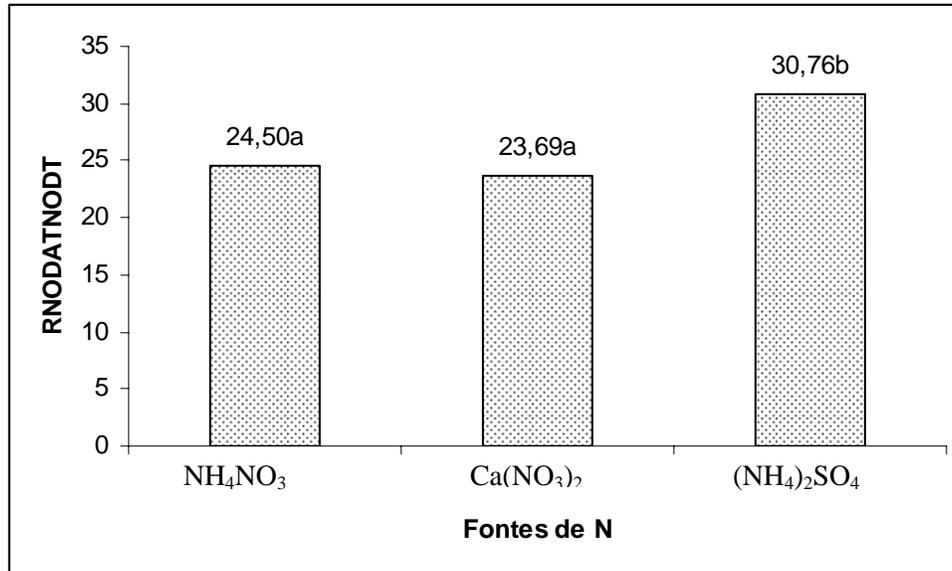


Figura 18 –Relação entre o número de nódulos ativos e o total de nódulos em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), em resposta a fontes de N aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

- As mudas de bico-de-pato responderam significativamente a adição de N-mineral nos três substratos estudados.
- As mudas produzidas no substrato cambissolo proporcionaram as melhores médias de altura, diâmetro do coleto, relação entre altura e diâmetro do coleto, peso de matéria seca da raiz, peso de matéria seca total e índice de qualidade de Dickson. O melhor desempenho dessas características para a produção de mudas de bico-de-pato deve-se ao fato das propriedades químicas e físicas deste solo, proporcionando assim melhores condições para o crescimento radicular.
- A aplicação dos fertilizantes nitrogenados levou a ganhos em crescimento das mudas. As plantas referentes ao tratamento testemunha (dose 0 mg/dm³) apresentaram crescimento em altura inferior a 50%, comparativamente aos resultados dos melhores tratamentos.
- As fontes nitrogenadas tiveram efeito significativo apenas sobre a altura e número de nódulos ativos e totais, com maiores médias observadas com a aplicação do sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente.
- Quanto às doses de N utilizadas neste estudo, as melhores médias para todos os parâmetros morfológicos avaliados foram adquiridas com aplicação variando de 42 a 200 mg/dm³ de N.
- Recomenda-se para produção de mudas de bico-de-pato uma dose média de 150 mg/dm³ de N, aplicadas parceladamente aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura, usando como fonte o sulfato de amônio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BARROSO, D. G.; CARVALHO, F. A.; CARNEIRO, J. G. A.; CHAVES, L. L. B. Efeito de diferentes doses de nitrogênio em mudas de sesbânia (*Sesbania virgata* Raddi) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), produzidas em resíduos agro-industriais como substrato, In: FOREST 2000, Porto Seguro, 2000. **Resumos...** Porto Seguro: Biosfera, 2000, p. 120-121

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

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

DRIESSCHE, R. V. D. Response of Douglas fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources at different levels of pH and iron supply. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 49, n. 3, p. 607-623, jun. 1978.

FARIA, M.P.; SIQUEIRA.J.O.; VALE, F.R.; CURTI, N. Crescimento inicial da acácia em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 209-216, nov/dez. 1996.

FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 63p.

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

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

GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F. H. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 95-101, fev. 2004.

LOCATELLI, M. BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. G. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 39-52, jan./jun.1984

LORENZI, H. **Árvores brasileiras.** Nova Odessa: Editora Plantarum, Vol I, 2002. 368 p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubações.** São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

MARQUES, V.B. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (benth.) brenan), jacarandá - da - bahia (*Dalbergia nigra* (vell.) fr. all. ex benth.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* benth.).** 2004. 84f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: _____ (Ed.). **Mineral nutrition of higher plants.** San Diego: Academic Press, 1995. p. 231-312.

MIRANDA, J. R. P de. et al. Respostas da aroeira (*Myracrodruon 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 expandidos...**Manaus:Universidade de Manaus, 1996, p.270-271. 693p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: UFLA, 2002. p. 305-329.

NAMBIAR, E. K. S. Plantation Forests: their scope and perspective on plantation nutrition. In: BOWER, G. D.; NAMBIAR, E. K. S. (Eds.). **Nutrition of plantation forest.** London: Academic Press, 1989. p. 1-15.

OLIVEIRA, J.M.F.de; SILVA, A.J.da; 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.618-823, set.1998

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981. Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

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

PEREIRA, E. G; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R. do; MOREIRA, F. M. S. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 653-662, set.1996.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. Fixação biológica do nitrogênio. In: SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. (Eds.). **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: FAEPE/ABEAS/MEC/ESAL, 1988. p.179-214.

SYLVIA, D.M.; FUHRMANN, J.J.; HARTEL, P.G.; ZUBERER, D.A. **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.p.322-345.

Capítulo 3 - Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.).

RESUMO

A garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.) é uma espécie que pertence à família Leguminosae-Caesalpinoideae. Quando cresce isoladamente sua arquitetura de copa contribui com o fornecimento de sombra para os animais, além de proporcionar melhor infiltração da água no solo por possuir sistema radicular profundo, controle de erosão e melhorar a fertilidade natural do solo. Entretanto uma das principais justificativas do uso de leguminosas em programas de arborização de pastagens é a sua capacidade de se associar com bactérias que fixam o nitrogênio atmosférico, além de formar associação com micorrizas. Em razão da importância das espécies florestais nativas, torna-se necessário o conhecimento de técnicas silviculturais que acrescentem informações sobre o comportamento nutricional da espécie para que se possa melhorar a qualidade das mudas produzidas. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.). Para isto foram utilizados como parâmetros as características

morfológicas e suas relações. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de 1,5 dm³ utilizando como substrato três diferentes amostras de solo, predominantes da Zona da Mata de Minas Gerais. O experimento foi conduzido em Viçosa – MG, no período de novembro de 2004 a junho de 2005. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂] e sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N), aplicadas em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados (DBC), analisados em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos. Aos 120 dias após a semeadura, as mudas produzidas no substrato argissolo apresentaram as melhores médias para todas as características avaliadas, com exceção para o peso de matéria seca total e a relação altura e diâmetro de coleto, onde se verificou maiores médias para as mudas crescidas no latossolo. As fontes estudadas tiveram efeito significativo para todas as características avaliadas, o nitrato de amônio proporcionou melhores valores para a relação altura e diâmetro de coleto, peso de matéria seca da raiz e relação altura e peso de matéria seca da parte aérea e o sulfato de amônio apresentou superioridade para as outras características morfológicas avaliadas. Não se constatou a presença de nódulos no sistema radicular das mudas. As melhores médias em todas as características avaliadas foram alcançadas com doses variando de 67 a 200 mg/dm³ de N. Recomenda-se para produção de mudas de garapa uma dose média de 150 mg/dm³ de N, usando como fonte o sulfato de amônio.

1. INTRODUÇÃO

A garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.) é uma espécie que pertence à família Leguminosae-Caesalpinoideae, de ocorrência principalmente no Pará até o Rio Grande do Sul na floresta latifoliada semidecídua e, no sul da Bahia e Espírito Santo na floresta pluvial atlântica (LORENZI, 2002). Apresenta comportamento de pioneira indiferente à secundária tardia, possuindo regeneração abundante nas florestas secundárias, povoando com facilidade as capoeiras e roças abandonadas. Também é encontrada nos campos, terras cultivadas, cafezais abandonados e pastagens, onde forma, regra geral, gregarismo, constituído por aglomerados de muitas árvores de todas as idades (CARVALHO, 1994). A árvore quando cresce isoladamente adquire copa frondosa e pode ser utilizada no paisagismo (LORENZI, 2002). É considerada padrão de terrenos secos e profundos, sempre encontrada nos lugares altos (CARVALHO, 1994) além de ser uma planta indiferente às condições físicas do solo (LORENZI, 2002). As leguminosas arbóreas possuem sistema radicular profundo, o qual propicia uma melhor infiltração da água no solo, e controle da erosão, melhorando também a fertilidade do solo, a arquitetura da copa contribui também de modo significativo com o fornecimento de sombra para os animais. Entretanto uma das principais justificativas do uso de leguminosas em programas de arborização de pastagens é a sua capacidade de se associar com bactérias que fixam o nitrogênio atmosférico, além de formar associação com micorrizas.

No Brasil, os estudos estão concentrados nas espécies exóticas, cultivadas comercialmente, para as quais existem estirpes de rizóbio

selecionadas à disposição dos produtores. Infelizmente, apesar da justificativa do uso e da manutenção de leguminosas em pastagens relacionarem-se em grande parte com a sua capacidade de obter nitrogênio via fixação simbiótica, muito pouca atenção foi dedicada a este assunto, para espécies nativas, demonstrando falta de interdisciplinaridade nos trabalhos de pesquisa (SCHEFFER-BASSO et al., 2001).

Em razão da importância das espécies florestais nativas, torna-se necessário o conhecimento das técnicas silviculturais, considerando-se que o sucesso na produção das mudas, dependerá, dentre outros fatores, do conhecimento da demanda nutricional para que se possa melhorar a qualidade das mudas produzidas.

As características das mudas de boa qualidade estão intrinsecamente relacionadas com seu potencial de sobrevivência e crescimento no campo após o plantio. A fertilidade do substrato é importante por disponibilizar os nutrientes em quantidades balanceadas, resultando no crescimento das mudas, melhoria das características que avaliam sua qualidade, além de torná-las mais resistentes às condições adversas após o plantio (CARNEIRO, 1995).

O nitrogênio é requerido em grandes quantidades pelas culturas, o que se reflete no seu grande consumo em fertilizantes, porém, insuficiente atenção tem sido dada à adubação nitrogenada nos trabalhos de pesquisa, sendo o conhecimento caracterizado por lacunas sobre aspectos mais básicos (RAIJ, 1991). Sendo o nitrato (N-NO_3^-) e amônio (N-NH_4^+) considerados as maiores fontes de nitrogênio inorgânico absorvidas pelas raízes de plantas superiores (MARSCHNER, 1995).

Embora a maioria dos trabalhos mostre a preferência de espécies arbóreas por N-NH_4^+ , por causa do baixo pH e da reduzida nitrificação, alguns autores indicam a preferência a N-NO_3^- por algumas espécies arbóreas pioneiras. Em experimento avaliando a resposta do fedegoso (*Senna macranthera*), cássia-verrugosa (*Senna multijuga*), cinamomo (*Melia azedarach*) e jacarandá mimoso (*Jacaranda mimosaeifolia*) à adição de N-mineral, verificou-se resposta em crescimento a N em todas as espécies,

sendo que o N-NO₃⁻ mostrou-se superior ao N-NH₄⁺. A altura das plantas adubadas com N-NO₃⁻ foi 13, 12, 5 e 4 vezes maior, em relação às plantas sem N, nas mudas de fedegoso, cássia verrugosa, cinamomo e jacarandá, respectivamente (PEREIRA et al., 1996). DRIESSCHE (1978) demonstrou que na produção de mudas de *Pseudotsuga menziesii*, sob condições ácidas, a forma nítrica resultou em maior crescimento das mudas quando comparada à forma amoniacal, ocorrendo o oposto sob condições neutras, enquanto MIRANDA et al. (1996) avaliando as diferentes relações NH₄⁺/NO₃⁻ em solução nutritiva sobre o crescimento de mudas de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*) observou que o crescimento em altura, em diâmetro e a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes foram favorecidos pelo fornecimento simultâneo de N amoniacal e nítrico.

Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento e qualidade de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.) produzidas em amostras de três tipos de solo, predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

2.MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - DEF/UFV, em Viçosa – MG, no período de novembro de 2004 a junho de 2005. com temperatura média diária de 21,14°C, máxima de 21,57°C e mínima de 20,74°C. As médias diárias de precipitação e umidade relativa do ar foram de 4,45 mm e 86,04%, respectivamente.

2.1 - Caracterização do solo

As amostras de três tipos de solo (argissolo, cambissolo e latossolo) utilizadas como substrato para a produção das mudas foram retiradas de áreas da região de Viçosa – MG da camada abaixo de 20 a 40 cm de profundidade para argissolo e de 20 a 100 cm de profundidade para latossolo e cambissolo, e caracterizadas química e fisicamente (Quadros 1 e 2).

Quadro 1: Análise física dos solos utilizados na produção das mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*).

| Solo | Granulometria | | | | Classe textural |
|----------------------------|------------------|----------------|-----------|------------|-----------------|
| | Areia grossa (%) | Areia fina (%) | Silte (%) | Argila (%) | |
| Argissolo Vermelho Amarelo | 25 | 10 | 10 | 55 | Argila |
| Cambissolo | 25 | 10 | 10 | 55 | Argila |
| Latossolo Vermelho Amarelo | 14 | 8 | 10 | 68 | Muito argilosa |

Quadro 2: Análise química dos solos da região de Viçosa – MG utilizados na produção das mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) antes da correção.

| 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 % | MO dag/kg |
|------------|---------------------|----------------------|----|------------------|------------------|---|------|------|------|------|-----------|
| Argissolo | 5,64 | 1,5 | 16 | 1,74 | 0,17 | 0,00 | 3,0 | 1,95 | 4,95 | 39,4 | 2,82 |
| Cambissolo | 5,60 | 1,5 | 66 | 1,00 | 0,31 | 0,00 | 1,7 | 1,48 | 3,18 | 46,5 | 2,55 |
| Latossolo | 5,40 | 2,5 | 26 | 0,17 | 0,09 | 0,00 | 2,0 | 0,33 | 2,33 | 14,2 | 2,69 |

pH em água - Relação 1: 2,5

P e K - Extrator Mehlich 1

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

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

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

Os solos não esterilizados foram secos ao ar, peneirados em malha de 5 mm e efetuada a correção da acidez, utilizando-se uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica de 4:1. A necessidade de calagem foi calculada com base na análise química dos solos (Quadro 2), sendo a saturação por bases elevada a 60%. Após incorporação do corretivo, as amostras de solos

foram acondicionadas em sacos plásticos mantidos abertos e incubadas por um período de 30 dias na estufa, visando manter o teor de umidade das amostras à capacidade de campo.

Após 30 dias, os solos receberam adubação básica de macronutrientes via solução, nas seguintes doses: P = 300 mg/dm³, K = 100 mg/dm³ e S = 40 mg/dm³, tendo como fontes NaH₂PO₄.H₂O, KCl e K₂SO₄ conforme sugerido por PASSOS (1994) citado por BERNADINO (2005). E ainda, uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: B = 0,81 mg/dm³ (H₃BO₃), Cu = 1,33 mg/dm³ (CuSO₄.5H₂O), Mo = 0,15 mg/dm³ [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], Mn = 3,66 mg/dm³ (MnCl₂.H₂O) e Zn = 4,0 mg/dm³ (ZnSO₄.7H₂O) (ALVAREZ V. et al., 2006). Os solos foram acondicionados em vasos plásticos, na quantidade de 1,5 dm³/vaso. Em seguida procedeu-se a semeadura.

As sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr foram adquiridas no Laboratório de Análises de Sementes Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da UFV. Realizou-se a quebra de dormência das sementes por meio da escarificação mecânica. Cada vaso plástico recebeu 10 sementes, efetuando-se dois raleios, sendo o primeiro aos 15 dias após a emergência, deixando-se duas mudas por vaso e o outro aos 20 dias, deixando-se apenas uma muda, a mais central e vigorosa, por vaso.

A unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 1,5 dm³ de substrato contendo uma muda. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados (DBC), analisados em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos.

As fontes de nitrogênio testadas foram na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂] e sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] em cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N), aplicadas como solução em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura.

As características morfológicas, e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas (GOMES, 2001), foram analisadas ao término do experimento, 120 dias após a semeadura, quando também se verificou a presença

e o número de nódulos ativos no sistema radicular. Essas características foram a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), o peso de matéria seca de raízes (PMSR), o peso de matéria seca total (PMST), a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

A altura da parte aérea (H) foi obtida com auxílio de régua milimetrada posicionada em nível do substrato até o ápice da planta e o DC foi efetuado por meio de paquímetro digital.

O PMSPA e o PMSR foram obtidos após secagem do material vegetal em estufa com circulação de ar forçada, a 60^oC, até peso constante. Com a soma do PMSPA e PMSR obteve-se o PMST.

As demais relações, RHDC, RHPMSPA e RPMSPAR foram determinadas pelo quociente entre as características envolvidas na relação.

O Índice de qualidade de Dickson (IQD) foi obtido em função das variáveis H, DC, PMST, PMSPA e PMSR, mediante a seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960, citados por GOMES, 2001):

$$IQD = \frac{PMST(g)}{H(cm) / DC(mm) + PMSPA(g) / PMSR(g)}$$

Após a separação do sistema radicular e limpeza em água corrente com auxílio de peneira de malha fina, efetuou-se a verificação da presença e atividade de nódulos em cada planta. A atividade dos rizóbios, ou seja, os nódulos ativos (NODAT) presentes nas raízes, foram verificados pela presença da leghemoglobina nos nódulos, por meio de cortes com auxílio de estilete e visualização feita com lupa. Segundo MOREIRA & SIQUEIRA (2002), a leghemoglobina transporta oxigênio para os microrganismos. A região de atividade da fixação de N₂ é geralmente de cor rosa ou vermelha devido a presença da leghemoglobina (SYLVIA et al., 1999). A presença dos nódulos totais nas raízes

(NODT) foi verificada por meio da contagem, realizada manualmente. A relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais do sistema radicular (RNODATNODT) foi determinada pelo quociente entre as características envolvidas na relação.

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância; teste de média (Teste de Tukey a 5% de probabilidade), que foi utilizado para comparar o efeito principal de solos e/ou de fontes de N e análise de regressão que foi utilizada para associar o efeito das doses, utilizando-se o software SISVAR (Sistema para Análises Estatísticas) (FERREIRA, 2000). Na escolha das equações de regressão considerou-se a significância dos coeficientes, testada em nível de 5% de probabilidade, e o coeficiente de determinação (R^2).

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC) e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC)

As plantas referentes ao tratamento testemunha (Dose = 0 mg/dm³) apresentaram crescimento em altura inferior a 50%, comparativamente aos resultados dos melhores tratamentos (Tabela 1). A resposta das mudas de garapa a diferentes solos, fontes e doses de nitrogênio para as diversas características e relações analisadas encontra-se na Tabela 2.

Para a altura da parte aérea (H), verificou-se efeito significativo nas interações solos x doses e fontes x doses. Dentre os solos estudados, com superioridade o substrato argissolo apresentou melhor índice para a altura (42,8 cm) na dose de 144,88 mg/dm³ de N (Figura 1), para o cambissolo o maior valor de H (27,4 cm) foi alcançado na dose de 164,70 mg/dm³ de N, analisados por meio de modelos quadráticos. Entretanto foi verificado o efeito linear de doses para o substrato latossolo, onde observa-se o maior valor para altura (24,8 cm) na dose de 200 mg/dm³ de N, logo a dose associada ao crescimento máximo deverá ocorrer acima desta dose. De forma semelhante, MARQUES (2004), observou na produção de mudas de jacarandá-da-bahia, angico-vermelho e sabiá que o substrato argissolo proporcionou maior valor para H na dose de 200 mg/dm³ de N, independente da fonte aplicada.

Quanto à interação fontes x doses, verificou-se efeito quadrático de doses sobre a H para as três fontes aplicadas, com a existência de pontos de máxima produção, 32,19; 20,99 e 39,59 cm, respectivamente para nitrato de amônio,

nitrate de cálcio e sulfato de amônio em torno das doses de 198,90, 134,72 e 167,14 mg/dm³ de N, respectivamente (Figura 2). Portanto, observa-se que as maiores médias foram obtidas com as fontes amoniacais, onde o sulfato de amônio superou a média obtida com o nitrate de cálcio (Figura 2). Resultado semelhante foi apresentado por MARQUES (2004) em mudas de jacarandá-da-bahia, onde as maiores médias para H foram obtidas com as fontes amoniacais. Entretanto em mudas de *Eucalyptus grandis* foi observado maior média de altura (23,9 cm) com a aplicação do nitrate de amônio (LOCATELLI et al., 1984a).

Tabela 1- Médias das características morfológicas, relações estudadas e presença de nódulos em relação aos fatores solos e fontes obtidas por meio de Teste Tukey, na produção mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), avaliadas aos 120 dias após a semeadura.

| SOLOS | H | DC | PMSPA | PMSR | PMST | RHDC | RHPMSPA | RPMSPAR | IQD |
|---|----------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|------------|
| Latossolo | 17,9 | 2,7 | 0,9 | 0,2 | 1,2 | 6,6 | 69,1 | 3,6 | 0,1 |
| Argissolo | 33,6 | 4,2 | 2,7 | 1,0 | 3,6 | 7,8 | 20,0 | 3,5 | 0,3 |
| Cambissolo | 22,7 | 3,5 | 1,5 | 0,4 | 2,1 | 6,5 | 26,0 | 3,2 | 0,2 |
| FONTES | | | | | | | | | |
| NH ₄ NO ₃ | 25,1 | 3,5 | 1,7 | 0,6 | 2,4 | 6,8 | 33,0 | 3,1 | 0,2 |
| Ca(NO ₃) ₂ | 18,6 | 2,6 | 0,8 | 0,3 | 1,1 | 6,9 | 53,5 | 3,1 | 0,1 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 30,6 | 4,2 | 2,7 | 0,8 | 3,5 | 7,1 | 28,8 | 4,1 | 0,3 |
| DOSES (mg/dm³) | | | | | | | | | |
| 0 | 12,2 | 2,3 | 0,2 | 0,8 | 0,4 | 5,6 | 89,8 | 2,6 | 0,1 |
| 50 | 24,4 | 3,6 | 1,4 | 0,6 | 2,1 | 6,7 | 23,1 | 3,1 | 0,2 |
| 100 | 26,6 | 3,6 | 2,0 | 0,6 | 2,8 | 7,1 | 24,9 | 3,2 | 0,2 |
| 150 | 29,9 | 3,8 | 2,2 | 0,7 | 2,8 | 7,6 | 29,2 | 3,8 | 0,2 |
| 200 | 30,7 | 3,9 | 2,8 | 0,7 | 3,5 | 7,6 | 24,9 | 4,5 | 0,3 |

H - altura da parte aérea, DC - diâmetro de coleto, PMSPA - peso de matéria seca da parte aérea, PMSR - peso de matéria seca da raiz, PMST - peso de matéria seca total, RHDC - relação entre a altura e o diâmetro de coleto, RHPMSPA - relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea, RPMSPAR - relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e a raiz, IQD - índice de qualidade de Dickson.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das características morfológicas e relações estudadas, na produção mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), avaliadas aos 120 dias após a semeadura.

| FV | GL | QUADRADO MÉDIO | | | | | | | | |
|----------|-----|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| | | H | DC | PMSPA | PMSR | PMST | RHDC | RHPMSPA | RPMSPAR | IQD |
| Bloco | 3 | 45,83 ^{ns} | 0,089 ^{ns} | 0,63 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,87 ^{ns} | 4,98* | 69,05 ^{ns} | 11,38 ^{ns} | 0,00 ^{ns} |
| Solo (S) | 2 | 3900,76* | 36,84* | 51,46* | 9,25* | 89,31* | 29,58* | 43066,63* | 3,50 ^{ns} | 0,32* |
| Fonte | | | | | | | | | | |
| (F) | 2 | 2157,38* | 40,25* | 54,37* | 3,94* | 82,89* | 1,19 ^{ns} | 10490,66* | 19,08* | 0,40* |
| Dose | | | | | | | | | | |
| (D) | 4 | 2010,07* | 16,89* | 34,57* | 2,52* | 49,28* | 24,07* | 29751,99* | 17,16* | 0,20* |
| S x F | 4 | 44,21 ^{ns} | 0,70 ^{ns} | 1,73 ^{ns} | 0,30 ^{ns} | 2,86 ^{ns} | 0,78 ^{ns} | 2865,99 ^{ns} | 13,60 ^{ns} | 0,01 ^{ns} |
| S x D | 8 | 211,79* | 2,30* | 3,31* | 0,95* | 5,89* | 6,03* | 13115,79* | 11,08 ^{ns} | 0,02* |
| F x D | 8 | 269,68* | 3,37* | 7,31* | 0,53 ^{ns} | 10,89* | 1,48 ^{ns} | 1094,85 ^{ns} | 6,31 ^{ns} | 0,04* |
| S x F x | | | | | | | | | | |
| D | 16 | 103,11 ^{ns} | 0,72 ^{ns} | 1,34 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | 1,20 ^{ns} | 4,63* | 365,80 ^{ns} | 4,90 ^{ns} | 0,01 ^{ns} |
| Resíduo | 132 | 62,35 | 0,64 | 1,25 | 0,27 | 2,09 | 1,61 | 1201,96 | 5,07 | 0,01 |
| CV% | | 31,91 | 23,15 | 65,58 | 95,57 | 62,49 | 18,28 | 90,39 | 65,83 | 42,36 |

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

H - altura da parte aérea, DC - diâmetro de coleto, PMSPA - peso de matéria seca da parte aérea, PMSR - peso de matéria seca da raiz, PMST - peso de matéria seca total, RHDC - relação entre a altura e o diâmetro de coleto, RHPMSPA - relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea, RPMSPAR - relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e a raiz, IQD - índice de qualidade de Dickson.

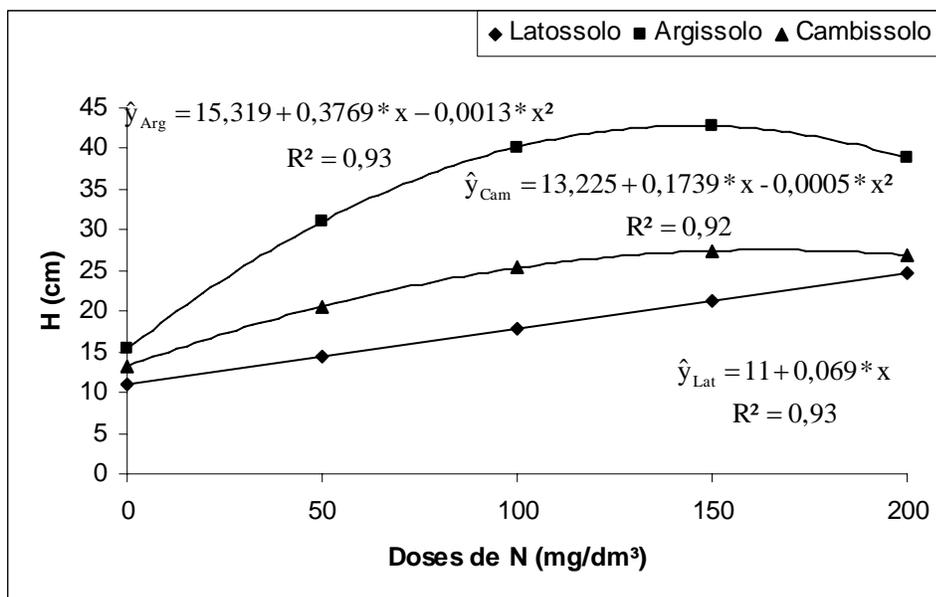


Figura 1 – Altura da parte aérea (H) das mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

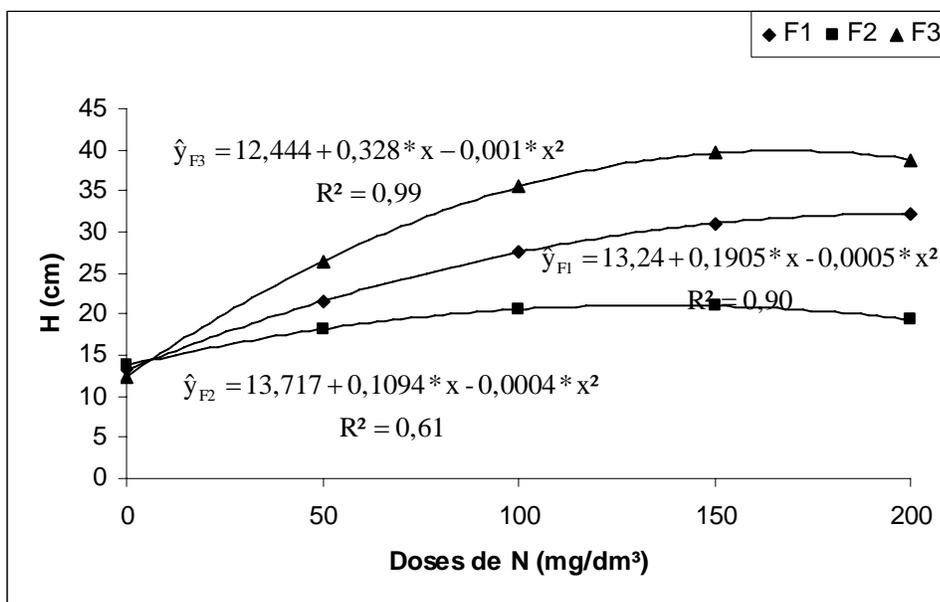


Figura 2 – Altura de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) em resposta a doses de N aplicadas para as três fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

Para o diâmetro de coleto (DC), semelhantemente à altura, verificou-se efeito significativo nas interações fontes x doses e solos x doses (Tabela 2). Verificou-se efeito quadrático de doses no substrato argissolo e latossolo, entretanto dentre os solos estudados, o substrato argissolo apresentou o maior DC (4,94 mm), na dose de 125,70 mg/dm³ de N (Figura 3), para o latossolo, o maior valor obtido para o DC (3,15 mm) foi alcançado na dose de 180,15 mg/dm³. O efeito linear de doses no substrato cambissolo proporcionou o maior índice de DC (4,19 mm) na dose mais elevada de N, esse efeito linear de doses indica que a obtenção do diâmetro máximo deverá ocorrer em doses superiores a 200 mg/dm³. No substrato argissolo o efeito quadrático de doses proporcionou a recomendação da doses de 185 mg/dm³ de N na produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, por produzir a maior média do diâmetro de coleto (MARQUES, 2004). Para mudas de *Dinizia excelsa*, a aplicação de N nas doses de 0, 50 e 100 mg/dm³ de N não exerceu efeito significativo para o DC (OLIVEIRA et al., 1998).

Quanto à interação fontes x doses, verificou-se efeito quadrático de doses sobre o DC para as três fontes aplicadas, com a existência de pontos de máxima produção, 4,12; 2,77 e 5,11 mm, respectivamente para nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio em torno das doses de 180,86; 107,05 e 165,53 mg/dm³ de N, respectivamente (Figura 4). Portanto, observa-se que as maiores médias foram obtidas com as fontes amoniacais, onde o sulfato de amônio superou a média obtida com o nitrato de cálcio (Figura 4). As doses correspondentes ao diâmetro máximo encontradas neste trabalho aproximam-se daquelas encontrada por MARQUES (2004), em mudas de jacarandá-da-bahia, onde os pontos de máxima produção para DC obtidos para nitrato de amônio e sulfato de amônio foram da ordem de 175 e 174 mg/dm³ de N, respectivamente.

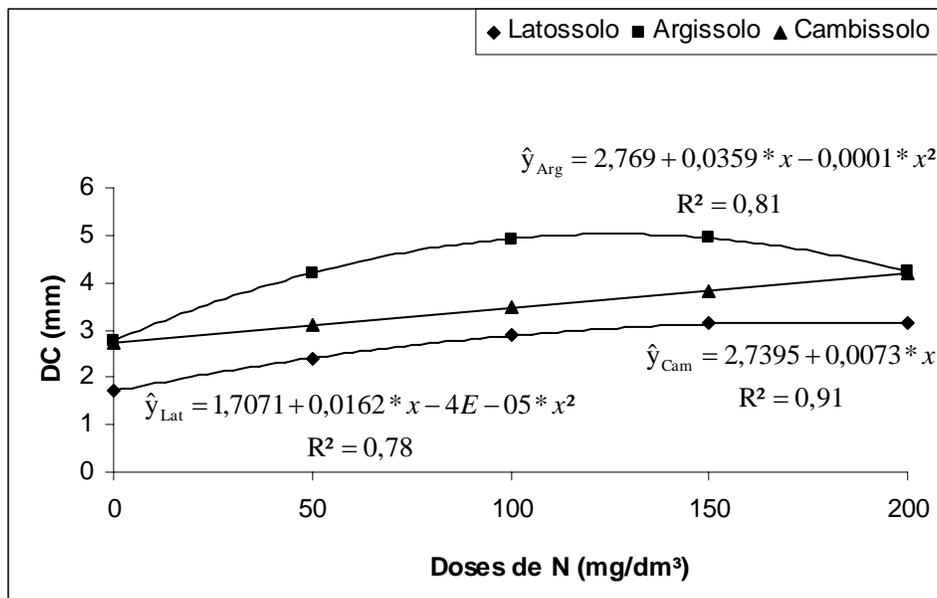


Figura 3 - Diâmetro do coleto (DC) das mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. *significativo a 5% de probabilidade.

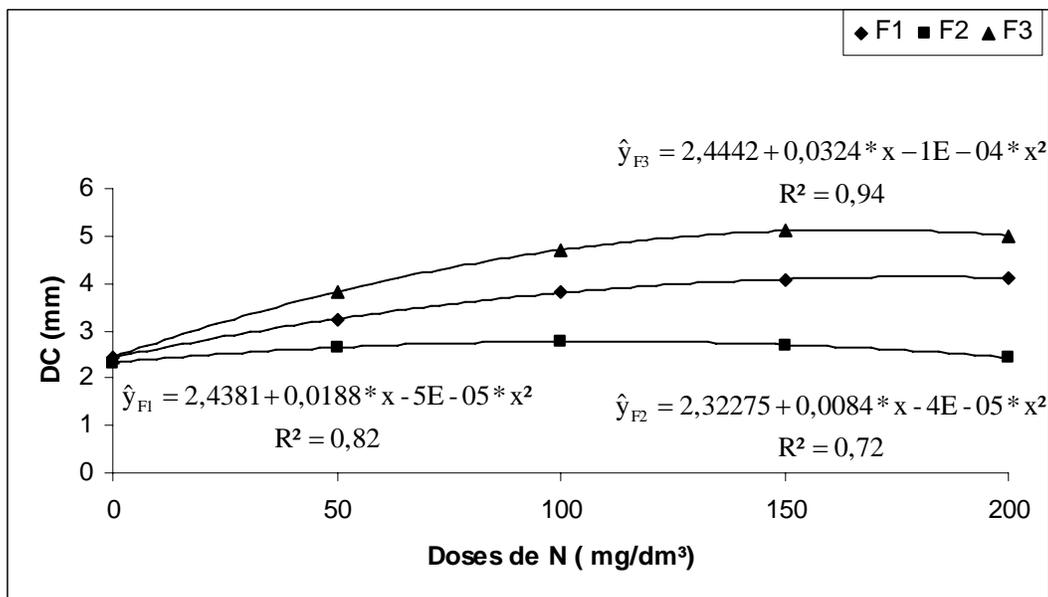


Figura 4 - Diâmetro do coleto (DC) das mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

Para a RHDC, verificou-se pela análise de variância a significância na interação solos x fontes x doses (Tabela 2). A análise do desdobramento de doses dentro de cada nível de solos e fontes, detectados pelo modelo quadrático, apresentou para o latossolo o melhor índice da RHDC (5,72) com a aplicação da dose de 83,24 mg/dm³ de nitrato de amônio (Figura 5). Para o argissolo o melhor índice da RHDC (5,26) foi obtido na dose de 0 mg/dm³ de nitrato de amônio (Figura 6). Para o cambissolo o melhor índice da RHDC (5,0) foi obtido na dose de 0 mg/dm³ de sulfato de amônio (Figura 7). Segundo CARNEIRO (1995), a grande desvantagem deste método como elemento de classificação de qualidade, é que o sistema radical não é considerado. Neste trabalho o melhor índice para RHDC foi encontrado para mudas produzidas no latossolo com a aplicação de 83,24 mg/dm³ de nitrato de amônio, dose inferior aquela apresentada por MARQUES (2004) para mudas de jacarandá-da-bahia que foi da ordem de 150 mg/dm³ de nitrato de amônio.

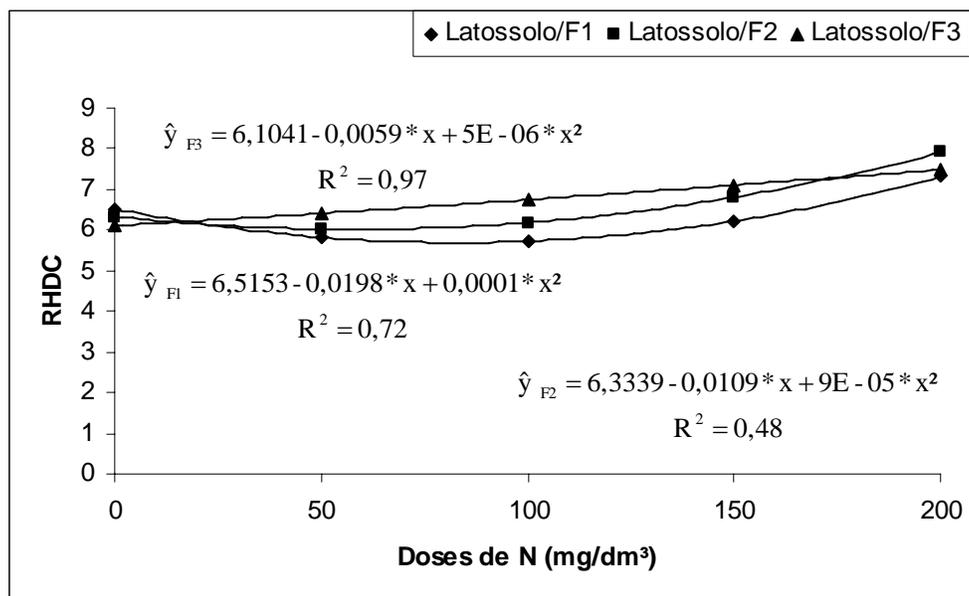


Figura 5 - Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) em mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) para o latossolo, em resposta as doses e as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

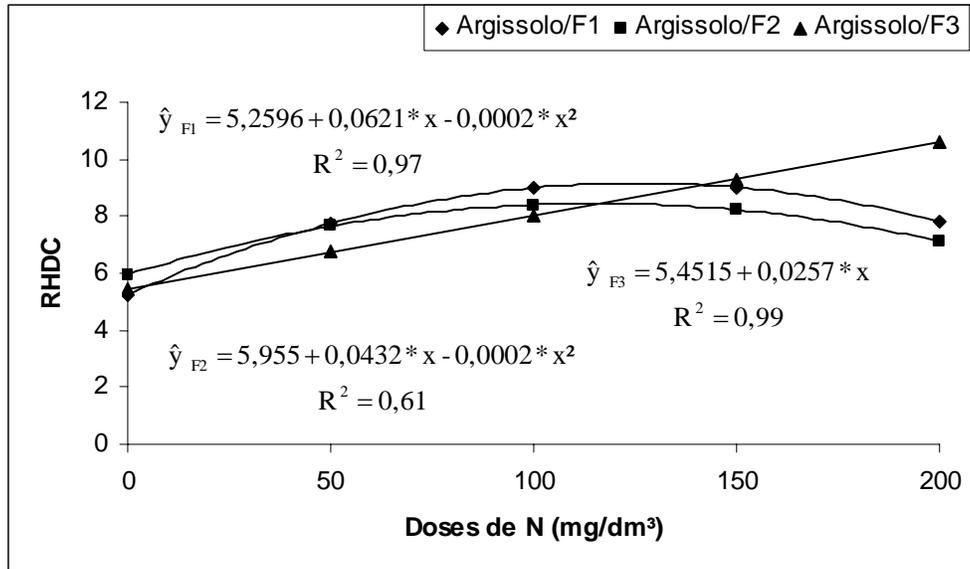


Figura 6 - Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) em mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) para o argissolo, em resposta as doses e as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrito de amônio; F2 = nitrito de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

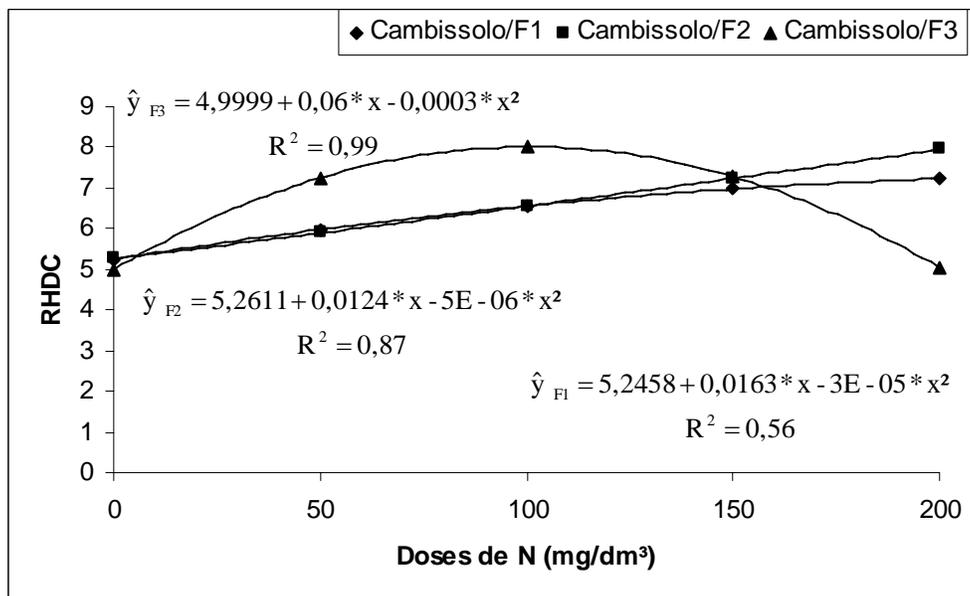


Figura 7 - Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) em mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) para o cambissolo, em resposta as doses e as fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrito de amônio; F2 = nitrito de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

3.2 Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), Peso de matéria seca de raízes (PMSR) e Peso de matéria seca total (PMST)

Para o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), verificou-se efeito significativo nas interações fontes x doses e solos x doses (Tabela 2). Dentre os solos, o substrato argissolo apresentou o melhor índice para o PMSPA (3,83 g) na dose de 160,4 mg/dm³ de N (Figura 8), no latossolo e cambissolo, os maiores valores obtidos para o PMSPA foram respectivamente 1,55 e 2,70 g, na maior dose de N aplicada (200 mg/dm³), indicando que a dose para o máximo crescimento nestes solos, ocorrerá acima desta dose. A produção de matéria seca de mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em latossolo arenoso variou, em média, de 0,9 a 3,2 g/planta quando a dose aplicada de N variou de 0 a 200 mg/dm³ (LOCATELLI et al., 1984a).

Quanto à interação fontes x doses, verificou-se efeito quadrático de doses sobre o PMSPA para as três fontes aplicadas. Nota-se que o ponto de máximo das equações para os maiores valores de biomassa seca 2,78; 0,96 e 4,29 g, respectivamente para nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio levam a 257; 143,7 e 229 mg/dm³ de N respectivamente, logo para as fontes amoniacais a produção máxima ocorre acima da dose mais elevada utilizada neste estudo (Figura 9). Resultado semelhante foi apresentado por MARQUES (2004) para mudas de sabiá, uma vez que a aplicação de 200 mg/dm³ de sulfato de amônio foi responsável pelos maiores valores de matéria seca da parte aérea, sendo que a dose indicada para o máximo crescimento ocorrerá acima desta dose. Portanto, observa-se que as maiores médias foram obtidas com as fontes amoniacais (nitrato e sulfato de amônio), onde o sulfato de amônio superou a média obtida com o nitrato de amônio (Figura 9). LOCATELLI et al., (1984b), verificaram em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em solução nutritiva, que o maior percentual de N-NH₄⁺ foi exigido para a produção máxima da parte aérea, indicando a preferência da espécie por esta forma de N para o crescimento. Entretanto para mudas de *Picea engelmanni* e *Pinus contorta* os maiores valores para o peso de matéria seca da parte aérea foi verificado com a aplicação de N-

NO₃⁻ (DANIEL & BIGG, 1978), já para mudas de *Pseudotsuga menziesii* o incremento de PMSPA foi observado com a aplicação de N-NH₄⁺ (DRIESSCHE, 1975; DANIEL & BIGG, 1978).

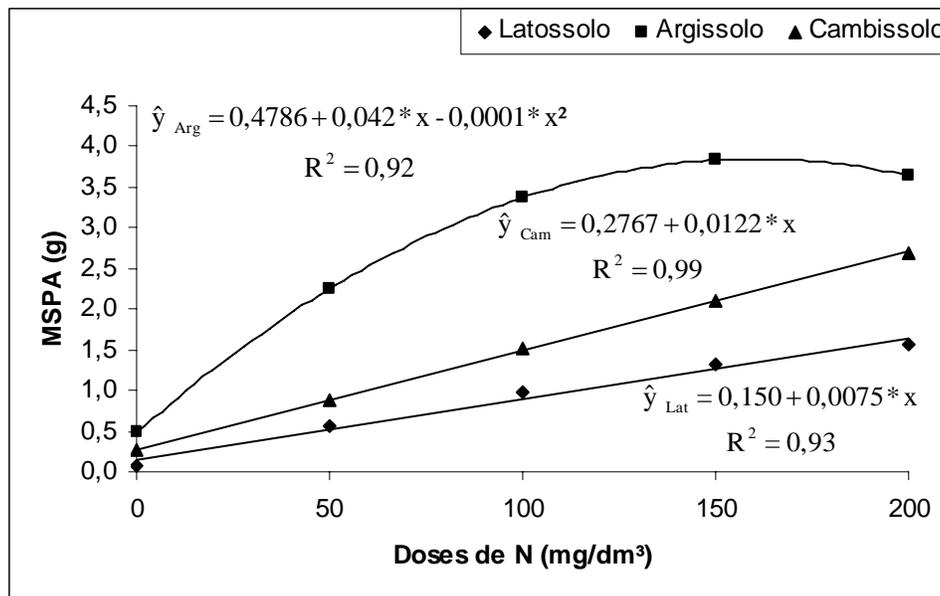


Figura 8 - Peso de matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

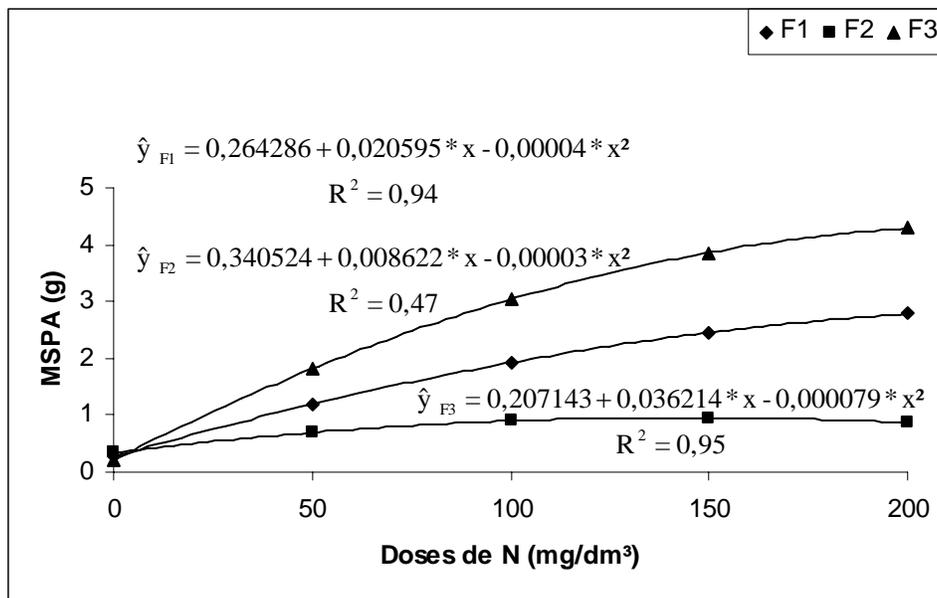


Figura 9 - Peso de matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

O PMSR foi significativamente afetado pela interação solos x doses (Tabela 2). O efeito quadrático para os substratos argissolo e cambissolo possibilitou a determinação dos pontos de máxima produção. O argissolo apresentou produção máxima (1,31 g) na dose de 116,92 mg/dm³ de N e o cambissolo (0,62 g) na dose de 157,31 mg/dm³ de N (Figura 10). Para o latossolo o efeito linear de doses encontrado, indica que a obtenção da produção máxima de biomassa radicular deverá ocorrer em doses superiores a 200 mg/dm³ de N, o maior valor de PMSR (0,49 g) neste solo foi observado na maior dose de N aplicada. Neste trabalho notou-se que o maior valor para PMSR (1,31g), à semelhança da H, DC, PMSPA e PMST, foi encontrado no argissolo, enquanto os menores no latossolo e cambissolo. Resultado semelhante foi apresentado por MARQUES (2004), na produção de mudas de sabiá, onde os maiores valores para PMSR, PMSPA e PMST foram encontrados no argissolo.

Para o PMSR também foi observado o efeito principal das fontes de N, onde o nitrato de amônio e o sulfato de amônio, não diferiram entre si, produziram as maiores médias de biomassa radicular, quando comparadas ao nitrato de

cálcio (Figura 11). Para mudas de *Sesbania virgata*, a aplicação de sulfato de amônio e de nitrato de amônio, promoveu aumento no comprimento médio das raízes regeneradas após a poda, à medida que as doses de N eram aumentadas (CHAVES et al., 2003). Entretanto, LOCATELLI et al., (1984b), trabalhando com mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em solução nutritiva encontraram um maior percentual de N-NO_3^- em relação a N-NH_4^+ para produção máxima de matéria seca de raízes. Em mudas de *Picea engelmanni* e *Pinus contorta* o peso de matéria seca da raiz foi maior com a aplicação de N-NO_3^- , enquanto para *Pseudotsuga menziesii* a aplicação de N-NH_4^+ proporcionou maiores valores de PMSR (BIGG & DANIEL 1978).

Para o PMST, observou-se interação significativa para fontes x doses e solos x doses. O efeito quadrático de doses nos substratos apresentou para o argissolo o máximo valor de biomassa seca total (5,02 g) na dose de 156,68 mg/dm^3 de N e para o latossolo, observou-se que a maior produção de biomassa (1,88 g) foi alcançada na dose de 189,36 mg/dm^3 de N (Figura 12). No cambissolo o efeito linear apresentou maior valor de PMST (3,35 g) na dose de 200 mg/dm^3 de N, indicando que a dose para o máximo crescimento neste solo, ocorrerá acima desta dose. Para a obtenção de 90% da produção máxima de matéria seca total em mudas de *Sclerolobium paniculatum* a dose de N foi da ordem de 79 mg/dm^3 (DIAS et al., 1992).

Na interação fontes x doses, o efeito de doses foi linear para o PMST, variando de 0,65 a 3,54 g para o nitrato de amônio, na dose de 200 mg/dm^3 de N. Para o nitrato de cálcio e sulfato de amônio o efeito foi quadrático, verificando-se produção máxima 1,17 e 5,22 g, respectivamente, nas doses de 128, 48 mg/dm^3 e 195,37 mg/dm^3 de nitrato de cálcio e sulfato de amônio, respectivamente (Figura 13). Neste trabalho notou-se que o maior valor para PMST (5,22 g), à semelhança da H, DC, PMSPA e PMSR, foi encontrado com a aplicação do sulfato de amônio. Entretanto, PEREIRA et al. (1996), observou para *Senna macranthera*, *Senna multijuga*, *Jacaranda mimosaeifolia* e *Melia azedarach* uma maior produção de matéria seca total na presença do N-NO_3^- . ADAMS & ATTIWILL (1982) avaliando a atividade da nitrato-redutase e a resposta de crescimento de espécies florestais

a aplicação de nitrato e amônio, observaram que o peso de matéria seca total para *Eucalyptus regnans* foi significativamente maior com a aplicação de nitrato, enquanto para *Eucalyptus obliqua* foi significativamente menor, *Pinus radiata* não apresentou resposta significativa para as fontes de N aplicadas.

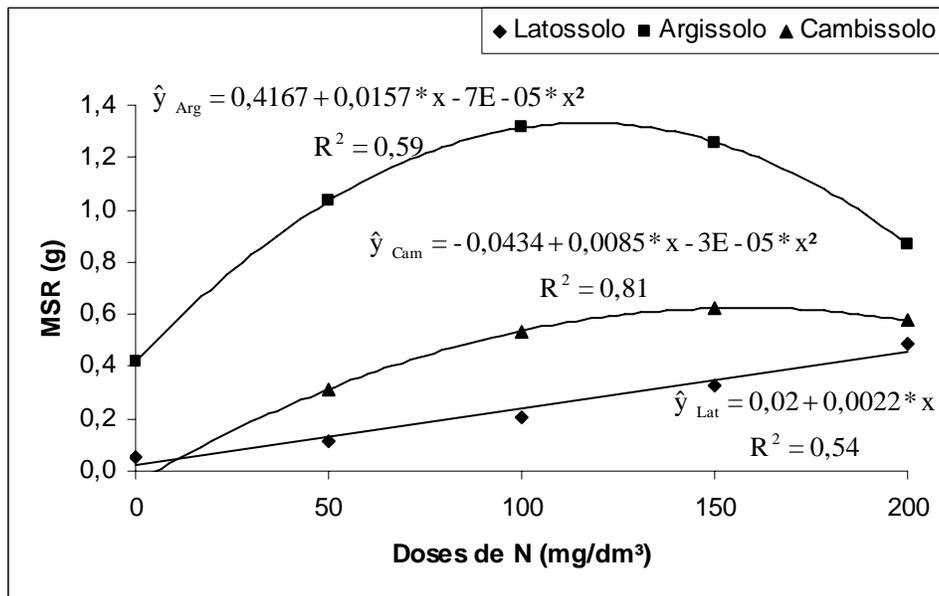


Figura 10 - Peso de matéria seca de raízes (MSR) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três tipos de solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

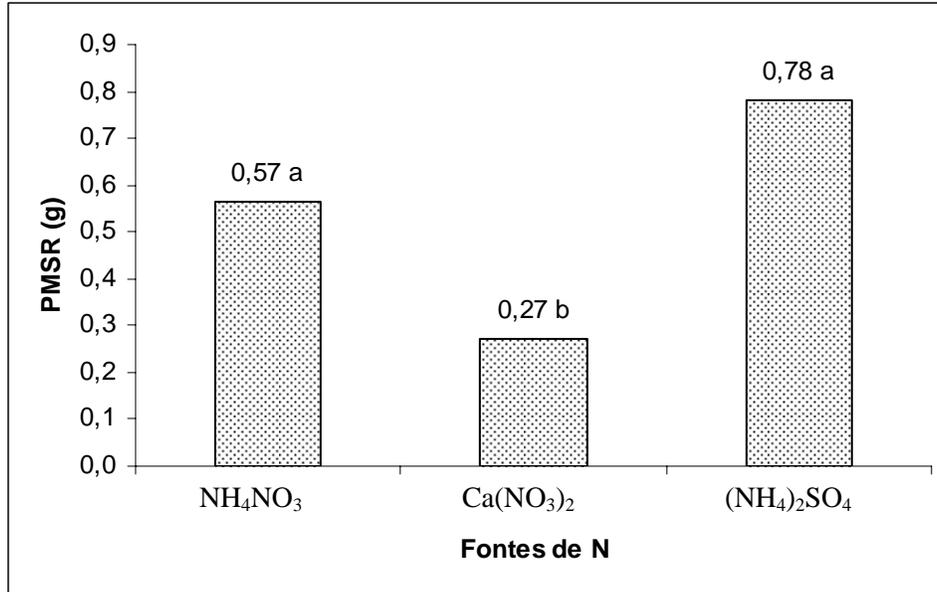


Figura 11 - Peso de matéria seca de raízes (PMSR) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) em resposta a fontes de nitrogênio aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

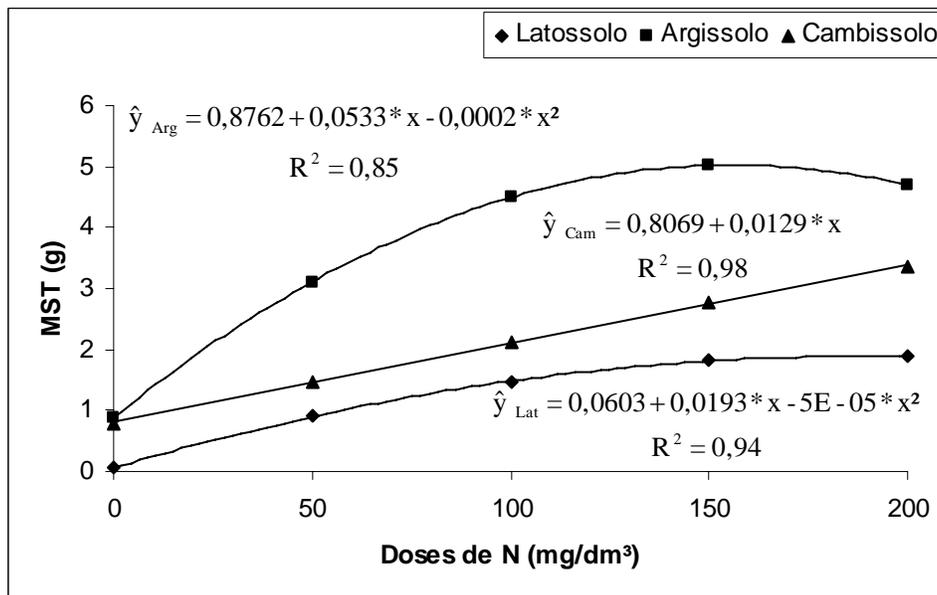


Figura 12 - Peso de matéria seca total (MST) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

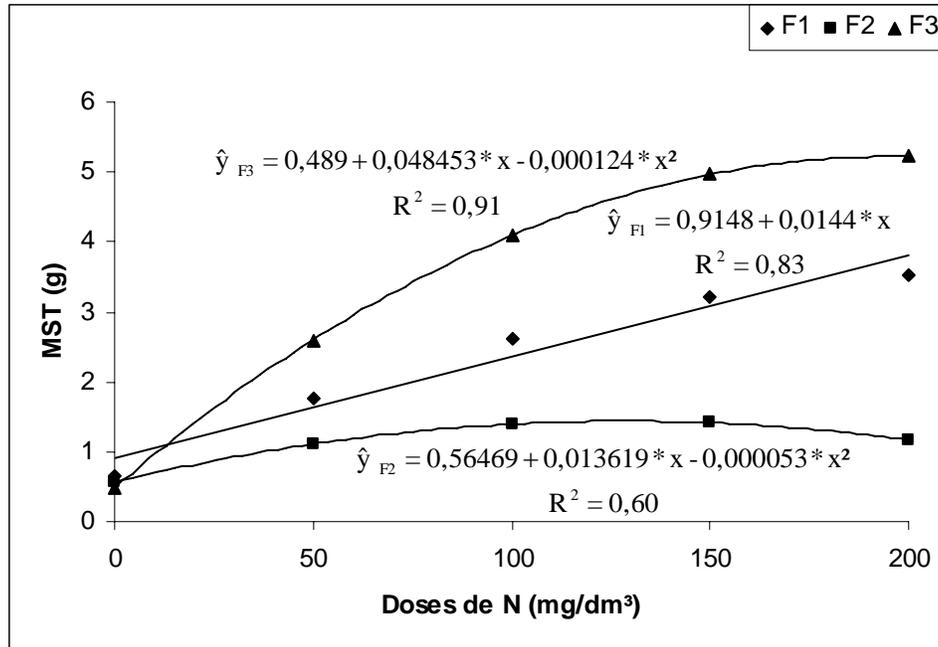


Figura 13 - Peso de matéria seca total (MST) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrito de amônio; F2 = nitrito de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

3.3 Relação altura da parte aérea/ peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), Relação peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)

A RHPMSPA apresentou resposta quadrática em função das diferentes doses de N nos substratos latossolo e argissolo, o ajuste da equação possibilitou estimar a dose associada para a máxima RHPMSPA, que foi respectivamente, da ordem de 18,81 e 9,86 para as doses de 130,98 e 132,50 mg/dm³ de N, respectivamente (Figura 14). No cambissolo obteve-se efeito linear de doses sobre a RHPMSPA, onde o melhor valor para este índice (19,79) foi adquirido na dose de 200 mg/dm³ de N, logo a obtenção da relação mínima deverá ocorrer em doses superiores a 200 mg/dm³ de N. GOMES (2001), menciona que essa relação não é comumente usada como um índice para avaliar o padrão de qualidade de mudas, mas pode ser de grande valia, se utilizada, principalmente para predizer o

potencial de sobrevivência da muda no campo. Quanto menor for esse índice mais lenhificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo. Neste trabalho o substrato argissolo mostrou-se superior aos demais substratos, pois apresentou o menor quociente para a relação, desta forma mudas de garapa produzidas em argissolo podem apresentar melhor capacidade de sobrevivência no campo. Resultado semelhante foi encontrado por MARQUES (2004) para mudas de jacarandá-da-bahia e angico-vermelho, onde dentre os substratos estudados, o argissolo proporcionou os melhores valores para a RHPMSPA.

Para a RHPMSPA também foi observado o efeito principal das fontes de N, onde o nitrato de amônio e o sulfato de amônio, não diferiram entre si, produzindo os melhores valores para este índice, quando comparadas ao nitrato de cálcio (Figura 15).

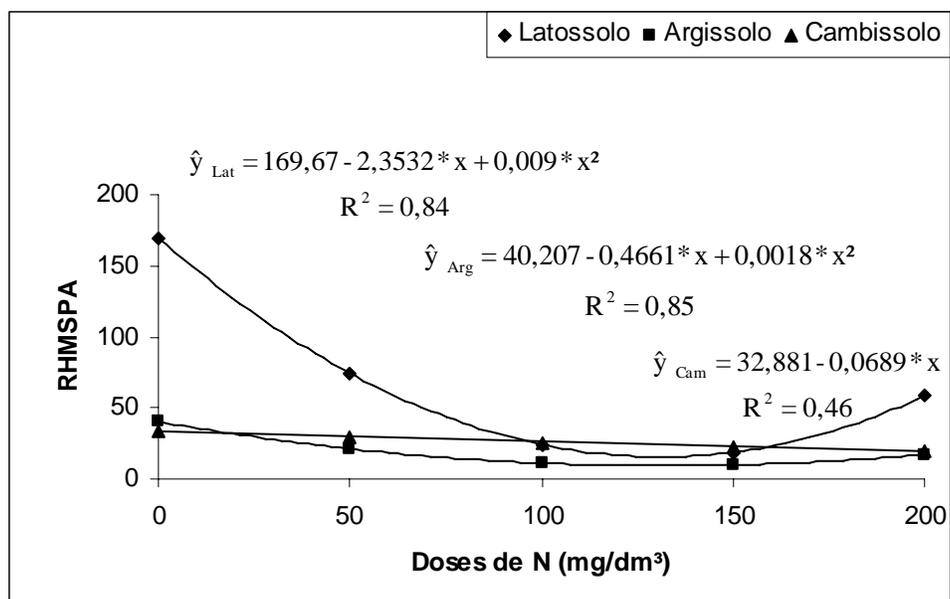


Figura 14 - Relação altura da parte aérea/ peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. * significativo a 5% de probabilidade.

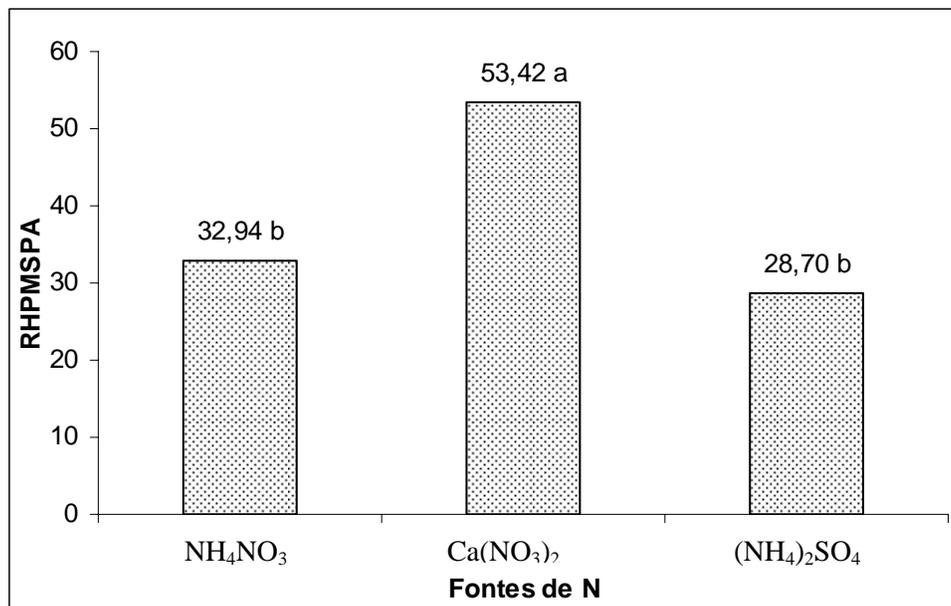


Figura 15 - Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a fontes de nitrogênio aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na RPMSPAR verificou-se o efeito principal de dose e fonte de N, não havendo interação significativa entre os fatores (Tabela 2). O efeito linear à doses de N proporcionou os piores valores (3,28; 3,77 e 4,42) nas doses mais elevadas (150 e 200 mg/dm³), e os melhores valores (2,71 e 2,92) com a aplicação das menores doses N (0, 50 e 100 mg/dm³) (Figura 16). GOMES (2001), mencionando alguns autores, relata que se estabeleceu como sendo 2,0 a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o seu respectivo peso de matéria seca da raiz, sendo esta comumente utilizada como padrão de qualidade nas medições de crescimento de mudas tanto em estudos ecológicos quanto em fisiológicos. Sendo assim, a dose associada a este valor será de 67,08 mg/dm³ de N, na qual produzirá mudas com proporções mais equilibradas entre parte aérea e raízes. Dentre as fontes nitrogenadas, verifica-se por meio de teste de média, que não houve diferença significativa entre as fontes de N aplicadas, observando-se

equivalências entre as médias da relação, que foram de 3,12; 3,07 e 4,07 para nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio, respectivamente (Figura 17). Resultado semelhante foi encontrado por MARQUES (2004), onde o efeito principal de fontes também proporcionou equivalência entre as médias da relação para nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio em mudas de jacarandá-da-Bahia. Segundo FONSECA et al. (2002), a ausência de diferença significativa indica que as mudas apresentaram o mesmo padrão de distribuição de matéria seca entre a parte aérea e raiz.

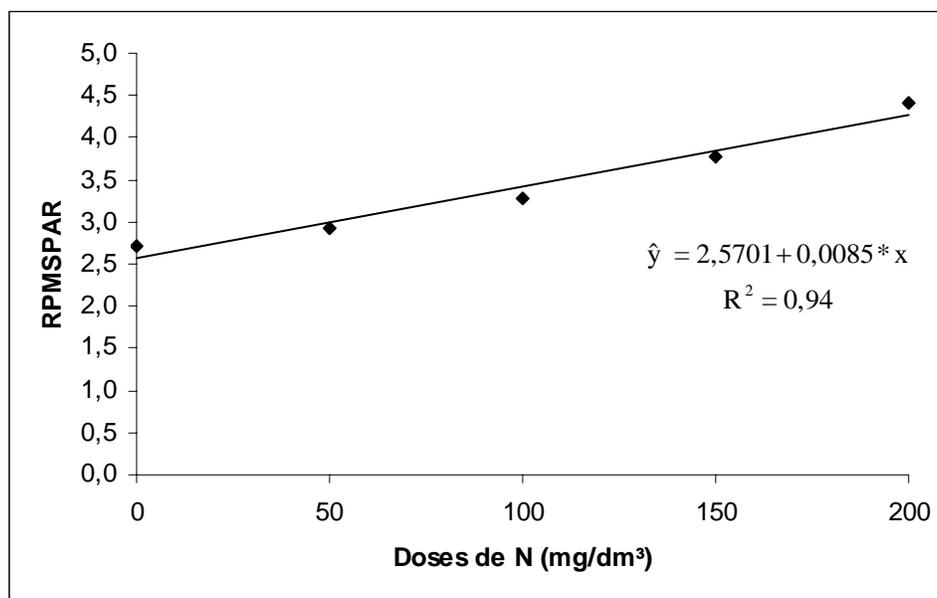


Figura 16 - Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca do sistema radicular (RPMSPAR) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. * significativo a 5 % de probabilidade.

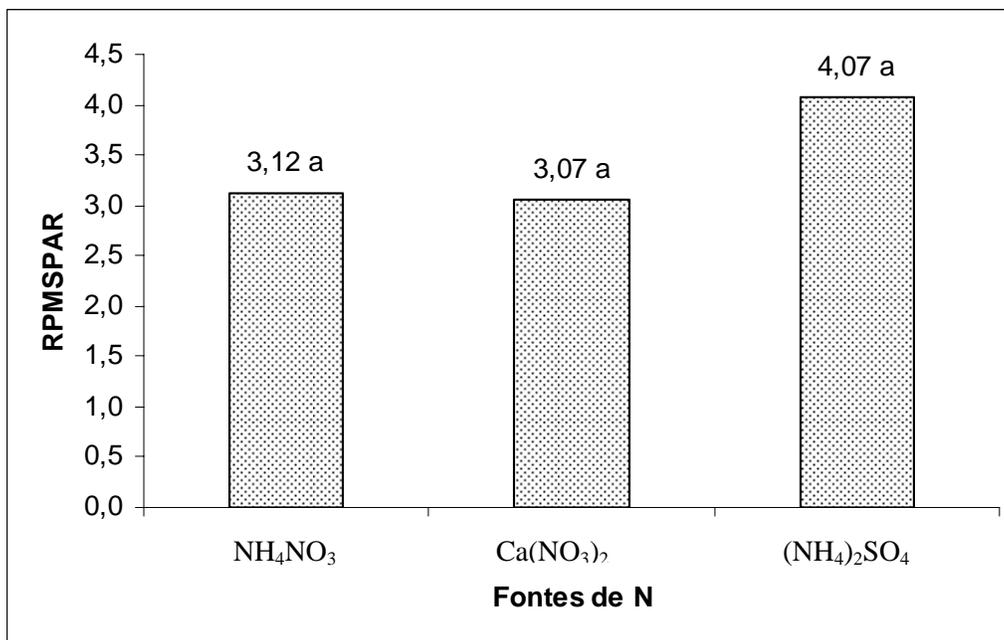


Figura 17 - Relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca do sistema radicular (RPMSPAR) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) em resposta a fontes de N aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio) em cada solo estudado. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O IQD apresentou efeito significativo para a interação solos x doses e fontes x doses. Constatou-se efeito quadrático de doses para os substratos latossolo e argissolo, onde respectivamente, os melhores índices 0,19 e 0,35 foram alcançados com a aplicação das doses de 164,84 e 129,42 mg/dm^3 de N, respectivamente (Figura 18). O efeito linear para o cambissolo, apresentou melhor índice (0,25) na dose mais elevada de N, indicando que a obtenção do índice máximo deverá ocorrer em doses superior a 200 mg/dm^3 de N. Segundo FONSECA et al. (2002), o IQD foi um bom parâmetro para indicar o padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha*, crescidas nas condições de viveiro suspenso. A produção de mudas com maiores índices de qualidade de Dickson apresentou maiores valores de diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, do sistema radicular e total, e menores valores da relação parte aérea/sistema

radicular e da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto. De acordo com CARNEIRO (1995), para a determinação de índices de qualidade, devem-se considerar alguns fatores como a espécie e a fertilidade do substrato, uma vez que, estes, exercerão influência no crescimento das plantas. Neste trabalho verificou-se que mudas de garapa produzidas em argissolo com a aplicação da dose de 129,42 mg/dm³ de N apresentaram melhor padrão de qualidade.

Quanto à significância da interação fontes x doses, detectou-se por meio de modelo quadrático de doses sobre este índice, que as fontes amoniacais produziram os maiores índices (0,28 e 0,38) nas doses de 189,50 e 177,28 mg/dm³ de N aplicada, para nitrato de amônio e sulfato de amônio, respectivamente. Logo, mudas de melhor qualidade, quando comparadas com a fonte nítrica, que proporcionou o melhor índice (0,14), na dose de 115,87 mg/dm³ de N, foram obtidas com a aplicação das fontes amoniacais (Figura 19). Em mudas de jacarandá-da-bahia, angico-vermelho e sabiá as fontes amoniacais aplicadas proporcionaram mudas de melhor qualidade (MARQUES, 2004).

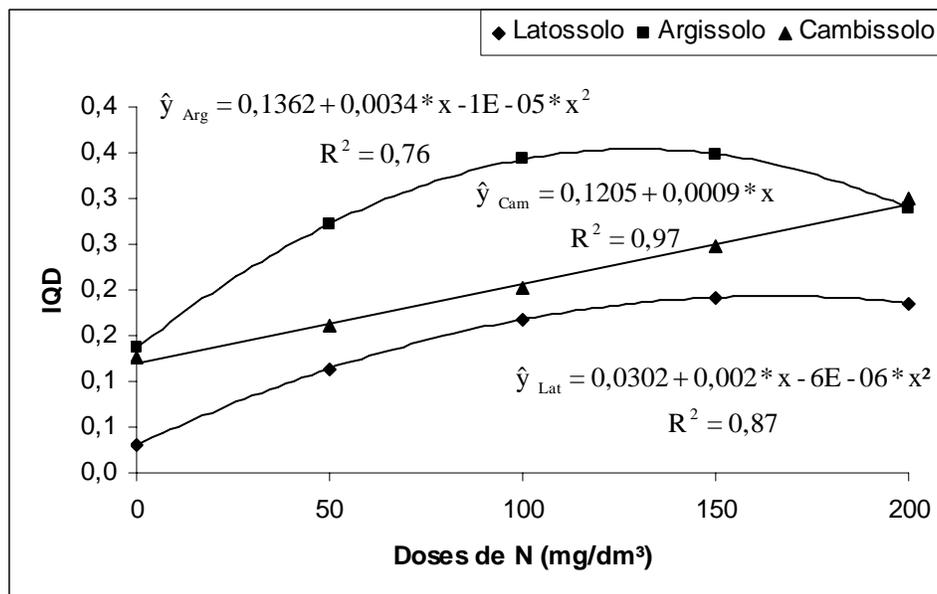


Figura 18- Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados * significativo a 5% de probabilidade.

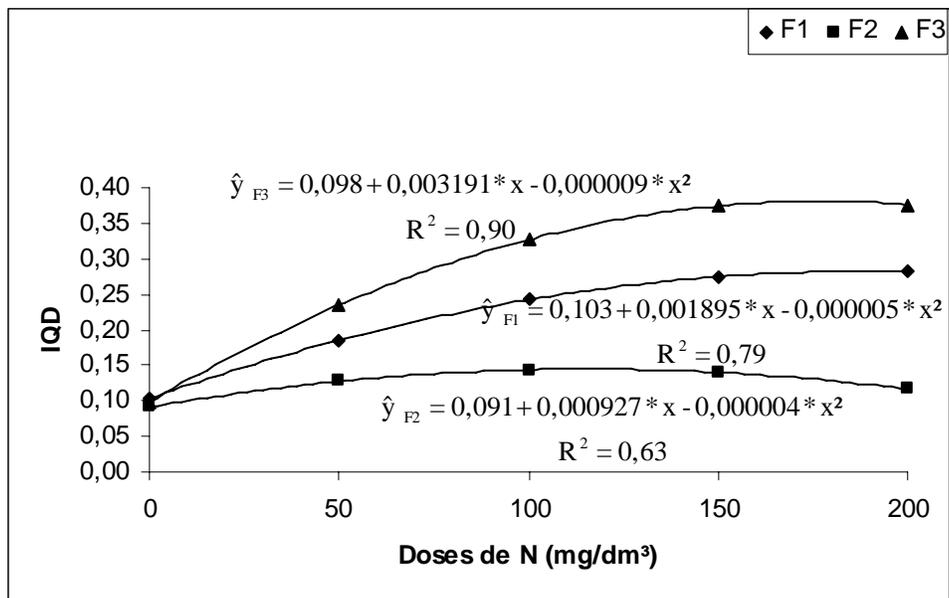


Figura 19 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * significativo a 5% de probabilidade.

3.4 Nodulação

As bactérias fixadoras de N atmosférico, denominadas de rizóbio, formam nódulos nas raízes de espécies das leguminosas. A planta hospedeira fornece fotoassimilados e recebe produtos nitrogenados (aminoácidos e ureídeos) desta bactéria.

Neste trabalho, não foi verificada a presença de nódulos no sistema radicular das mudas de garapa. Segundo GONÇALVES et al. (2000), os levantamentos sobre a capacidade de nodulação de leguminosas no Brasil e em outros países, indicam que 90 % das Mimosoideae e 97% das Papilionoideae são capazes de nodular, enquanto nas Caesalpinioideae apenas 23% são nodulíferas. Este fato pode explicar a ausência de nódulos nas mudas de garapa, sendo esta espécie pertencente à família Caesalpinioideae. MARQUES (2004), trabalhando com mudas de angico-vermelho, não observou a presença de nódulos no sistema radicular nas condições experimentais adotadas. Entretanto para mudas de

jacarandá-da-bahia observou-se a presença de nódulos nas mudas do tratamento testemunha (0 mg/dm^3 de N) e nas plantas que receberam a dose de 50 mg/dm^3 de N, no entanto, as mudas que receberam doses de 100, 150 e 200 mg/dm^3 de N não apresentaram nodulação, este resultado foi atribuído ao fato destas quantidades terem sido suficientes para suprir as exigências nutricionais quanto ao N, inibindo a infecção nas raízes pelo rizóbios.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

- As mudas de garapa responderam significativamente a adição de N-mineral nos três substratos estudados.
- As mudas produzidas no substrato argissolo proporcionaram as melhores médias de altura, diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, e raiz, peso de matéria seca total, relação entre altura e peso de matéria seca da parte aérea e índice de qualidade de Dickson.
- A aplicação dos fertilizantes nitrogenados levou a ganhos em crescimento das mudas. As plantas referentes ao tratamento testemunha (dose 0 mg/dm³) apresentaram crescimento em altura inferior a 50%, comparativamente aos resultados dos melhores tratamentos.
- As fontes nitrogenadas tiveram efeito significativo sobre todas as características morfológicas avaliadas, com maiores médias observadas com a aplicação do sulfato de amônio e nitrato de amônio.
- Quanto às doses de N utilizadas neste estudo, as melhores médias para todos os parâmetros morfológicos avaliados foram adquiridas com aplicação variando de 67 a 200 mg/dm³ de N.
- Recomenda-se para produção de mudas de garapa uma dose média de 150 mg/dm³ de N, aplicadas parceladamente aos 25, 50 75 e 100 dias, usando como fonte o sulfato de amônio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M.A.; ATTIWILL, P.M. Nitraté reductase activity and growth response of forest species to ammonium and nitraté sources of nitrogen. **Plant and Soil**, Netherlands, v.66, n.3, p.373-381, oct.1982.

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

BIGG, W.L.; DANIEL, T.W. Effects of nitraté, ammonium and pH on the growth of conifer seedlings and their production of nitraté reductase. **Plant and Soil**, Netherlands, v.50, n.1-3, p.371-385, dec.1978.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.

CHAVES, L. de F. de C.; CARNEIRO, J. G. de A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. S. Efeitos da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de sesbânia em substrato constituído de resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p.443-449, jul./ago. 2003

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

DRIESSCHE, R. V. D. Response of Doulgas-fir seedlings to nitraté and ammonium nitrogen sources under various environmental conditions. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 42, n. 3, p. 685-702, jun. 1975

DRIESSCHE, R. V. D. Response of Douglas fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources at different levels of pH and iron supply. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 49, n. 3, p. 607-623, jun. 1978.

FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 63p.

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

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M., BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.

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

LOCATELLI, M. BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. G. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 39-52, jan./jun.1984a

LOCATELLI, M.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Efeito de formas de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 53-69, jan./jun.1984b.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Editora Plantarum, Vol I, 2002. 368 p.

MARQUES, V.B. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (benth.) brenan), jacarandá - da - bahia (*Dalbergia nigra* (vell.) fr. all. ex benth.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* benth.)**. 2004. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: _____ (Ed.). **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. p. 231-312.

MIRANDA, J. R. P de. et al. Respostas da aroeira (*Myracrodruon 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 expandidos**...Manaus:Universidade de Manaus, 1996, p.270-271. 693p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. p. 305-329.

OLIVEIRA, J.M.F.de; SILVA, A.J.da; 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.618-823, set.1998.

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

PEREIRA, E. G; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R. do; MOREIRA, F. M. S. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 653-662, set.1996.

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

SCHEFFER-BASSO, S.M.; VOSS, M.; JAQUES, A.V.A. Nodulação e fixação biológica de *Adesmia latifolia* e *Lotus corniculatus* em vasos Leonard. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n. 3, p. 687-693, jul./ set. 2001.

SYLVIA, D.M.; FUHRMANN, J.J.; HARTEL, P.G.; ZUBERER, D.A. **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.p.322-345.