

SAMUEL DUTRA DE PAULA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Peltophorum dubium, *Psidium guajava* E *Colubrina glandulosa***

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
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

P324a
2018
Paula, Samuel Dutra de, 1988-
Adubação nitrogenada na produção de mudas de
Peltophoron dubium, *Psidium guajava* e *Colubrina glandulosa* /
Samuel Dutra de Paula. – Viçosa, MG, 2018.
xi, 106 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

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

1. Plantas florestais - Nutrição. 2. Plantas florestais - Mudas
- Qualidade. 3. Angico-de-carço. 4. Goiabeira. 5. Sobrasil.
I Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal.
II. Título.

CDO adapt. CDD 22. ed. 634.91613

SAMUEL DUTRA DE PAULA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Peltophorum dubium, *Psidium guajava* E *Colubrina glandulosa***

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: 30 de agosto de 2018.



Helio Garcia Leite
(Coorientador)



José Mauro Gomes



Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Ao Deus único e verdadeiro, por Seu amor incondicional e proteção.

Aos meus pais, Fernando e Irani, meus principais incentivadores, pela confiança, pelo amor e apoio em todos os momentos. À minha irmã Elisa, minha grande amiga, por nossas boas conversas sobre as coisas da vida.

Ao professor Haroldo Nogueira de Paiva pela confiança depositada em mim, pela orientação e pela amizade. Agradeço pela disposição, calma e bom humor sempre demonstrados. E também pelo exemplo de profissionalismo e dedicação. Seus ensinamentos sempre me acompanharão.

Aos Professores Helio Garcia Leite e José Mauro Gomes pela colaboração técnica. A participação de vocês nesse trabalho muito o enriquece e me faz sentir honrado. Aos demais professores do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, pelos ensinamentos técnicos e pelo compartilhamento de suas experiências profissionais e de vida.

Ao Departamento de Engenharia Florestal, pela estrutura disponibilizada para implantação, condução e análise dos experimentos. Aos funcionários do DEF, pela cooperação, em especial ao Alexandre Amorim da Silva e ao Dilson Garcia.

Aos funcionários do Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal pela colaboração, especialmente, Josimar Mendes e Maurício da Silva Araújo.

À Sociedade de Investigações Florestais (SIF) por ter fornecido as sementes das espécies florestais estudadas. Aos funcionários Marcos Fabiano, Antônio Carlos do Carmo e Alexandro Moreira pelo auxílio na condução dos experimentos.

À Universidade Federal de Viçosa, por me proporcionar grandes momentos ao longo da minha formação acadêmica, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela bolsa de estudos concedida.

Aos colegas de Pós-Graduação na Universidade Federal de Viçosa, pelo companheirismo e pelos bons momentos compartilhados. Em especial aos amigos Gustavo Mattos, Alexandre Gomes e Rodrigo Leite, pelo incentivo e pela ajuda durante a realização deste trabalho.

Finalmente, sou grato a todos os que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho, e aos que, mesmo não envolvidos diretamente na atividade acadêmica, me apoiaram e me ajudaram a chegar até aqui.

BIOGRAFIA

Samuel Dutra de Paula, filho de Fernando de Paula e Irani Oliveira Dutra de Paula, nasceu em 18 de novembro de 1988, em Piranga, Minas Gerais. Iniciou o ensino médio no Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Viçosa - Coluni, em Viçosa, Minas Gerais e o concluiu na Escola Estadual Coronel José Ildfonso, em Piranga, Minas Gerais, no ano de 2007. Em março de 2011, ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em julho de 2016. Em agosto de 2016 iniciou o curso de Mestrado em Ciências Florestais na mesma instituição.

ÍNDICE

| | |
|--|-------------|
| RESUMO..... | viii |
| ABSTRACT..... | x |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 4 |
| 2. CAPÍTULO 1: Crescimento e qualidade de mudas de canafístula (<i>Peltophorum dubium</i> (Sprengel) Taubert.), em resposta a fontes e doses de nitrogênio..... | 6 |
| Resumo..... | 6 |
| 2.1. Introdução | 8 |
| 2.2. Material e métodos..... | 11 |
| 2.3. Resultados e discussão | 16 |
| 2.3.1. Altura de parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC) e relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC) | 18 |
| 2.3.2. Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST)..... | 23 |
| 2.3.3. Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) | 28 |
| 2.4. Conclusões e recomendação..... | 32 |
| Referências Bibliográficas..... | 33 |
| 3. CAPÍTULO 2: Crescimento e qualidade de mudas de goiabeira (<i>Psidium guajava</i> L.) em resposta a fontes e doses de nitrogênio..... | 38 |
| Resumo..... | 38 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.1 | Introdução | 40 |
| 3.2. | Material e métodos..... | 43 |
| 3.3. | Resultados e discussão | 48 |
| 3.3.1. | Altura de parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC) e relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC) | 50 |
| 3.3.2. | Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST)..... | 55 |
| 3.3.3. | Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). | 59 |
| 3.4. | Conclusões e recomendação..... | 63 |
| | Referências Bibliográficas..... | 64 |
| 4. | CAPÍTULO 3: Crescimento e qualidade de mudas de sobrasil (<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins) em resposta a fontes e doses de nitrogênio..... | 69 |
| | Resumo..... | 69 |
| 4.1. | Introdução | 71 |
| 4.2. | Material e métodos..... | 74 |
| 4.3. | Resultados e discussão | 79 |
| 4.3.1. | Altura de parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC) e relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC) | 81 |
| 4.3.2. | Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST)..... | 88 |
| 4.3.3. | Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa | |

| | |
|--|------------|
| de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). | 93 |
| 4.4. Conclusões e recomendação..... | 99 |
| Referências Bibliográficas..... | 100 |
| 5. CONCLUSÕES GERAIS..... | 106 |

RESUMO

PAULA, Samuel Dutra de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2018. **Adubação nitrogenada na produção de mudas de *Peltophorum dubium*, *Psidium guajava* e *Colubrina glandulosa*.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientador: Helio Garcia Leite

Os projetos que têm por objetivo a recomposição de cobertura vegetal para a recuperação de áreas degradadas, dentre essas, as matas ciliares, utilizando-se de espécies nativas, muitas vezes, dependem da produção de mudas de qualidade. O fornecimento de nutrientes em quantidades adequadas contribui para a formação de mudas de qualidade. Todavia, para que sejam realizadas corretas adubações, é necessário maior conhecimento sobre as exigências nutricionais das espécies arbóreas nativas. Sabe-se que o nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelas espécies florestais. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada sobre o crescimento e a qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert.), goiabeira (*Psidium guajava* L.) e sobrasil (*Colubrina glandulosa* Perkins). O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado com cinco repetições de 15 tratamentos: três fontes de nitrogênio (sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, nitrato de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ e nitrato de amônio (NH_4NO_3)) e cinco doses de nitrogênio (0, 80, 160 240 e 320 mg dm^{-3}), em esquema fatorial . O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de textura argilosa. Ao final dos experimentos foram medidas a altura de parte aérea (H), o diâmetro de coleto (DC), as massas de matéria seca de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR), e calculadas a massa de matéria seca total (MST), as relações H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR, e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A adubação nitrogenada exerceu efeito positivo no crescimento e na qualidade das mudas de canafístula, goiabeira e sobrasil. Não houve efeito das fontes de nitrogênio sobre as características morfológicas das mudas avaliadas, mas verificou-se efeito significativo de doses de nitrogênio. Recomenda-se a aplicação de 260, 270 e 320 mg dm^{-3} de nitrogênio, utilizando-se de qualquer uma das fontes testadas, parcelada igualmente aos 40, 55, 70, 80 e 100 dias após a semeadura, 40, 55, 70, 80 e 100 dias após a repicagem, e 30, 45, 60, 75, 90 dias

após a repicagem, respectivamente, para a produção de mudas de canafístula, goiabeira e sobrasil.

ABSTRACT

PAULA, Samuel Dutra de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2018. **Nitrogen fertilization in the production of *Peltophorum dubium*, *Psidium guajava* and *Colubrina glandulosa* seedlings.** Advisor: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Advisor: Helio Garcia Leite.

The projects that aim to recompose vegetation cover for the recovery of degraded areas, among these, the riparian forests, using native species, often depend on the production of quality seedlings. The supply of nutrients in adequate quantities cooperates for the formation of quality seedlings, and mineral fertilization is important for this. However, for a correct fertilization, more knowledge about the nutritional requirements of native forest species is needed. Among the nutrients, nitrogen stands out as the most required by forestry species. Therefore, this study aimed the effect of different sources and levels of nitrogen fertilization on the growth and quality of *Peltophorum dubium* ((Sprengel) Taubert), *Psidium guajava* L. and *Colubrina glandulosa* Perkins seedlings. The treatment consisted of a factorial scheme (3x5) with three nitrogen sources: ammonium sulfate $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, calcium nitrate $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ and ammonium nitrate (NH_4NO_3) and five doses of N (0, 80, 160 240 e 320 mg dm^{-3}), arranged in completely randomized design, with five replicates. The substrate used was a Red-Yellow Distrophic Latosol with clay texture. Once completed the conduction part of the experiment, it was measured Shoot height (H), Shoot diameter (DC), Shoot dry mass (MSPA), and Root dry mass (MSR). So, Total mass (MST), the ratios H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR and the Dickson Quality Index (IQD) were calculated after. Nitrogen fertilization had positive effects on the growth and quality of the canafístula, guava and sobrasil seedlings. There was no effect of the nitrogen sources used on the main morphological characteristics of the evaluated seedlings. However, it was checked a positive effect on doses of nitrogen. It is recommended the application of 260, 270, and 320 mg dm^{-3} of nitrogen, using any of the three evaluated nitrogen sources, applying equal quantities on 40, 55, 70, 80 and 100 days after sowing, 40, 55, 70, 80 and 100 days after the transplantation, and 30,

45, 60, 75 and 90 days after the transplantation of the seedlings for the vessels, respectively, for the production of canafistula, guava and sobrasil seedlings.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As florestas nativas, constituindo diferentes biomas, são importantes ecossistemas que vem sendo explorados de forma degradatória há séculos. Esse processo de exploração tem levado à eliminação das florestas e contribuído para o surgimento e agravamento de inúmeros problemas ambientais, como mudanças climáticas locais e extinção de várias espécies de flora e fauna (FERREIRA e DIAS, 2004).

Neste contexto, as matas ciliares se incluem nas áreas florestais alvo de destruição, tendo sofrido alta degradação. Ressalta-se que diversas cidades foram formadas às margens dos cursos d'água, onde foi subtraído todo tipo de vegetação ciliar. Como consequências negativas da exploração, muitas dessas cidades sofrem hoje com a modificação da paisagem, poluição e constantes inundações (MARTINS, 2007).

A degradação das matas ciliares ocorre em desacordo com a legislação vigente no país, visto que a vegetação associada a cursos de água e nascentes pertence às áreas de preservação permanente (APP's), definidas pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa 12.651/12 (BRASIL, 2012).

A importância das matas ciliares é diretamente vinculada à proteção do solo e das águas, além da formação de corredores ecológicos que contribuem para a conservação da biodiversidade (ASSIS, 2015). Assim, para a manutenção e melhoria da qualidade de vida do homem e dos ecossistemas em que vive, é reconhecida a importância da conservação e recuperação das matas ciliares (FERREIRA e DIAS, 2004).

A produção de mudas é uma das fases mais importantes para os projetos de reflorestamento com fins ambientais (STURION e ANTUNES, 2000). Gonçalves et al. (2000) afirmaram que a produção de mudas em alta quantidade e qualidade adequada é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais com espécies nativas. O plantio de mudas de boa qualidade reduz os custos com tratamentos culturais e replantio (CARNEIRO, 1995) e confere maiores chances de sobrevivência dos

indivíduos em campo (CRUZ et al., 2006). Uma muda de boa qualidade possui boa estrutura radicular, ausência de enovelamentos, boa relação de formação de parte aérea e raiz, é vigorosa e deve estar bem nutrida e rustificada (GONÇALVES et al., 2000). Para se avaliar a qualidade de mudas, aspectos fenotípicos, ou morfológicos (como altura de parte aérea e diâmetro de coleto) são os mais utilizados, devido à fácil avaliação e entendimento, enquanto aspectos fisiológicos exigem medições mais complexas, sendo esses menos utilizados (GOMES e PAIVA, 2013).

A terra de subsolo, apesar da possível elevada acidez e baixo teor de nutrientes, em decorrência de processos de intemperização do solo, tem utilização destacada para produção de mudas de espécies arbóreas nativas (CARNEIRO, 1995). Utilizada como substrato para a produção de mudas, a terra de subsolo tem como função mais relevante a sustentação e o favorecimento do crescimento do sistema radicular, além de fornecer às plantas os nutrientes importantes ao seu desenvolvimento (HARTMANN et al., 2011).

No entanto, existem algumas limitações para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas utilizando-se de terra de subsolo como substrato, como a heterogeneidade dos solos das regiões tropicais (FURTINI NETO et al., 1999), a baixa fertilidade natural e o desequilíbrio nutricional de grande parte dos solos do país (CECONI et al., 2006). Considerando-se que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam, surge a necessidade de adubação (CRUZ et al., 2011).

A quantidade e as características dos adubos a serem utilizados dependem das necessidades nutricionais da espécie utilizada, de fatores econômicos, da eficiência dos adubos e da fertilidade do solo (CRUZ et al., 2011). Fernández et al. (1996) atestaram que as exigências nutricionais são desconhecidas para a maioria das espécies arbóreas nativas do Brasil, o que leva à prática de recomendações de adubação que garantam o suprimento de nutrientes das espécies mais exigentes (CRUZ et al., 2006), desconsiderando-

se as exigências próprias de cada espécie. Isto limita o alcance do máximo potencial de crescimento e a otimização do uso de insumos.

O nitrogênio é um elemento móvel, absorvido pelas raízes das plantas, principalmente pelo processo de fluxo de massa (RAIJ, 1991). No solo, o nitrogênio encontra-se em sua maior parte na forma orgânica (proteínas, quitina, ácidos nucleicos, bases nitrogenadas e ureia (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), mas, ocorre, também, na forma mineral (amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) e nitrogênio molecular (N_2) (CANTARELLA, 2007). As formas de nitrogênio mais absorvidas pelas plantas são a nítrica (NO_3^-) e a amoniacal (NH_4^+) (MARSCHNER, 2012). Em relação à preferência das espécies arbóreas na absorção do nitrogênio, existem trabalhos mostrando tanto a preferência pela forma nítrica quanto pela forma amoniacal, variando conforme a espécie estudada (MARQUES et al., 2006).

Após a absorção pela planta, o nitrogênio é distribuído via floema para a parte aérea onde compõe moléculas de clorofila, enzimas, proteínas e ácidos nucleicos (MARSCHNER, 2012). Cantarella (2007) afirmou que a maior relevância do nitrogênio para as plantas é a sua participação em processos fisiológicos como fotossíntese, respiração e diferenciação celular e genética.

O nitrogênio possui dinâmica complexa na natureza, e não deixa efeitos residuais diretos das adubações, o que torna o seu correto manejo de adubação um dos mais difíceis (RAIJ, 1991), uma vez que podem ocorrer perdas por erosão, lixiviação e volatilização (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Marques et al. (2006) ratificaram que espécie, dose e fonte de nitrogênio são fatores que interferem na resposta das plantas à adubação nitrogenada. Sabe-se que a aplicação da adubação nitrogenada aos substratos promove ganhos no crescimento em altura das mudas de espécies florestais (GOMES e PAIVA, 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo geral avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de três espécies arbóreas nativas do Brasil: canafístula (*Peltophorum dubium*) goiabeira (*Psidium guajava*) e sobrasil

(*Colubrina glandulosa*), produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo, em função de fontes e doses de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, I.R. **Recuperação de formações florestais associadas a cursos de água e nascentes**. Viçosa: Coordenadoria de Educação Aberta e à distância (CEAD) / UFV, 2015.12 p.

BRASIL. Lei nº 12651 de 25 de maio de 2012.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 2. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.376-449.

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

CECONI, D.E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C. M.; NEVES, J. C. L.; Macronutrientes na produção de mudas de canafístula em Argissolo Vermelho Amarelo da região da Zona da Mata, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 445-457, 2011.

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

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

FERREIRA, D.A.C.; DIAS, H.C.T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.617-623, 2004

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R. do; FAQUIN, V. FERNANDES, L. A. A acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v.5. n.2, p.01-12, 1999.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais**. Viçosa: Editora UFV, 2013. 116p. (Didática).

GONÇALVES, J. L. de 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. de M.; BENEDETI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. cap. 11, p. 309-350.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, R. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915p.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n 71, p. 77-85, 2006.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. San Diego: Elsevier. 2012. 651p.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 255p.

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**. 2. ed. Lavras, MG: Editora UFLA, 2006. p. 313-404.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, SP: Ceres: POTAFOS, 1981. 343p.

STURION, J.A.; ANTUNES, J.B.M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para as ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Florestas. 2000. p. 125-174

2. CAPÍTULO 1: Crescimento e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert.), em resposta a fontes e doses de nitrogênio

Resumo

No Brasil, a expansão da atividade agrícola e a alta procura por produtos madeireiros acentuaram o desmatamento, e o uso inadequado das áreas desmatadas resultou em extensas áreas degradadas, dentre elas, as matas ciliares. Os projetos de recomposição de vegetação como estratégia de recuperação de áreas degradadas, em muitos casos, requerem o plantio de espécies nativas. As espécies nativas da família Fabaceae são indicadas para tais projetos por possuírem elevada produção de biomassa, formando serapilheira rica em nutrientes, contribuindo para o aumento da fertilidade nas camadas superficiais do solo. *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (canafístula) é uma espécie florestal nativa pertencente à família Fabaceae, do grupo ecológico das secundárias iniciais. Devido ao seu rápido crescimento e rusticidade, é recomendada para a recomposição de reflorestamento em áreas degradadas. O estabelecimento das espécies arbóreas nativas nos plantios em campo está relacionado à qualidade das mudas, sendo a fertilização uma prática que contribui para a formação de mudas de qualidade. No entanto, para que seja realizada uma correta adubação, é necessário maior conhecimento sobre as exigências nutricionais dessas espécies. Neste estudo foi avaliado o crescimento e a qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) em função de fontes e doses de nitrogênio (N). O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado com cinco repetições de 15 tratamentos, compostos por três fontes de N: sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, nitrato de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ e nitrato de amônio (NH_4NO_3), e cinco doses de nitrogênio (0, 80, 160, 240 e 320 mg dm^{-3}), em esquema fatorial. O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura argilosa. Foram medidas a altura de parte aérea (H), o diâmetro de coleto (DC), as massas de matéria seca de

parte aérea (MSPA) e de raízes (MSRA) e calculados a massa seca total (MST), as relações H/MSPA, H/DC, MSPA/MSRA, e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) aos 120 dias após a semeadura. A aplicação de N favoreceu o crescimento e a qualidade das mudas de canafístula. Houve efeito significativo das doses de N sobre todas as características avaliadas, independente da fonte. As melhores médias para todas as características avaliadas se situaram entre 148,68 e 308 mg dm⁻³ de N. Assim, recomenda-se na produção de mudas de canafístula a dose de 260 mg dm⁻³ de N, parcelada igualmente em cinco aplicações aos 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a semeadura, utilizando-se de uma das três fontes de nitrogênio testadas.

Palavras-chave: nutrição florestal, espécies florestais nativas, espécies arbóreas nativas, qualidade de mudas.

2.1. Introdução

A expansão da atividade agrícola e a alta procura por produtos madeireiros intensificaram a exploração dos remanescentes florestais nativos, tendo como consequência o desmatamento. Após o desmatamento, o uso inadequado dessas áreas leva à perda da capacidade produtiva e em seguida, ao abandono, resultando em extensas áreas com degradação (FREITAS et al., 2017), geralmente caracterizadas por erosão do solo e diminuição da retenção de água das chuvas, problemas que se acentuam em regiões de relevo acidentado (CRUZ et al., 2012).

Particularmente, no caso das matas ciliares, ainda que novas áreas não fossem degradadas, a degradação já existente é o bastante para justificar todo o investimento em pesquisa que tem sido feito, e que ainda precisa ser realizado, intentando a recuperação dessas áreas (MARTINS, 2007). As matas ciliares continuam sendo eliminadas, mesmo sabendo-se do seu papel na proteção dos cursos d'água e, na maioria dos casos, tornam-se áreas degradadas (BATISTA et al., 2016).

Os projetos de recomposição de vegetação que têm como objetivo a recuperação de áreas degradadas e proteção de nascentes recomendam o plantio de espécies nativas, preferencialmente, aquelas com boa adaptação às condições edáficas e climáticas do local (FREITAS, 2013), visto que são indicadas para o estabelecimento de condições ecológicas existentes anteriormente à degradação (FURTINI NETO et al., 1999).

Dentre as espécies arbóreas nativas recomendadas para recuperação de áreas degradadas, possuem destaque as pertencentes à família Fabaceae. As árvores dessa família podem se associar biologicamente com bactérias fixadoras de nitrogênio (N) (ANDRADE et al., 2018), têm capacidade de se estabelecer em diferentes condições climáticas, possuem elevada produção de biomassa (BALIEIRO et al., 2001) e formam serapilheira rica em nutrientes, principalmente N, colaborando para o aumento da atividade biológica e da fertilidade nas camadas iniciais do solo (FREITAS, 2013).

O *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert, pertencente à família Fabaceae, conhecido popularmente como canafístula, angico-amarelo, faveiro ou tamboril é uma espécie florestal nativa, caducifólia, que pode atingir até 40 m de altura e 90 cm de diâmetro à altura do peito (1,3 m de altura) na idade adulta (CARVALHO, 2002). Frequente em todo o domínio da Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Montana, ocupa o estrato dominante dessas florestas (RODERJAN, 1990, apud CARVALHO, 2002). Sua área de ocorrência abrange desde Uruguai, Paraguai, região nordeste da Argentina, região Sul do Brasil, passando pelas regiões Sudeste, Centro-Oeste e chega até ao Nordeste do país (CARVALHO, 1997).

A árvore de *Peltophorum dubium* possui um sistema radicular vigoroso, o que garante resistência ao tombamento pela ação do vento. Trata-se de uma espécie de grande efeito ornamental, destacando-se a beleza de suas grandes panículas amarelas, as quais, juntamente com grandes folhas delicadamente penadas, produzem belo efeito decorativo (CARVALHO, 2002). A espécie é mediana em relação à tolerância ao frio, proporciona boa sombra e pode ser usada para a arborização urbana (LORENZI, 1992; VENTURIN et al., 1999). Por se tratar de uma espécie de grande porte, requer atenção para sua correta alocação em ambientes urbanos (CARVALHO, 2002).

Sua madeira apresenta maior durabilidade em lugares secos (VENTURIN et al., 1999) e possui densidade básica entre 0,53 e 0,65 g cm⁻³ (SILVA et al., 1983), alborno de cor rósea-clara, cerne de cor irregularmente alternante entre róseo-acastanhado e bege rosado-escuro, textura médio grosseira e cheiro e gosto imperceptíveis (CARVALHO, 2002) sendo classificada por Lorenzi (2002), como dura, moderadamente pesada e de longa duração, sendo utilizada em carpintaria, marcenaria, construção naval, indústria de móveis e construção civil (MATTEI e ROSENTHAL, 2002). Segundo Ruchel (2003), a canafístula é uma das 15 espécies florestais madeireiras mais importantes para o mercado de serrarias da região Sul, com potencial para a produção de madeira em larga escala no Centro-Sul do Brasil.

Representante do grupo sucessional das secundárias iniciais (MARTINS, 2007), mas, com papel pioneiro em matas degradadas, capoeiras e áreas abertas (CARVALHO, 2003), a espécie, devido ao seu rápido

crescimento (BERTOLINI et al., 2015) e rusticidade, tem importância para utilização em projetos de recomposição de reflorestamento em áreas degradadas (LORENZI, 1992), sendo indicada para recomposição de vegetação de matas ciliares (MARTINS, 2007).

A produção de mudas é uma das fases mais importantes dos projetos de reflorestamento, seja para fins ambientais ou comerciais (FREITAS et al., 2017). O sucesso desses projetos está relacionado à produção e utilização de mudas de boa qualidade, visto que essas apresentam maior resistência às condições adversas do meio ambiente, menor tempo para seu estabelecimento (CRUZ et al., 2004) e, em muitos casos, dispensam o replantio e reduzem a demanda por tratamentos culturais (ANDRADE et al., 2018).

O padrão de qualidade de mudas é variável entre espécies, e para uma mesma espécie, varia também entre sítios (CARNEIRO, 1995). Porém, certas características são comuns a mudas florestais de boa qualidade: ausência de problemas fitossanitários (ANDRADE et al., 2018), boa formação de sistema radicular, bom crescimento de parte aérea e bom estado nutricional (FONSECA, 2005).

Dias et al. (2012) afirmaram que mudas com nutrição adequada ficam menos suscetíveis à ação de doenças e pragas, toleram melhor os períodos de secas e outros estresses. Com o objetivo de se garantir bom estado nutricional, a fertilização tem sido uma prática importante pela possibilidade de fornecimento dos nutrientes necessários ao metabolismo das mudas (GONÇALVES et al., 2013). No entanto, para que seja realizada uma correta adubação, devem ser melhor conhecidos os fatores que afetam a dinâmica dos nutrientes no solo e na planta, além das exigências nutricionais (CRUZ et al., 2011). Tucci et al. (2009), afirmam que o teor de nutrientes no substrato, principalmente fósforo, potássio e nitrogênio têm grande influência na qualidade das mudas produzidas e no seu crescimento em campo.

O nitrogênio (N) é o nutriente de maior demanda nutricional por parte das plantas (SOUZA e FERNANDES, 2006), onde é constituinte de inúmeras moléculas e estruturas dos tecidos vegetais (CANTARELLA, 2007). As plantas

absorvem, predominantemente, formas inorgânicas do nitrogênio, como o nitrato (NO_3^-) e / ou o amônio (NH_4^+), sendo a preferência dentre tais formas de nitrogênio variável entre espécies (WILLIAMS e MILLER, 2001). A deficiência do N limita o crescimento vegetal (SOARES et al., 2017), sendo necessária adubação nitrogenada quando a demanda desse nutriente pela planta é maior do que a capacidade de suprimento do substrato (SOARES et al., 2017).

Tendo em vista a necessidade de ampliação do conhecimento científico a respeito de nutrição mineral das espécies arbóreas nativas, o presente estudo teve por objetivo avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Peltophorum dubium* sob influência de doses e fontes de nitrogênio.

2.2. Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, no período de outubro de 2017 a janeiro de 2018. A espécie utilizada foi a canafístula (*Peltophorum dubium*), cujas sementes foram fornecidas pela Sociedade de Investigações Florestais (SIF).

A terra de subsolo utilizada como substrato para a produção das mudas foi coletada cerca de 40 cm abaixo da camada superior de um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, em Viçosa, MG. Essa terra de subsolo, não esterilizada, foi submetida a secagem ao ar e peneiramento em malha de 5 mm.

A utilização de corretivos tem como objetivo diminuir as concentrações tóxicas de Al e Mn nos solos, e, por consequência, o seu pH. A calagem colabora com o fornecimento de Ca e Mg (CARNEIRO, 1995; MALAVOLTA, 1980). Portanto, foi efetuada correção de acidez, utilizando-se de uma mistura de carbonato de cálcio (CaCO_3) e composto de magnésio [$\text{Mg}(\text{OH})_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$] na proporção de quatro partes para uma parte, respectivamente. A necessidade de calagem (NC, em toneladas por hectare) foi calculada com base nos resultados da análise de caracterização química do solo (Tabela 1),

elevando-se a saturação por bases até o nível de 60% (Marques et al., 2009), sendo: $NC (t/ha) = (V2-V1) CTC (T) / 100$, em que V2 é a porcentagem de saturação por bases desejada, V1 é a porcentagem de saturação por bases do solo, conforme análise, e CTC (T) é a capacidade de troca catiônica em pH = 7,0.

Tabela 1 - Características químicas da amostra do solo utilizada para a produção de mudas de canafístula (*P. dubium*)

| pH | P | K | Al ³⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | SB | CTC(t) | CTC(T) | V | m | MO |
|------------------|---------------------|---|------------------------------------|------------------|------------------|------|------|--------|--------|-----|----------------------|------|
| H ₂ O | mg dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | | | | | | | % | dag kg ⁻¹ | |
| 4,79 | 0,7 | 6 | 0,92 | 0,11 | 0,01 | 3,93 | 0,14 | 1,06 | 4,04 | 3,5 | 86,8 | 1,66 |

pH em água – Relação 1: 2,5; P e K – Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; H+ Al – Extrator CaOAc 0,5 mol L⁻¹. pH 7,0; SB = Soma de bases; CTC(t) = Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) = Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; Matéria orgânica (MO) = C.org x 1,724 – Método Walkley – Black.

Após a adição dos corretivos, a terra de subsolo permaneceu em período de incubação por 30 dias, com manutenção do teor de umidade próximo à capacidade de campo. Após esse período, foi acondicionada em vasos com capacidade para 1,5 dm³ (11,9 cm de altura x 7,5 cm de raio de topo x 5,1 cm de raio de fundo).

Por meio de incorporação ao substrato, foi efetuada adubação de base com macronutrientes, contendo 300 mg dm⁻³ de fósforo (P) e 100 mg dm⁻³ de potássio (K), conforme Passos (1994). Superfosfato simples (18% P₂O₅) e KCl (52,45% K) foram utilizados como fontes de P e K, respectivamente. Para a adubação de base de micronutrientes, foi utilizada a solução recomendada por Alvarez V. et al. (2006), composta por boro (B) = 0,81 mg dm⁻³ (H₃BO₃), cobre (Cu) = 1,33 mg dm⁻³ (CuSO₄.5H₂O), molibdênio (Mo) = 0,15 mg dm⁻³ [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], manganês (Mn) = 3,66 mg dm⁻³ (MnCl₂.H₂O) e zinco (Zn) = 4,0 mg dm⁻³ (ZnSO₄.7H₂O).

Para a superação da dormência das sementes, foi utilizado o método de imersão em ácido sulfúrico 92% por 15 minutos (PIROLI et al., 2015).

A semeadura foi realizada de maneira manual e direta nos vasos. Foram colocadas 6 sementes de canafístula em cada vaso com substrato adubado. Em seguida, optou-se pelo cultivo da muda mais vigorosa e central, identificada e mantida após operação de raleio, passados 20 dias da germinação das sementes. Durante o período de condução do experimento, a umidade do substrato foi mantida próxima a 60% da capacidade de campo, sendo a irrigação realizada de acordo com monitoramento diário.

Os tratamentos consistiram de combinação (fatorial) de três fontes de nitrogênio (N): sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, nitrato de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ e nitrato de amônio (NH_4NO_3) , e cinco doses de N (0, 80, 160, 240 e 320 mg dm^{-3}), via solução, parceladas em cinco porções iguais aos 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a semeadura. Como tratamento controle, cultivaram-se mudas sem adição das fontes de nitrogênio mencionadas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições, totalizando 65 vasos com mudas da espécie (unidades experimentais).

Foi realizada realeatorização do posicionamento dos vasos nas bancadas, por meio de sorteio aleatório a cada 15 dias, a fim de se reduzir os efeitos de fatores ambientais como temperatura e luminosidade porventura existentes na casa de vegetação.

Após o término da condução do experimento (120 dias após a semeadura) foi realizada a coleta de informações sobre as características morfológicas das mudas: altura de parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST).

A altura de parte aérea das mudas (H) foi obtida com o uso de régua milimetrada, medindo-se do nível do substrato até o ápice da muda, especificamente, na última inserção foliar. O diâmetro de coleto (DC) foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital. O material vegetal foi coletado e submetido a secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 60°C, até a condição de massa constante, para obtenção da massa de matéria

seca de parte aérea (MSPA) e da massa de matéria seca de raízes (MSR). A massa de matéria seca total (MST) é resultante da soma de MSPA e MSR.

A obtenção das informações sobre as características morfológicas das mudas permitiu o cálculo dos índices: relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC), relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), apresentado na fórmula (DICKSON et al., 1960):

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

O modelo estatístico do experimento, instalado no delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial, foi:

$$Y_{kij} = m + F_k + D_i + (FD)_{ki} + e_{kij}, \text{ em que:}$$

Y_{kij} = valor observado da característica estudada (H, DC, MSPA, MSR, MST, RH/DC, RH/MSPA, RMSPAMSR e IQD), na fonte k e dose i, k = $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e NH_4NO_3 ;

F_k = efeito da fonte k;

D_i = efeito da dose de nitrogênio D, na repetição j, j = 1,2,3,4,5;

$(FD)_{ki}$ = efeito da interação F x D;

e_{kij} = erro associado à observação Y_{kij} , isto é, efeito dos fatores não controlados sobre a observação Y_{kij} . $e_{kij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Para cada característica, foram avaliadas as seguintes hipóteses:

$H_{0(1)} = F_1 = F_2 = F_3$; $H_{a(1)}$: não $H_{0(1)}$

$H_{0(2)} = D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = D_5$; $H_{a(2)}$: não $H_{0(2)}$;

$H_{0(3)} = F_1D_1 = F_1D_2 = F_1D_3 = \dots = F_3D_5$; $H_{a(3)}$ = não $H_{0(3)}$.

Quando significativos pelo teste F (ANOVA), os efeitos de fontes de N, ($H_{0(1)}$), foram avaliados pelo teste Tukey, a 5% de significância. Os efeitos de doses de nitrogênio ($H_{0(2)}$) foram avaliados por meio de regressão, empregando-se os o modelos linear, $Y_{kij} = \beta_0 + \beta_1 D_i + e_{kij}$ e quadrático $Y_{kij} = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_2 D_i^2 + e_{kij}$. As equações estimadas para cada característica (variável) foram avaliadas com base no coeficiente de determinação ajustado para os graus de liberdade e significância das estimativas dos parâmetros, nesse caso, pelo teste t a 5% de significância. As doses ótimas de nitrogênio foram obtidas a partir de $dY/dD = 0$, resultando em: dose ótima de N = $-\beta_1/2\beta_2$. Todas as análises foram realizadas com uso dos softwares R, disponível em <http://www.r.project.org/> e Microsoft Excel.

2.3. Resultados e discussão

A aplicação de doses de nitrogênio surtiu efeito significativo ($p < 0,05$) sobre todas as características morfológicas e relações estudadas, no entanto, não houve efeito significativo ($p < 0,05$) da interação fontes x doses de nitrogênio, nem de fontes de nitrogênio (Tabela 2). As regressões ajustadas são apresentadas na Tabela 3, onde foram indicadas as doses ótimas de nitrogênio e o coeficiente de determinação para cada característica e índice estudados.

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

| FV | GL | QUADRADO MÉDIO | | | | | | | | |
|-----------|----|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | H (cm) | DC (mm) | MSPA (g) | MSR (g) | MST (g) | RH/DC | RH/MSPA | RMSPA/MSR | IQD |
| Fonte (F) | 2 | 87,60 ^{ns} | 2,97* | 15,60 ^{ns} | 5,52 ^{ns} | 37,30 ^{ns} | 2,04 ^{ns} | 0,29 ^{ns} | 0,24 ^{ns} | 2,29 ^{ns} |
| Dose (D) | 4 | 8655,00* | 217,43* | 3254,10* | 488,05* | 6201,60* | 21,62* | 380,08* | 13,62* | 106,32* |
| F x D | 8 | 387,80 ^{ns} | 3,26 ^{ns} | 16,80 ^{ns} | 9,97 ^{ns} | 43,10 ^{ns} | 3,49 ^{ns} | 1,49 ^{ns} | 0,83 ^{ns} | 1,91 ^{ns} |
| Resíduo | 60 | 1740,00 | 23,81 | 194,30 | 117,21 | 387,80 | 22,31 | 85,35 | 12,42 | 23,46 |
| CV % | | 14,21 | 7,16 | 13,58 | 22,46 | 13,06 | 14,44 | 30,1 | 22,28 | 20,85 |

* $p < 0,05$.

^{ns} $p > 0,05$.

H = altura de parte aérea, DC = diâmetro de coleto, MSPA = massa de matéria seca de parte aérea, MSR = massa de matéria seca de raízes, MST = massa de matéria seca total, RH/DC = relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto, RH/MSPA = relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea, RMSPA/MSR = relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes, IQD = Índice de Qualidade de Dickson.

Tabela 3. Equações ajustadas para a altura da parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST), relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC), relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), coeficientes de determinação ajustados (R^2) e doses ótimas de nitrogênio para produção de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*)

| <i>Peltophorum dubium</i> | | | |
|---------------------------|--|--------|------------------------------------|
| Variável | Equação | R^2 | Dose ótima (mg dm^{-3}) |
| H (cm) | $H = 18,523619 + 0,232360*N - 0,0004640*N^2$ | 0,7918 | 250,39 |
| DC (g) | $DC = 5,65329524 + 0,04237179*N - 0,00009478*N^2$ | 0,8747 | 223,53 |
| MSPA (g) | $MSPA = 2,0004952 + 0,1152818*N - 0,0001874*N^2$ | 0,9307 | 307,58 |
| MSR (g) | $MSR = 1,5809143 + 0,0578621*N - 0,0001202*N^2$ | 0,7825 | 240,69 |
| MST (g) | $MST = 3,5814095 + 0,1731439*N - 0,0003076*N^2$ | 0,9256 | 281,44 |
| RH/DC | $RH/DC = 3,31584774 + 0,00949563*N - 0,00001591*N^2$ | 0,4203 | - |
| RH/MSPA | $RH/MSPA = 8,0001198 - 0,0509253*N + 0,0001070*N^2$ | 0,7823 | 237,97 |
| RMSPA/MSR | $RMSPA/MSR = 1,448687 + 0,003708*N$ | 0,4869 | 148,68 |
| IQD | $IQD = 0,83398269 + 0,02690152*N - 0,00005570*N^2$ | 0,7897 | 241,49 |

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

Foi verificado efeito significativo ($p < 0,05$) das doses de nitrogênio sobre o crescimento em altura das mudas de canafístula, aos 120 dias após a semeadura (Figura 1). A dose ótima foi $250,39 \text{ mg dm}^{-3}$ de N, à qual está associado um valor de altura de parte aérea igual a $47,6 \text{ cm}$, independente da fonte de N aplicada ao substrato. Não foi observado efeito significativo de fontes (Figura 2) e da interação fontes x doses de nitrogênio.

Não foi constatado efeito significativo ($p > 0,05$) da interação doses x fontes de nitrogênio para o diâmetro de coleto das mudas de canafístula. Porém, foi verificado efeito das fontes utilizadas ($p < 0,05$). As maiores médias foram obtidas quando houve aplicação de nitrato de cálcio ($8,99 \text{ mm}$) e nitrato de amônio ($8,87 \text{ mm}$), iguais entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). As menores médias foram obtidas com o uso do sulfato de amônio ($8,52 \text{ mm}$). No entanto, esse valor de média foi igual ($p > 0,05$) ao valor verificado para o nitrato de amônio ($8,87 \text{ mm}$) (Figura 3).

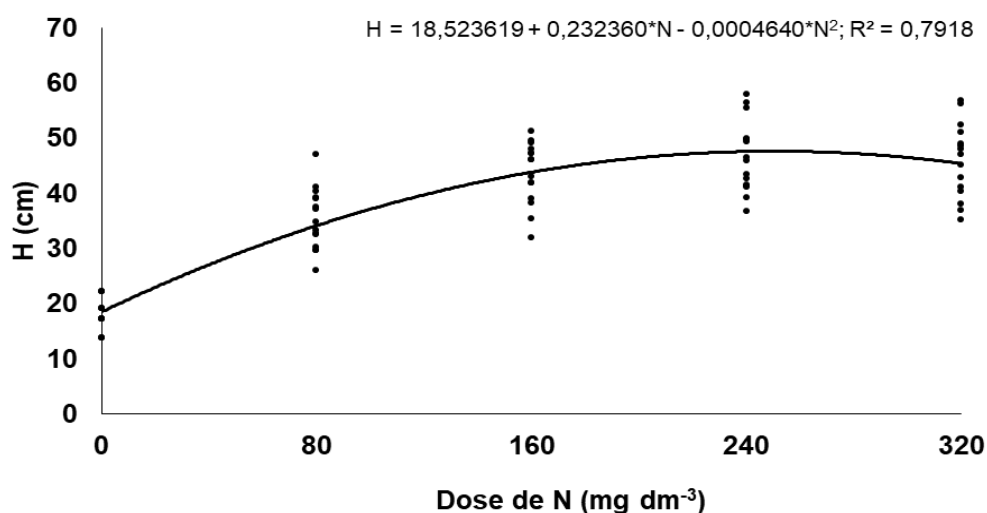


Figura 1 - Altura de parte aérea (H) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) avaliadas aos 120 dias após a semeadura em resposta a doses de nitrogênio aplicadas.

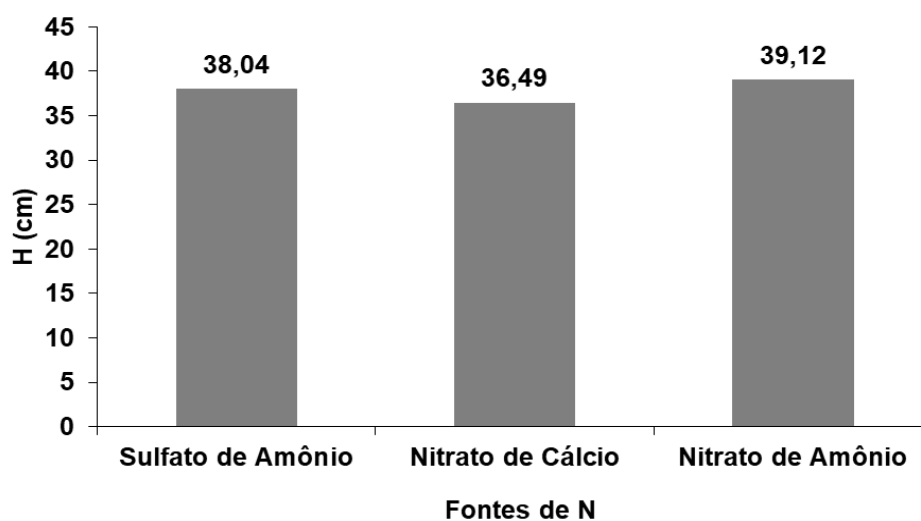


Figura 2 - Altura média de parte aérea (H) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) avaliadas aos 120 dias após a semeadura em resposta a fontes de nitrogênio .

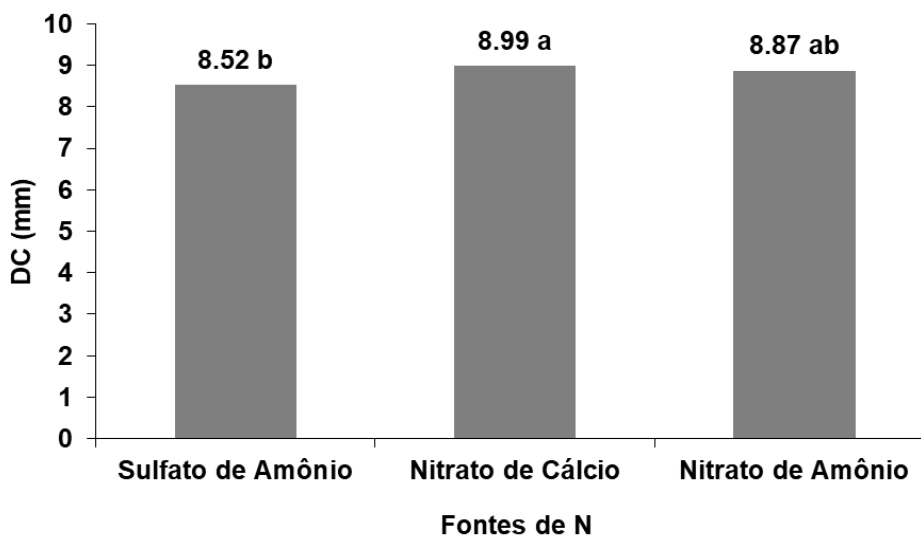


Figura 3 - Diâmetro de coleto (DC) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) aos 120 dias após a semeadura em resposta a fontes de nitrogênio. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $a \neq b$ pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foi observado efeito significativo ($p < 0,05$) das doses de nitrogênio sobre o diâmetro de coleto. A dose ótima para essa característica foi de 223,53 mg dm^{-3} de N (Figura 4).

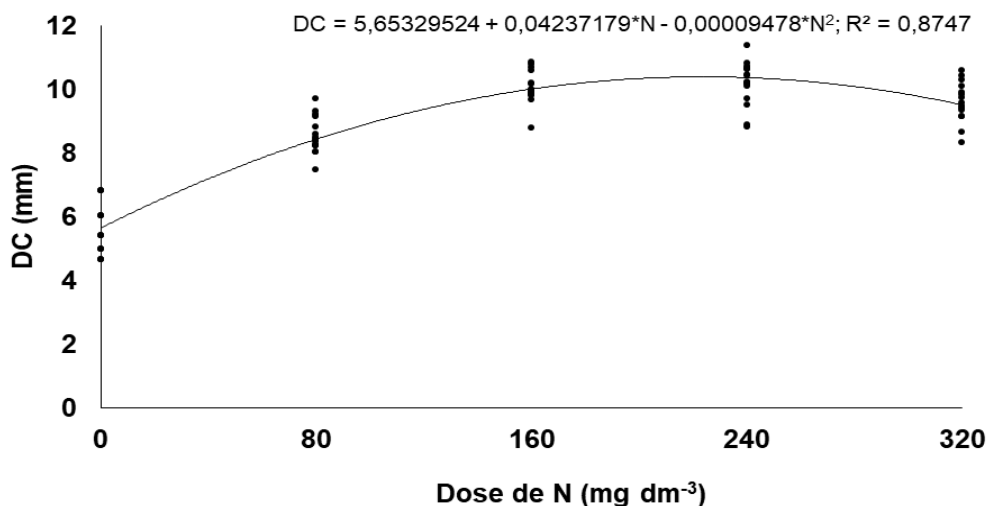


Figura 4 - Diâmetro de coleto (DC) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) aos 120 dias após a semeadura em resposta a doses de nitrogênio.

A ausência de adubação nitrogenada se mostrou limitante para o crescimento em altura de parte aérea e diâmetro de coleto das mudas de canafístula. As mudas que não receberam adubação nitrogenada (dose = 0 mg dm^{-3} de N) apresentaram média de altura de parte aérea igual a 18,5 cm, o que representa 38,9% do crescimento das mudas que receberam a dose de 250,39 mg dm^{-3} de N (melhor tratamento), 47,6 cm. De semelhante modo, as mudas que não receberam adubação nitrogenada apresentaram crescimento em diâmetro de coleto 54,4% inferior àquelas que receberam a dosagem ótima, 223,53 mg dm^{-3} de N (médias de 5,65 e 10,39 mm, respectivamente). Assim, a espécie foi considerada responsiva ao nitrogênio no seu crescimento inicial.

Os efeitos observados no crescimento em altura e diâmetro de coleto das plantas, em decorrência da aplicação de nitrogênio, são esperados, já que esse nutriente exerce várias funções nos vegetais (Gonçalves et al., 2008).

A altura de parte aérea é considerada uma excelente característica para a predição do crescimento inicial de mudas em campo. Trata-se de um atributo de fácil medição, cujo método de obtenção é do tipo não-destrutivo,

podendo ser utilizado com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais nos viveiros (GOMES e PAIVA, 2013).

A avaliação da altura de parte aérea das mudas, quando realizada de maneira isolada, pode resultar em transtornos ao silvicultor após o plantio em campo, quando houver mudas com alto valor de altura de parte aérea e baixo valor de diâmetro de coleto (DC) (mudas delgadas), as quais são suscetíveis ao tombamento (GASPARIN et al., 2014). Assim, é importante o uso de outros atributos morfológicos na avaliação da qualidade das mudas.

De acordo com Scalon et al. (2001), quanto mais alto for o valor do diâmetro de coleto de uma muda, melhor será a distribuição de fotoassimilados na sua parte aérea. O DC é uma das mais importantes características para estimar a sobrevivência de mudas de espécies arbóreas após o plantio em campo (GOMES e PAIVA, 2013).

Efeitos positivos da adubação nitrogenada sobre o crescimento de mudas de canafístula foram verificados, também, por alguns autores. Venturin et al. (1999), relataram que o crescimento em altura e diâmetro de coleto de mudas de canafístula foi limitado pela ausência de adubação nitrogenada. Existem relatos de que as doses de nitrogênio proporcionaram maior crescimento a mudas de canafístula (CRUZ et al., 2012; SOUZA et al., 2013). Em relação ao diâmetro de coleto, já foram descritos efeito quadrático (SOUZA et al., 2013) e efeito linear negativo das doses de nitrogênio (sendo recomendada, no segundo caso, a dose ótima de 50 mg dm^{-3} de nitrogênio, menor valor de dose testada) (CRUZ et al., 2012).

Assim como no presente trabalho, Soares et al. (2017), num estudo com mudas de canafístula, observaram ausência de efeito significativo de fontes de nitrogênio sobre altura de parte aérea e diâmetro de coleto. Para a altura de parte aérea, os autores observaram efeito linear positivo em relação às doses de nitrogênio e o valor máximo de altura foi obtido na dose máxima estudada, 200 mg dm^{-3} . De semelhante modo, para o diâmetro de coleto, foi observado efeito linear positivo. Assim, não foi possível pelos autores a determinação das doses ótimas para a adubação nitrogenada em relação a

essas características. Os resultados indicaram que as doses ótimas de adubação nitrogenada para a altura e o diâmetro de coleto da espécie deveriam ser encontradas em valores acima de 200 mg dm^{-3} de nitrogênio, fato comprovado no presente estudo.

Para a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto das mudas de canafístula, não se observou efeito da interação fontes x doses de nitrogênio ($p > 0,05$). Também não houve efeito das fontes de nitrogênio sobre essa relação ($p > 0,05$). As médias obtidas com o uso das três fontes foram consideradas iguais entre si ($p > 0,05$), com valores entre 3,99 (nitrato de cálcio) e 4,36 (sulfato de amônio) (Figura 5).

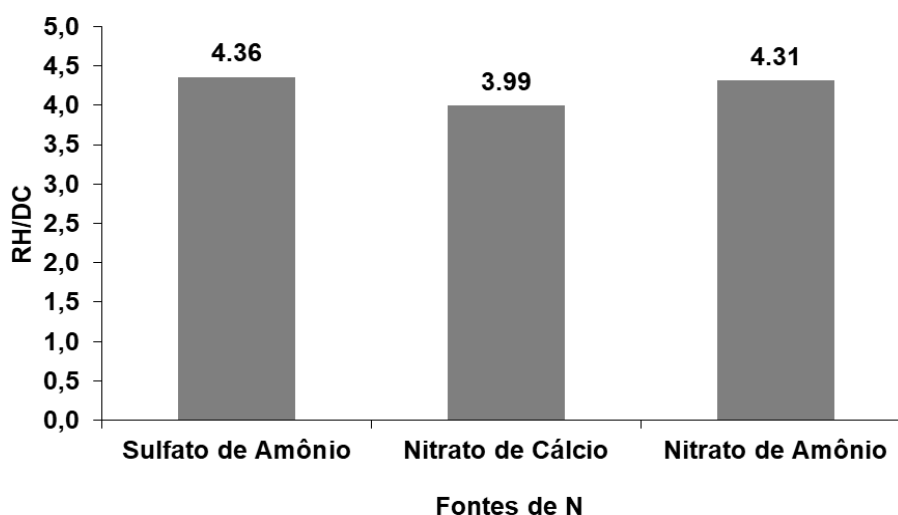


Figura 5 - Relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) avaliada aos 120 dias após a semeadura em resposta a fontes de nitrogênio.

Houve efeito das doses de nitrogênio sobre a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto ($p < 0,05$). Independentemente da fonte utilizada, o valor mínimo para essa característica foi obtido na situação de ausência de adubação nitrogenada (dose = 0 mg dm^{-3} de nitrogênio) (Figura 6). Entretanto, as mudas que não receberam adubação nitrogenada tiveram crescimento limitado, o que reforça a ciência de que essa característica, quando unicamente considerada, pode causar erros na avaliação de qualidade de mudas.

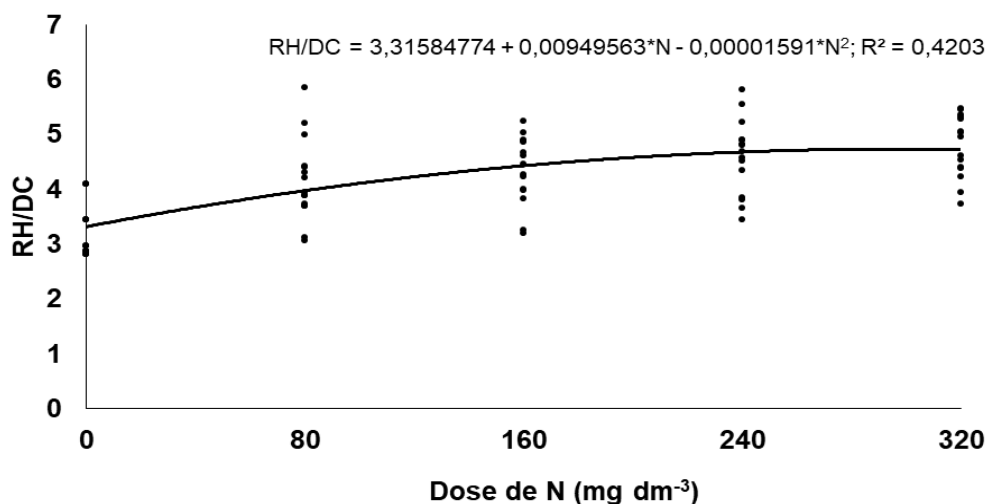


Figura 6 - Relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) aos 120 dias após a semeadura em resposta a doses de nitrogênio.

O quociente da relação entre a altura de parte aérea da muda e seu diâmetro de coleto (RH/DC) exprime o equilíbrio de crescimento e o quanto delgada está a muda (CARNEIRO, 1995). Ressalta-se que para um mesmo valor de altura de parte aérea, quanto menor o valor do RH/DC de uma muda, maior será a sua chance de sobrevivência após o plantio (GOMES e PAIVA, 2013).

Souza et al. (2013), na produção de mudas de canafístula, também verificaram efeito quadrático da adubação nitrogenada sobre a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto, aos 170 dias após a repicagem.

2.3.2. Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST)

Para a produção de massa de matéria seca de parte aérea, raízes e total não foi verificado efeito de fontes x doses de nitrogênio ($p > 0,05$).

Semelhantemente, não foi observado efeito de fontes de nitrogênio ($p>0,05$) (Figura 7).

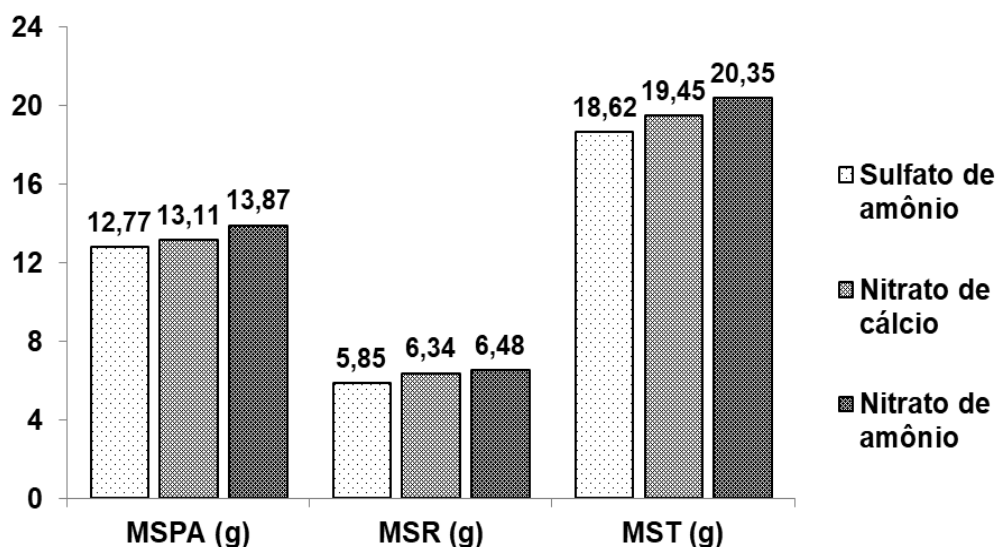


Figura 7 - Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) em resposta a fontes de nitrogênio aos 120 dias após a semeadura.

As doses de nitrogênio tiveram efeito positivo na produção de massa de matéria seca de parte aérea ($p<0,05$). A dose ótima foi $307,58 \text{ mg dm}^{-3}$ de nitrogênio, associado ao valor máximo para a característica, $19,73 \text{ g}$, independente da fonte utilizada (Figura 8).

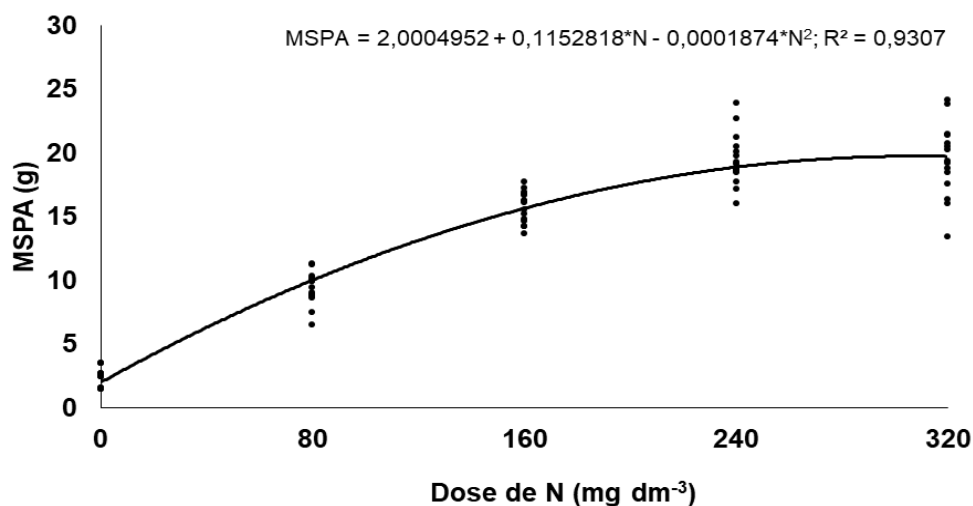


Figura 8 - Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) em resposta a doses de nitrogênio aos 120 dias após a semeadura.

O padrão exibido pelas médias de produção massa de matéria seca de raízes atesta a existência de doses de nitrogênio sobre essa característica ($p < 0,05$). A dose ótima foi 240,69 mg dm⁻³ de N, associada ao valor máximo da característica massa de matéria seca de raízes, 8,54 g (Figura 9).

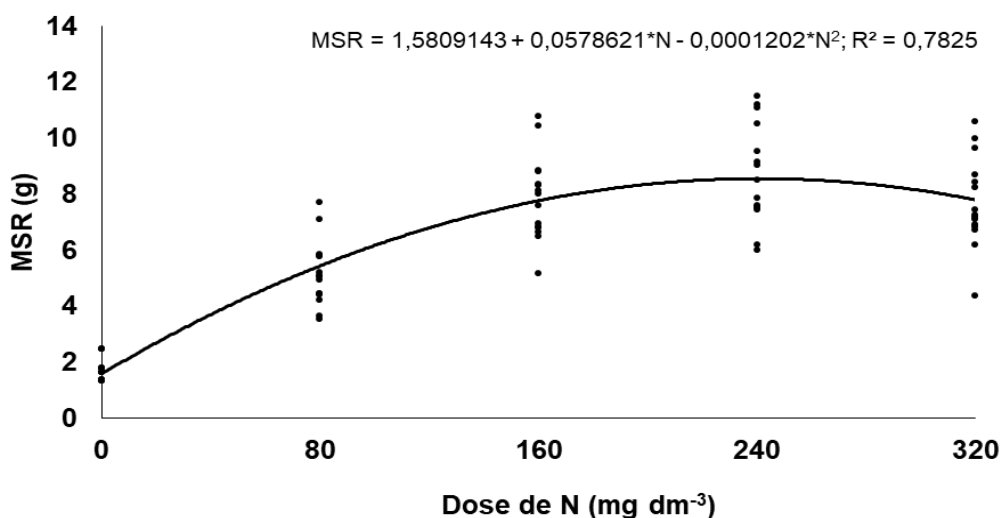


Figura 9 - Massa de matéria seca de raízes (MSR) de canafístula (*Peltophorum dubium*) aos 120 dias após a semeadura em resposta a doses de nitrogênio.

A dose ótima de adubação nitrogenada, definida como 281,44 mg dm⁻³ de N está relacionada a uma produção de massa de materia seca total igual a 27,95 g (Figura 10).

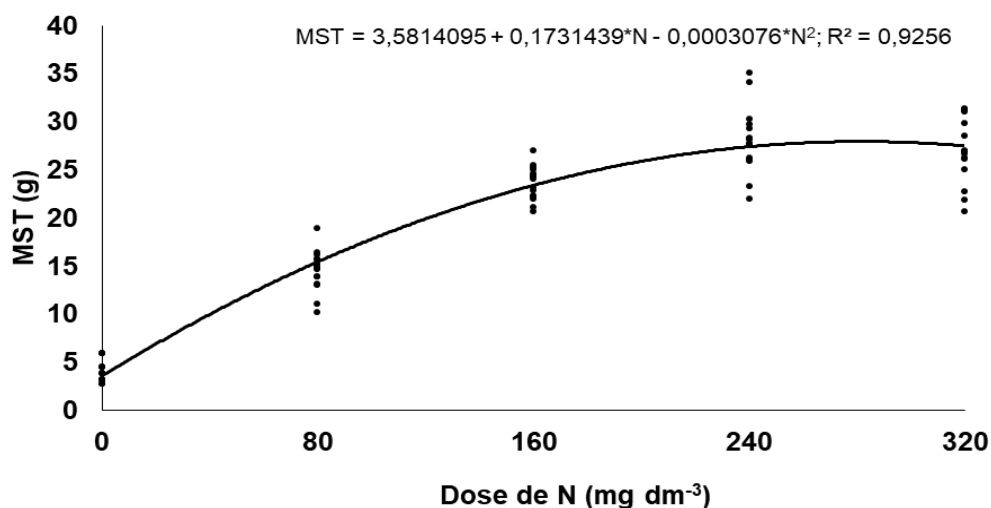


Figura 10 - Massa de matéria seca total (MST) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) aos 120 dias após a semeadura em resposta a doses de nitrogênio.

A produção de massa de matéria seca das mudas está associada à sua qualidade (GOMES e PAIVA, 2013). A massa de matéria seca de parte aérea é considerada como bom indicativo de capacidade de resistência a adversidades ambientais pelas plantas (MORGADO et al., 2000), enquanto a massa de matéria seca de raízes está relacionada à sobrevivência ao plantio em campo (GOMES e PAIVA, 2013). Para mudas de boa qualidade, são desejáveis os maiores valores possíveis para as características mencionadas, os quais resultam nos maiores valores possíveis para a produção de massa seca total.

De modo geral, pode-se afirmar que as mudas de canafístula, aos 120 dias após a semeadura, apresentaram resposta positiva em relação à aplicação de nitrogênio, acerca da produção total e da distribuição de matéria seca. A produção de massa das mudas foi limitada pela ausência de aplicação de nitrogênio ao substrato.

As mudas de canafístula que não receberam adubação nitrogenada (dose = 0 mg dm⁻³) tiveram produção de apenas 10,1% de massa de matéria seca de parte aérea em relação às que receberam 307,58 mg dm⁻³, dose associada à máxima MSPA (médias iguais a 2,00 g e 19,73 g, respectivamente).

Em relação à massa de matéria seca de raízes, as mudas de canafístula que não receberam adubação nitrogenada (dose = 0 mg dm⁻³) tiveram produção de 18,5% comparadas às que receberam 240,69 mg dm⁻³, dose ótima para a MSR (médias iguais a 1,58 g e 8,54g, respectivamente).

De maneira semelhante às características anteriores, a produção de massa de matéria seca total pelas mudas também foi limitada pela ausência de adubação nitrogenada. A massa total produzida pelas mudas sem aplicação de nitrogênio foi de 3,58 g, 12,8% da produção das mudas com maior MST, 27,95 g, na dose de 281,44 mg dm⁻³ de nitrogênio.

A importância da adubação nitrogenada para a canafístula também foi verificada por Venturin et al. (1999), onde a omissão do nitrogênio afetou a produção de massa de matéria seca de parte aérea das mudas. Nesse trabalho, o não fornecimento de nitrogênio também limitou o crescimento das raízes, havendo baixa produção de massa de matéria seca total das mudas. Em contrapartida um estudo mostrou que a adubação nitrogenada teve efeito linear negativo sobre a MSPA, MSR e MST de mudas de canafístula (CRUZ et al., 2012). Nesse estudo houve recomendação de dose ótima de 50 mg dm⁻³ de nitrogênio, considerando essas características, porém, os resultados sugerem que doses menores devem favorecer a produção de massa pelas mudas.

Posteriormente, também não se observou efeito de fontes de nitrogênio em mudas de canafístula para a produção de massa de tecido vegetal (SOARES et al., 2017). No trabalho dos autores, a MSR e a MST também apresentaram efeito quadrático das doses de nitrogênio, sendo determinada a dose ótima para a primeira característica, 177 mg dm⁻³ de nitrogênio. A maior média de produção de MST, entretanto, ocorreu quando a dose administrada foi de 200 mg dm⁻³, valor máximo testado. Já em relação às doses de N, para a MSPA, os autores verificaram efeito positivo linear, não sendo possível a determinação da dose ótima, a qual se encontra acima de 200 mg dm⁻³, maior dose de N estudada.

Os resultados do presente estudo complementam o estudo de Soares et al. (2017), já que houve indicação pelos autores de que os valores ideais de

adubação nitrogenada para as características produção de massa de matéria seca de parte aérea e massa seca total seriam encontrados em doses acima de 200 mg dm^{-3} .

2.3.3. Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD)

As relações altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) não foram influenciados pela interação fontes x doses de nitrogênio, nem pelas fontes de nitrogênio utilizadas ($p > 0,05$) (Figura 11).

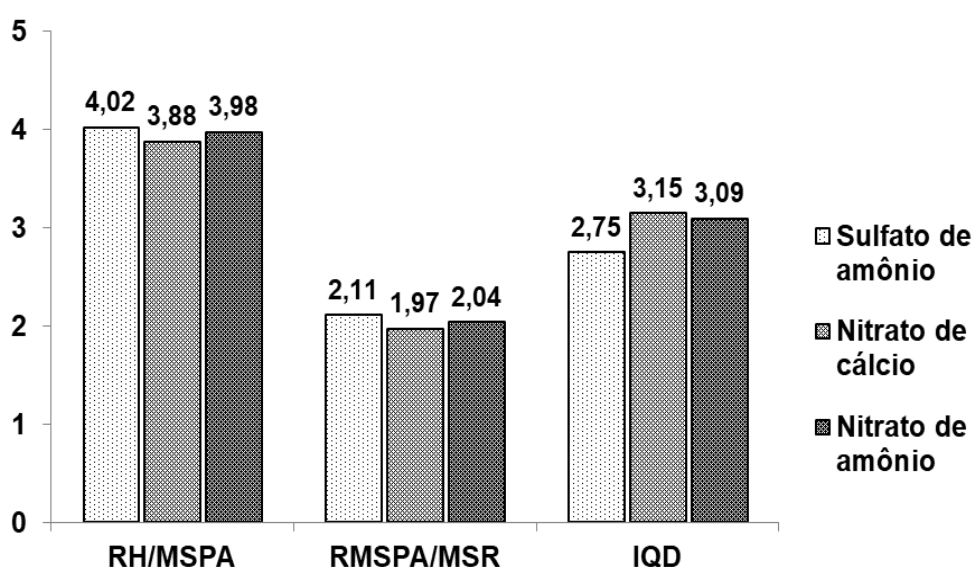


Figura 11 - Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) aos 120 dias após a semeadura em resposta a fontes de nitrogênio.

As médias observadas para a RH/MSPA, RMSPA/MSR e para o IQD foram consideradas iguais pelo teste F ($p > 0,05$). Os valores obtidos para o IQD das mudas de canafístula foram 2,75 (sulfato de amônio), 3,15 (nitrato de cálcio) e 3,09 (nitrato de amônio).

A respeito do efeito de doses de nitrogênio sobre a relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea, verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$), sendo o menor valor obtido igual a 1,94, associado à dose ótima de $237,97 \text{ mg dm}^{-3}$ de N (Figura 12):

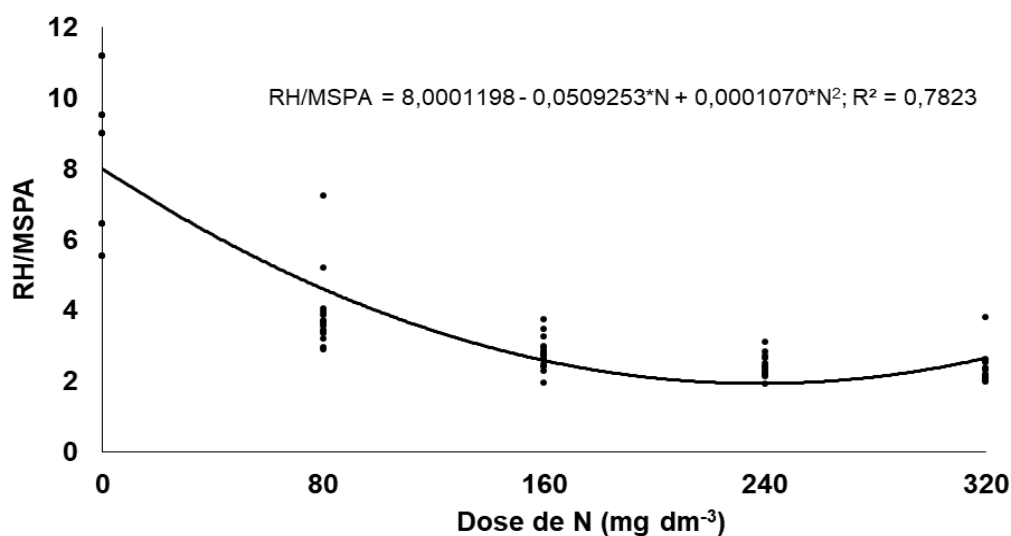


Figura 12 - Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) aos 120 dias após a semeadura em resposta a doses de nitrogênio.

A relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea é um índice que expressa a capacidade de sobrevivência da muda em campo, em especial, sua resistência a geadas, seca e ventos (HAASE, 2008). Quanto menor for esse índice, mais lenhificada será a muda e maiores deverão ser suas chances de sobrevivência após o plantio (GOMES e PAIVA, 2013).

Comportamento diferente foi observado em mudas de canafístula para a RH/MSPA, onde as doses de adubação nitrogenada induziram um efeito significativo do tipo linear positivo, sendo o menor valor de média obtido na dose de 0 mg dm^{-3} de nitrogênio (CRUZ et al., 2012). Soares et al. (2017) não

relataram os efeitos de doses e fontes de nitrogênio na relação altura de parte aérea / diâmetro coleto no seu trabalho com mudas de canafístula.

Para a relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes, acerca das doses de nitrogênio, verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$), do tipo linear positivo. O valor considerado como ideal (2,0), está associado a uma dose ótima de $148,68 \text{ mg dm}^{-3}$ de N (Figura 13):

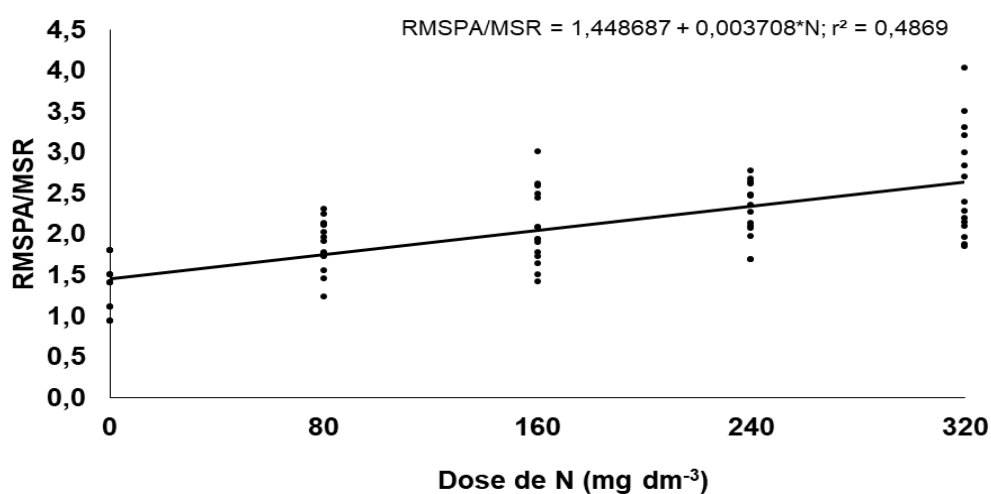


Figura 13 - Relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) aos 120 dias após a semeadura em resposta a doses de nitrogênio.

A relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) indica a estratégia de distribuição de carbono entre a parte aérea (sistema fotossintético) e as raízes (sistema de absorção de água e nutrientes) (ABREU, 2018). Plantas que possuem baixos valores desse índice possuem proporção adequada entre o desenvolvimento de parte aérea e radicular, o que é importante para a sua qualidade (BARBOSA et al., 1997). Pesquisadores, em um encontro, estabeleceram 2,0 como valor ideal para a RMSPA/MSR (BRISSETE, 1984, citado por CRUZ, 2007).

Para mudas de canafístula, outros autores também não observaram efeito significativo de fontes de nitrogênio sobre a RMSPA/MSR (SOARES et al., 2017).

Em relação às doses de nitrogênio, foi verificado efeito quadrático para a RMSPA/MSR de mudas de canafístula (SOARES et al., 2017; SOUZA et al., 2013). Porém, nesses trabalhos, os resultados encontrados não possibilitaram a determinação de uma dose ótima, associada a uma RMSPA/MSR igual a 2,0.

A adubação nitrogenada favoreceu a qualidade das mudas de canafístula, de acordo com os IQD observados (Figura 14), sendo esse índice influenciado pelas doses de nitrogênio ($p < 0,05$). A dose ótima foi de 241,49 mg dm^{-3} de N, sendo o maior valor igual a 4,08.

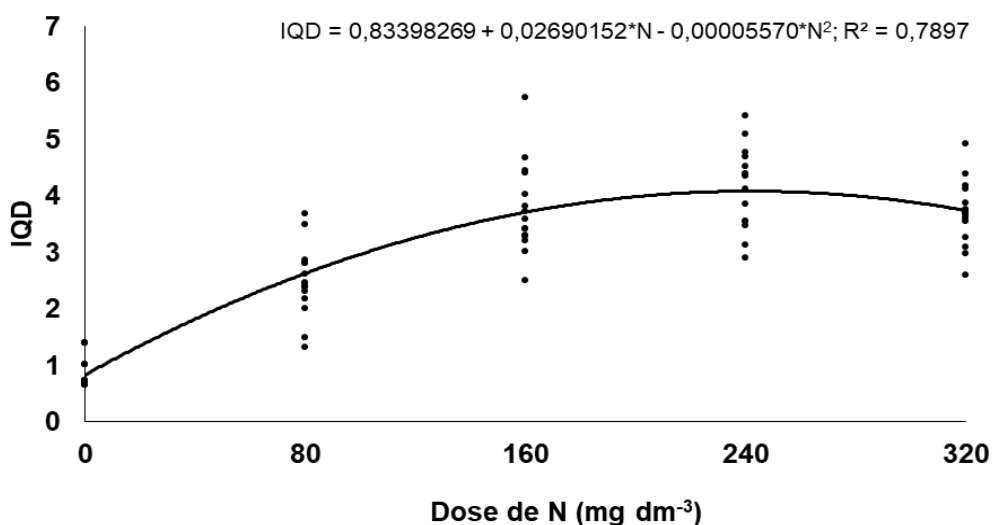


Figura 14 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) aos 120 dias após a semeadura em resposta a doses de nitrogênio.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD), elaborado por Dickson et al. (1960), em um estudo sobre o comportamento de mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola*, é um dos mais utilizados na avaliação de qualidade de mudas. Devido à consideração da robustez e do equilíbrio de partição de massa entre diferentes órgãos da planta, através da utilização de características morfológicas como altura de parte aérea, diâmetro de coleto, massa de matéria seca de parte aérea e massa de matéria seca de raízes, o Índice de Qualidade de Dickson é considerado eficiente na predição da qualidade de mudas (GOMES e PAIVA, 2013; MELO e CUNHA, 2008). Mudas de maior qualidade apresentam maiores valores de IQD.

A ausência de efeito de fontes de nitrogênio sobre o IQD de mudas de canafístula já foi observada previamente (SOARES et al., 2017) . No que se refere ao efeito de doses de nitrogênio, os autores relataram efeito linear para o IQD, sendo o valor máximo encontrado igual a 7,2. Porém, os autores não determinaram uma dose ótima para esse índice, havendo indicação de que tal dose deveria ser encontrada em valor acima da maior dose estudada, 200 mg dm⁻³, fato verificado no presente trabalho. Em contrapartida, Cruz et al. (2012) descreveram efeito linear negativo sobre o IQD de mudas de canafístula em relação a doses de nitrogênio, havendo a recomendação, levando apenas esse índice em consideração, da menor dose testada, 50 mg dm⁻³ de nitrogênio.

2.4. Conclusões e recomendação

A aplicação de nitrogênio mineral favorece o crescimento e a qualidade das mudas de canafístula. A espécie pode ser considerada responsiva ao nitrogênio na sua fase inicial de crescimento.

Mudas de canafístula com maior crescimento e melhor qualidade são obtidas com a aplicação de nitrogênio variando entre 146,68 e 308 mg dm⁻³.

Considerando-se as doses ótimas de adubação nitrogenada para altura de parte aérea, massa de matéria seca total e Índice de Qualidade de Dickson, recomenda-se para produção de mudas de canafístula 260,00 mg dm⁻³ de nitrogênio, administrado igualmente em cinco aplicações, aos 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a semeadura, independente da fonte (sulfato de amônio, nitrato de cálcio ou nitrato de amônio).

Referências Bibliográficas

- ABREU, G.M. **Adubação fosfatada e microrganismos simbiotes na produção de mudas de mangaba e mama-cadela**. 2018, 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.
- ALVAREZ V., V. H. DIAS, L.E.; BATISTA LEITE, P.; SOUZA, R.B.D.; SILVA RIBEIRO JÚNIOR, E. Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.1, p.111-119, 2006.
- ANDRADE, R. H. M.; FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; MEDEIROS, R. A. ADUBAÇÃO FOSFATADA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Cassia ferruginea* E *Cassia grandis*. **Nucleus**, Ituverava, v. 15, n. 1, p. 41-50, 2018.
- BALIEIRO, F.C.; OLIVEIRA, I.G.; DIAS, L.E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.2, p.183-191, 2001.
- BARBOSA, Z.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Fósforo e zinco na nutrição e crescimento da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) I. Características de crescimento das plantas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 196-204, 1997.
- BATISTA, F.J.A.; ARAÚJO NETO, J.R.; PALÁCIO, H.A.Q.; COSTA, G.B.R.; SALES, M.M. Impacto da ação antrópica na degradação da mata ciliar do trecho perenizado do Rio Trussu, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 3. n. 5, p. 189-197, 2016.
- BERTOLINI, I. C.; BRUN, E. J.; e DEBASTIANI, A. B. Caracterização silvicultural da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, p. 67-76, 2015.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 2. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.376-449.
- CARNEIRO, J.G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR / FUPEF / UENF, 1995. 451 p.
- CARVALHO, M.M. Ações visando recuperação de áreas de pastagens degradadas. In: ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 1., Viçosa, 1997. **Anais...** Viçosa, MG: CMCN / DEF / UFV, 1997. p. 202 – 206. 488 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.

CARVALHO, R.R. **Canafístula**. Colombo: Embrapa, 2002. 15p. (Circular Técnica n.64).

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A.; NEVES, J.C.L. Crescimento e qualidade de mudas de Fedegoso cultivadas em latossolo vermelho-amarelo em resposta a macronutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, n.89, p.21-33, 2011.

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

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

CRUZ, C.A.F.; **Produção de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng). Taub (canafístula) e *Senna macranthera* (DC. ex Collad) H.S. Irwine Barnaby (fedegoso) em resposta a macronutrientes**. 2007. 213f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.

DIAS, M. J.T.; SOUZA, H. A.; NATALE, W.; MODESTO, V. C.; ROZANE, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1 p. 2837-2847, 2012.

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

FONSECA, F. A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. E *Mimosa artemisiana* Heringer e Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas**. 2005. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Seropédica.

FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n.2, p. 509-519, 2017.

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

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

GASPARIN, E.; AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

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

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

GONÇALVES, E.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. sob diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 273-286. 2013.

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters' Notes**, Washington, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 4.ed. vol 2, Nova Odessa: Plantarum, 2002. 202p.

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

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

MARQUES, L. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; SOUZA, P. H. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoachanta* J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.81-92, 2009.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares.** 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 255p.

MATTEI, V. L.; ROSENTHAL, M. D. Semeadura direta de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) taub.) no enriquecimento de capoeiras. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.649-654, 2002.

MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Wild.) sob diferentes níveis de luminosidade. **Ambiência**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 67-77, 2008.

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. D. A.; LELES, P. D. S.; BARROSO, D. G. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 27-33, 2000.

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

PIROLI, E. L., CUSTÓDIO, C. C., ROCHA, M. R. V. D., e UDENAL, J. L. Germinação de sementes de canafístula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. tratadas para superação da dormência. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.13-18, set. 2005.

RUCHEL, A.R. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da Floresta Estacional Decidual do alto Uruguai. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.1, p.153-166, 2003.

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.652-655, 2001.

SOARES, C. B.; FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L. Nitrogen sources and doses on growth and quality of seedlings of *Cassia grandis* and *Peltophorum dubium*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 2, 2017.

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

SOUZA, R.S.; FERNANDES, M.S. In: FERNANDES, M.S.M. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2006. p.215-244.

SILVA, F.C.; FONSECA, E.P.; SOARES-SILVA, L.H.; MULLER, C.; BIANCHINI, E. Composição florística e fitossociologia do componente arbóreo das florestas ciliares da Bacia do Rio Tibagi. **Pro Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v.9, n.2, p.289-302, 1995.

TUCCI, C.A.F.; LIMA, H.N.; LESSA, J.F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 289-293, 2009.

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

WILLIAMS, L.E.; MILLER, A.J. *Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes*. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p.659-88, 2001.

3. **CAPÍTULO 2: Crescimento e qualidade de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em resposta a fontes e doses de nitrogênio**

Resumo

Psidium guajava L., conhecida vulgarmente como goiabeira, é uma espécie nativa, frutífera, do grupo ecológico das pioneiras, pertencente à família Myrtaceae, presente em amplas áreas tropicais e subtropicais do planeta. Trata-se de uma espécie considerada indispensável em plantios para recuperação de áreas degradadas, especialmente, em matas ciliares, devido à sua rusticidade e à apreciação da fauna pelos seus frutos. A produção de mudas é uma das fases mais importantes para projetos de reflorestamento, pois, o sucesso do empreendimento depende do estabelecimento das plantas em campo, e esse depende da utilização de mudas de qualidade. O fornecimento adequado de nutrientes às plantas é fundamental ao seu ciclo de vida. Num cenário onde o substrato utilizado para a produção de mudas não é capaz de atender à demanda de nutrientes pelo vegetal, a adubação se faz necessária. Neste estudo foram avaliados o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em função de fontes e doses de nitrogênio (N). O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado com cinco repetições de 15 tratamentos, compostos por três fontes de N: sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, nitrato de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ e nitrato de amônio (NH_4NO_3) , e cinco doses de nitrogênio (0, 80, 160 240 e 320 mg dm^{-3}), em esquema fatorial. O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura argilosa. Decorridos 125 dias após a repicagem foram medidas a altura de parte aérea (H), o diâmetro de coleto (DC), as massas de matéria seca de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSRA) e calculadas a massa seca total (MST), as relações H/MSPA, H/DC, MSPA/MSRA, e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A aplicação de N mineral influenciou positivamente o crescimento e a qualidade das mudas de goiabeira. Não houve efeito

significativo de fontes de N sobre as características morfológicas avaliadas. Em relação às doses de N, houve efeito significativo em todas as características avaliadas, cujas médias foram maiores entre as dosagens de 231 e 285 mg dm⁻³ de N, excetuando-se a RH/DC, que teve valor máximo na dose de 0 mg dm⁻³ de N. Recomenda-se adubação nitrogenada na dose de 270 mg dm⁻³ de N, com aplicação igualmente parcelada aos 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a repicagem, utilizando-se de qualquer uma das fontes de N testadas para a produção de mudas de goiabeira.

Palavras-chave: nutrição florestal, espécies florestais nativas, espécies arbóreas nativas, qualidade de mudas.

3.1 Introdução

Originária da América Tropical, onde ainda pode ser encontrada em estado silvestre (MENZEL, 1985), a goiabeira, *Psidium guajava* L., é uma árvore nativa frutífera (PEREIRA e ANDRADE, 1994) do grupo ecológico das pioneiras (SCHORN e GALVÃO, 2006) e pertencente à família das Myrtaceae (ZIETEMANN e ROBERTO, 2007). Sua capacidade de rápida dispersão, adaptação e produção em diferentes ambientes possibilitaram sua presença em amplas áreas tropicais e subtropicais do planeta (MELETTI, 2000; MANICA, 2001).

A goiabeira é amplamente cultivada em diversas áreas do Brasil, destacando-se entre as frutíferas de maior valor econômico, devido à grande aceitação de seus frutos nos mercados interno e externo (PONTIKIS, 1996; FREITAS e ALVES, 2008). Seus frutos, as goiabas, são do tipo baga, formados por um pericarpo e uma polpa espessa e róseo-avermelhada (PEREIRA et al., 2003), com inúmeras pequenas sementes (ESCRIG et al., 2001). Dotada de notável sabor e alto valor nutricional (FRANCISCO et al., 2005), a goiaba apresenta excelentes características para consumo in natura e processamento industrial (ZIETEMANN e ROBERTO, 2007). A madeira da goiabeira, outrora muito utilizada na construção aeronáutica, é empregada para esteios, mourões, cabos de ferramentas, cangalhas e cangas (LORENZI, 1992). A espécie possui uso medicinal de suas raízes, cascas, brotos e folhas, onde há a presença de compostos capazes de promover ações antimicrobianas, antimutagênicas, hipoglicêmicas e antioxidantes naturais, dentre outras (ESCRIG et al., 2001; IHA et al., 2008).

A goiabeira é considerada indispensável em plantios mistos com destino à recomposição de áreas degradadas, sendo classificada como apta para plantios de recuperação de matas ciliares, devido à grande apreciação da fauna pelos seus frutos (LORENZI, 1992; MARTINS, 2007). Dentre as áreas em processo de degradação no país, destacam-se as matas ciliares.

As matas ciliares, também denominadas como florestas ribeirinhas, e definidas por Rodrigues e Leitão Filho (2001) como “florestas ocorrentes ao longo dos cursos d’água e no entorno das nascentes”, têm tido intensa

perturbação, especialmente quando se encontram próximas aos centros urbanos, em função de desmatamento, despejo de esgoto doméstico e industrial, desvio e canalização de riachos e córregos e erosões urbanas devido à intensa impermeabilização do solo que resultam no aumento de escoamento superficial (CARDOSO-LEITE et al., 1995).

Essas áreas são de suma importância na proteção de mananciais, onde a vegetação das matas ciliares controla a chegada de nutrientes, sedimentos e a erosão das ribanceiras e interfere na absorção e interceptação da radiação solar, participando da determinação das variações térmicas da água e de suas características químicas e biológicas (CARDOSO-LEITE et al., 1995). Apesar do reconhecimento da importância do papel ecológico desempenhado pelas matas ciliares, no ano de 2006 estimava-se que a existência de áreas marginais a cursos d'água sem vegetação ciliar era superior a 1,3 milhão de hectares, indicando expressiva necessidade de recuperação (BARBOSA, 2006).

Ciente do cenário ambiental atual, a sociedade tem demonstrado preocupação em preservar áreas remanescentes e reintroduzir espécies nativas em locais degradados pela utilização do solo para fins agrícolas, construção civil e mineração (FERNANDES et al., 2000). No Brasil, projetos de reflorestamento com o plantio de espécies nativas são essenciais para o restabelecimento do equilíbrio ambiental de áreas degradadas, visto que a regeneração natural, em alguns casos, não se mostra capaz de recuperar satisfatoriamente a cobertura vegetal previamente existente em determinadas áreas (MARTINS, 2007).

A produção de mudas é uma das fases mais relevantes para projetos de reflorestamentos com finalidades comerciais ou ambientais (FREITAS, 2013). Mudas de goiabeira podem ser obtidas por via sexuada ou assexuada (CORREIA et al., 2005). No Brasil, o processo de propagação em escala comercial é predominantemente do tipo assexuada, realizada por meio de estacas de ramos herbáceos (MANICA, 2001). Este tipo de propagação é imprescindível para a rápida formação, início precoce de produção,

homogeneidade e alta produtividade das árvores de goiabeira (FRANCO et al., 2008).

Por outro lado, a propagação por sementes resultantes da polinização natural (sexuada) gera descendentes com alta heterogeneidade quanto à forma, hábito de crescimento, estatura de plantas, produtividade e características dos frutos (TAVARES et al., 1995). Esses autores afirmam que a propagação sexuada (seminal) da goiabeira se caracteriza por facilidade e velocidade de obtenção de mudas, sendo recomendada para estudos de melhoramento genético, produção de porta enxertos (CORREIA et al., 2005) e recuperação de áreas degradadas.

O potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio de uma muda em campo está relacionado à sua qualidade. O plantio de mudas de boa qualidade pode dispensar o replantio e reduzir a demanda por tratamentos culturais de manutenção. Uma muda de boa qualidade deve ser vigorosa, com folhas de coloração e tamanho típicos da espécie e bom estado nutricional (CRUZ et al., 2006).

O fornecimento adequado de nutrientes às plantas tem função fundamental no seu ciclo de vida, já que os nutrientes participam e compõem relevantes processos de seu metabolismo, como ativação / regulação de enzimas e produção de compostos orgânicos (GONÇALVES et al., 2013). Atributos morfológicos relacionados à qualidade de mudas como o crescimento em altura, diâmetro e produção de massa seca em viveiro dependem de que o substrato forneça os nutrientes necessários à espécie (CECONI et al., 2006). No entanto, em muitas vezes se faz necessária a utilização de fertilização mineral, devido ao fato do substrato não apresentar capacidade de fornecimento dos nutrientes em quantidades adequadas ao crescimento pleno das mudas (SCHEER et al., 2010).

Apesar do reconhecimento da importância da fertilização mineral para a produção de mudas, existem dificuldades quanto à sua correta utilização. Neves (1983) reitera que o frequente insucesso das recomendações de adubação para determinada cultura baseadas em resultados de experimentos

obtidos para outras é explicado por fatores como as diferentes condições e hábitos das espécies, bem como suas exigências nutricionais. Sabe-se que a goiabeira, em condições naturais, é uma planta pouco exigente em termos de fertilidade do solo (MIKAMI et al., 2000), porém Gonçalves et al. (1986) afirmam que deve-se conhecer as quantidades adequadas de cada nutriente demandado pela espécie para uma recomendação de adubação eficiente.

Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) é mais exigido pelas culturas (MARSCHNER, 2012) e sua nutrição, quando adequada, melhora os teores foliares de N e outros elementos, especialmente fósforo (P), colaborando para o aumento em produção e crescimento (BOVI et al., 2002). O nitrogênio possui importância para o metabolismo das plantas, pois é constituinte de inúmeros componentes da célula vegetal, dentre eles, ácidos nucleicos, aminoácidos e moléculas de clorofila (TAIZ e ZEIGER, 2007; MARSCHNER, 2012). Cantarella (2007) afirma que há respostas importantes das culturas ao nitrogênio, nutriente altamente restritivo à produção inicial de biomassa, tanto em espécies agrícolas quanto florestais.

Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) sob influência de doses e fontes de nitrogênio.

3.2. Material e métodos

O experimento foi conduzido, em sua fase inicial, em casa de sombra e, subsequentemente, em casa de vegetação, no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, no período de dezembro de 2017 a março de 2018. A espécie utilizada foi a goiabeira (*Psidium guajava*), cujas sementes foram fornecidas pela Sociedade de Investigações Florestais (SIF).

A terra de subsolo utilizada como substrato para a produção das mudas foi coletada cerca de 40 cm abaixo da camada superior de um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, em Viçosa, MG. Essa terra de

subsolo, não esterilizada, foi submetida a secagem ao ar e peneiramento em malha de 5 mm.

A calagem, utilizada na correção de pH de solos, promove a diminuição das concentrações tóxicas de Al e Mn, o aumento na capacidade de troca catiônica (importante para a manutenção dos cátions que são nutrientes para as plantas), e contribui também com o fornecimento de Ca e Mg (CARNEIRO, 1995; MALAVOLTA, 1980). Assim, foi efetuada correção de acidez, utilizando-se de uma mistura de carbonato de cálcio (CaCO_3) e composto de magnésio [$\text{Mg}(\text{OH})_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$] na proporção de quatro partes para uma parte, respectivamente. A necessidade de calagem (NC, em toneladas por hectare) foi calculada com base nos resultados da análise de caracterização química do solo (Tabela 1), elevando-se a saturação por bases até o nível de 60% (Marques et al., 2009), sendo: $\text{NC (t/ha)} = (\text{V2-V1}) \text{CTC (T)} / 100$, em que V2 é a porcentagem de saturação por bases desejada, V1 é a porcentagem de saturação por bases do solo, conforme análise, e CTC (T) é a capacidade de troca catiônica em pH = 7,0.

Tabela 1 - Características químicas da amostra do solo utilizada para a produção de mudas de goiabeira (*P. guajava*)

| pH | P | K | Al ³⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | SB | CTC(t) | CTC(T) | V | m | MO |
|------------------|---------------------|---|------------------------------------|------------------|------------------|------|------|--------|--------|-----|----------------------|------|
| H ₂ O | mg dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | | | | | | % | | dag kg ⁻¹ | |
| 4,79 | 0,7 | 6 | 0,92 | 0,11 | 0,01 | 3,93 | 0,14 | 1,06 | 4,04 | 3,5 | 86,8 | 1,66 |

pH em água – Relação 1: 2,5; P e K – Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; H+ Al – Extrator CaOAc 0,5 mol L⁻¹. pH 7,0; SB = Soma de bases; CTC(t) = Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) = Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; Matéria orgânica (MO) = C.org x 1,724 – Método Walkley – Black.

Após a adição dos corretivos, a terra de subsolo permaneceu incubada por 30 dias, com manutenção do teor de umidade próximo à capacidade de campo. Após esse período, foi acondicionada em vasos com capacidade para 1,5 dm³ (11,9 cm de altura x 7,5 cm de raio de topo x 5,1 cm de raio de fundo).

Por meio de incorporação ao substrato, foi efetuada adubação de base com macronutrientes, contendo as seguintes doses 300 mg dm^{-3} de fósforo (P) 100 mg dm^{-3} de potássio (K), de acordo com Passos (1994). Superfosfato simples (18% P_2O_5) e KCl (52,45% K) foram utilizados como fontes de P e K, respectivamente. Para a adubação de base de micronutrientes, foi utilizada a solução recomendada por Alvarez V. et al. (2006), composta por boro (B) = $0,81 \text{ mg dm}^{-3}$ (H_3BO_3), cobre (Cu) = $1,33 \text{ mg dm}^{-3}$ ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), molibdênio (Mo) = $0,15 \text{ mg dm}^{-3}$ [$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$], manganês (Mn) = $3,66 \text{ mg dm}^{-3}$ ($\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e zinco (Zn) = $4,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

A semeadura foi realizada em canteiro (sementeira), e, após a germinação, foi realizada repicagem, transplantando-se três plântulas para cada vaso com substrato adubado. Os vasos com as plântulas permaneceram em estrutura de casa de sombra por 30 dias. Após esse período, foram transportados para casa de vegetação onde se realizou operação de raleio, optando-se pelo cultivo de apenas uma muda. Durante o período experimental, a umidade do substrato permaneceu em torno 60% da capacidade de campo, sendo a irrigação realizada quando necessária, de acordo com monitoramento diário.

Os tratamentos consistiram de combinação (fatorial) de três fontes de nitrogênio (N): sulfato de amônio [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$], nitrato de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] e nitrato de amônio (NH_4NO_3), e cinco doses de N (0, 80, 160, 240 e 320 mg dm^{-3}), via solução, parceladas em cinco porções iguais aos 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a repicagem. Como tratamento controle, cultivaram-se mudas sem adição das fontes de nitrogênio mencionadas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições, totalizando 65 vasos com mudas da espécie (unidades experimentais).

Foi realizada realeitorização do arranjo espacial dos vasos nas bancadas, por meio de sorteio aleatório, a cada 15 dias, a fim de reduzir os efeitos de fatores ambientais porventura existentes na casa de vegetação, como temperatura e luminosidade.

Na ocasião do término da condução do experimento (120 dias após a repicagem) foi realizada a coleta de informações sobre as características morfológicas das mudas: altura de parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST).

A altura de parte aérea das mudas (H) foi obtida com o uso de régua milimetrada, medindo-se do nível do substrato até o ápice da muda, especificamente, na última inserção foliar. O diâmetro de coleto (DC) foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital. O material vegetal foi coletado e submetido a secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 60°C, até a condição de massa constante, para obtenção da massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e da massa de matéria seca de raízes (MSR). A massa de matéria seca total (MST) é resultante da soma de MSPA e MSR.

A obtenção das informações sobre as características morfológicas das mudas permitiu o cálculo das relações: altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC), altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), apresentado na fórmula (DICKSON et al., 1960):

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

O modelo estatístico do experimento, instalado no delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial, foi:

$$Y_{kij} = m + F_k + D_i + (FD)_{ki} + e_{kij}, \text{ em que:}$$

Y_{kij} = valor observado da característica estudada (H, DC, MSPA, MSR, MST, RH/DC, RH/MSPA, RMSPAMSR e IQD), na fonte k e dose i, k = $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e NH_4NO_3 ;

F_k = efeito da fonte k;

D_i = efeito da dose de nitrogênio D, na repetição j, j = 1,2,3,4,5;

$(FD)_{ki}$ = efeito da interação F x D;

e_{kij} = erro associado à observação Y_{kij} , isto é, efeito dos fatores não controlados sobre a observação Y_{kij} . $e_{kij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Para cada característica, foram avaliadas as seguintes hipóteses:

$H_{0(1)} = F_1 = F_2 = F_3$; $H_{a(1)}$: não $H_{0(1)}$

$H_{0(2)} = D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = D_5$; $H_{a(2)}$: não $H_{0(2)}$;

$H_{0(3)} = F_1D_1 = F_1D_2 = F_1D_3 = \dots = F_3D_5$; $H_{a(3)}$ = não $H_{0(3)}$.

Quando significativos pelo teste F (ANOVA), os efeitos de fontes de N, ($H_{0(1)}$), foram avaliados pelo teste Tukey, a 5% de significância. Os efeitos de doses de nitrogênio ($H_{0(2)}$) foram avaliados por meio de regressão, empregando o modelo quadrático $Y_{kij} = \beta_0 + \beta_1D_i + \beta_2D_i^2 + e_{kij}$. As equações estimadas para cada característica (variável) foram avaliadas com base no coeficiente de determinação ajustado para os graus de liberdade e significância das estimativas dos parâmetros, nesse caso, pelo teste t a 5% de significância. As doses ótimas de nitrogênio foram obtidas a partir de $dY/dD = 0$, resultando em: dose ótima de N = $-\beta_1/2\beta_2$. Todas as análises foram realizadas com uso dos softwares R, disponível em <http://www.r.project.org/> e Microsoft Excel.

3.3. Resultados e discussão

No quadro de resumo da análise de variância das características e índices de qualidade avaliados verifica-se que não houve efeito significativo da interação fontes x doses de nitrogênio e das fontes de nitrogênio sobre as mudas ($p > 0,05$), com exceção do diâmetro de coleto. Contudo, foi constatado efeito significativo ($p < 0,05$) das doses de nitrogênio sobre as características e índices de qualidade avaliados (Tabela 2). A Tabela 3 mostra as regressões ajustadas, onde foram indicadas as doses ótimas de nitrogênio e o coeficiente de determinação para cada característica e índice estudados.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das características morfológicas e relações estudadas, na produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*), avaliadas aos 120 dias após a repicagem

| FV | GL | QUADRADO MÉDIO | | | | | | | | |
|-----------|----|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | H (cm) | DC (mm) | MSPA (g) | MSR (g) | MST (g) | RH/DC | RH/MSPA | RMSPA/MSR | IQD |
| Fonte (F) | 2 | 27,00 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 0,65 ^{ns} | 1,70 ^{ns} | 8,70 ^{ns} | 0,55 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,02 ^{ns} |
| Dose (D) | 4 | 17646,80* | 269,65* | 2725,06* | 795,26* | 6563,30* | 31,19* | 727,32* | 6,15* | 80,07* |
| F x D | 8 | 219,00 ^{ns} | 1,51 ^{ns} | 25,47 ^{ns} | 13,96 ^{ns} | 64,00 ^{ns} | 2,97 ^{ns} | 1,05 ^{ns} | 0,20 ^{ns} | 0,73 ^{ns} |
| Resíduo | 60 | 1460,20 | 16,94 | 232,49 | 123,88 | 695,20 | 23,82 | 14,49 | 1,36 | 9,49 |
| CV % | | 9,98 | 7,1 | 15,94 | 18,51 | 17,08 | 9,75 | 8,95 | 10,12 | 16,57 |

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

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

H = altura de parte aérea, DC = diâmetro de coleto, MSPA = massa de matéria seca de parte aérea, MSR = massa de matéria seca de raízes, MST = massa de matéria seca total, RH/DC = relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto, RH/MSPA =

relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea, RMSPA/MSR = relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes, IQD = Índice de Qualidade de Dickson.

Tabela 3. Equações ajustadas para a altura da parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST), relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC), relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), coeficientes de determinação ajustados (R^2) e doses ótimas de nitrogênio para produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*).

| <i>Psidium guajava</i> | | | |
|------------------------|--|--------|-----------------------------------|
| Variável | Equação | R^2 | Dose ótima (mg dm ⁻³) |
| H (cm) | $H = 22,0133333 + 0,3390250*N - 0,0006984*N^2$ | 0,8788 | 242,72 |
| DC (g) | $DC = 4,10687616 + 0,04138060*N - 0,00008444*N^2$ | 0,8997 | 245,03 |
| MSPA (g) | $MSPA = 1,7781524 + 0,1159912*N - 0,0002081*N^2$ | 0,9106 | 278,69 |
| MSR (g) | $MSR = 2,0502476 + 0,0634005*N - 0,0001154*N^2$ | 0,8424 | 274,70 |
| MST (g) | $MST = 3,6016000 + 0,1773442*N - 0,0003136*N^2$ | 0,8917 | 282,76 |
| RH/DC | $RH/DC = 5,31946304 + 0,01527473*N - 0,00003392*N^2$ | 0,4897 | - |
| RH/MSPA | $RH/MSPA = 11,0543563 - 0,0721356*N + 0,0001556*N^2$ | 0,9248 | 231,80 |
| RMSPA/MSR | $RMSPA/MSR = 0,96276934 + 0,00667508*N - 0,00001419*N^2$ | 0,7899 | 235,20 |
| IQD | $IQD = 0,59695548 + 0,01946218*N - 0,00003414*N^2$ | 0,8859 | 285,03 |

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

A adubação nitrogenada teve influência positiva no crescimento em altura de parte aérea (H) das mudas, bem como no crescimento do diâmetro de coleto (DC), aos 120 dias após a repicagem. Porém, não se observou efeito significativo da interação doses x fontes de nitrogênio e das fontes de nitrogênio ($p>0,05$). As médias de altura de parte aérea se situaram entre 48,91 cm e 50,28 cm (Figura 1). Já para o diâmetro de coleto, as médias apresentaram valores entre 7,45 mm e 7,54 mm (Figura 2).

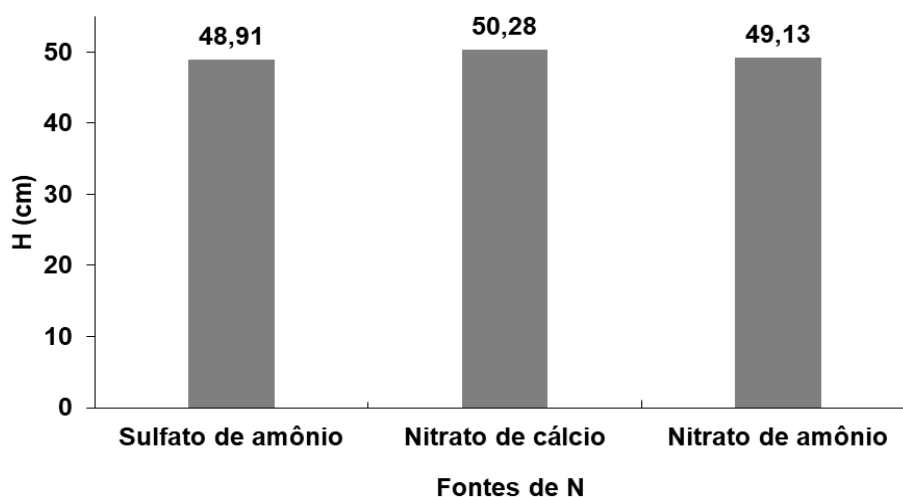


Figura 1 - Altura média de parte aérea (H) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a fontes de nitrogênio.

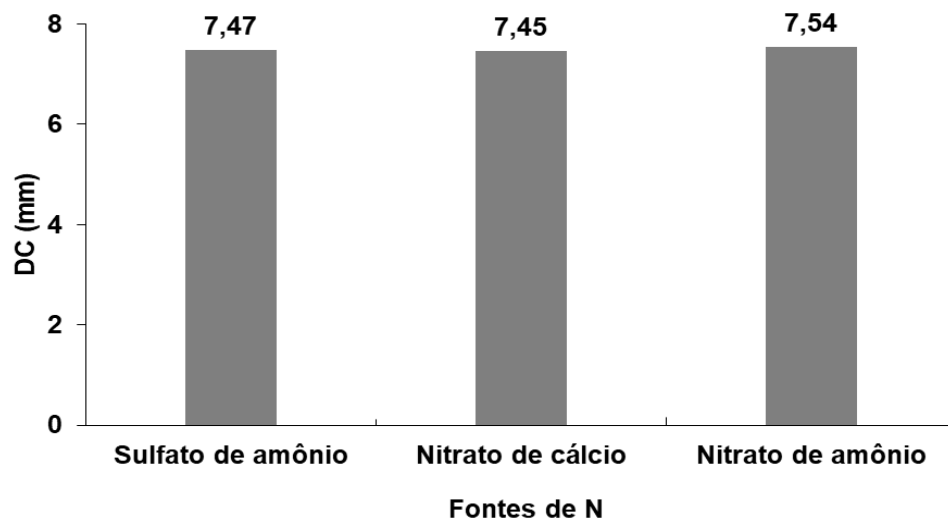


Figura 2 - Diâmetro de coleta (DC) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a fontes de nitrogênio.

Foi verificado efeito significativo das doses de nitrogênio sobre o crescimento em altura das mudas ($p < 0,05$). O comportamento observado possibilitou a determinação da dose ótima de adubação nitrogenada, $242,72 \text{ mg dm}^{-3}$ de nitrogênio, para um valor de altura de parte aérea igual a $63,2 \text{ cm}$, independente da fonte de nitrogênio aplicada ao substrato (Figura 3).

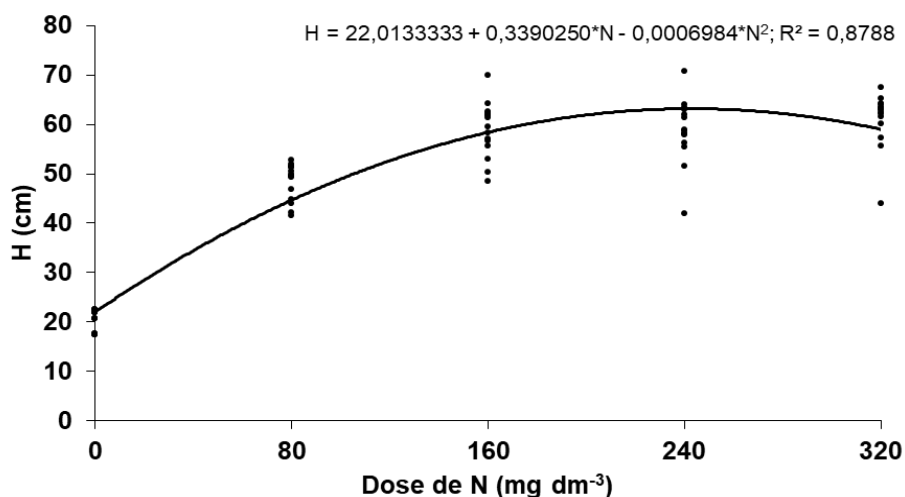


Figura 3 - Altura de parte aérea (H) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

As doses de nitrogênio exerceram efeito significativo sobre o crescimento em diâmetro de coleta ($p < 0,05$), sendo possível a determinação de

uma dose ótima, 245,03 mg dm⁻³ de nitrogênio, a qual está associada ao maior valor, 9,18 mm (Figura 4).

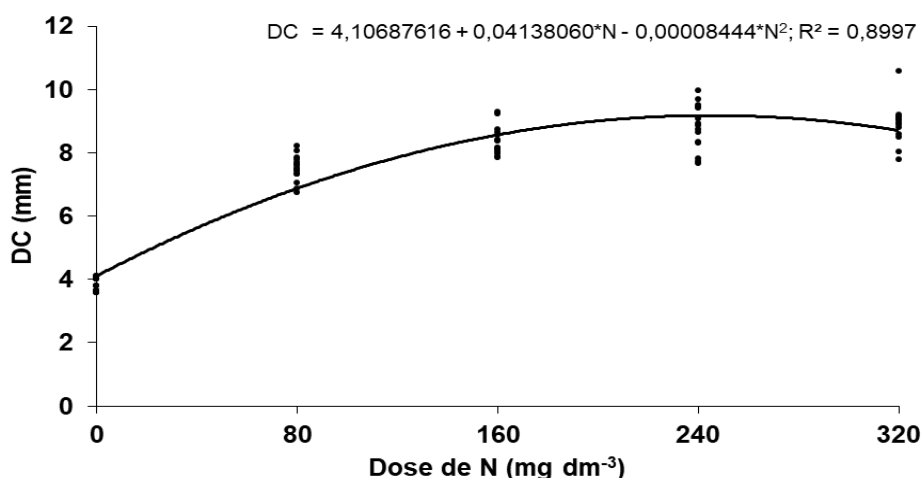


Figura 4 - Diâmetro de coleto (DC) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

As mudas de goiabeira que não receberam adubação nitrogenada (tratamento testemunha, dose = 0 mg dm⁻³ de nitrogênio) tiveram crescimento em altura de parte aérea com média de 22 cm, o que representa 34,8% do tamanho das mudas que apresentaram as maiores médias de crescimento (63,2 cm), na dose de 242,72 mg dm⁻³ de nitrogênio, considerada a melhor. Tal comportamento revela que a goiabeira é uma espécie responsiva em relação ao nitrogênio para o seu crescimento inicial.

A aplicação de nitrogênio se mostrou limitante, também, em relação ao crescimento em diâmetro de coleto. As mudas que não receberam adubação nitrogenada apresentaram diâmetro de coleto com média de 4,11 mm, tamanho que corresponde a 44,8% daquelas associadas à dosagem ótima de 245,03 mg dm⁻³, com média de 9,18 mm para essa característica.

O favorecimento do crescimento em altura e diâmetro de coleto das mudas de goiabeira em virtude da adubação nitrogenada mostra que a espécie pode ser considerada como responsiva ao nitrogênio em sua fase inicial de crescimento.

Outros autores também observaram limitações no crescimento de mudas semíníferas de goiabeira quando houve ausência de aplicação de nitrogênio. Salvador et al. (1998) afirmam que a falta do nitrogênio, quando comparada à de outros macronutrientes, foi a mais determinante na redução do crescimento observado em mudas de goiabeira.

Efeitos significativos das doses de nitrogênio no crescimento de mudas de goiabeira também já foram observados, onde o maior valor de média de altura (39 cm) foi obtido na dose de 300 mg dm⁻³ de nitrogênio. Para o diâmetro de coleto, o melhor resultado (4,8 mm) foi obtido na dose de 450 mg dm⁻³ (FRANÇA et al., 2017).

De modo semelhante ao presente trabalho, foi verificado efeito quadrático sobre altura de parte aérea e diâmetro de coleto de mudas de goiabeira em relação a doses de nitrogênio, porém, fornecido via ureia (DIAS et al., 2012). Num estudo com mudas de goiabeira propagadas vegetativamente, submetidas a uma dose de 155 mg dm⁻³ de nitrogênio (via ureia), foi observado que a altura média das mudas foi de 24,67 cm. As baixas CTC do solo e disponibilização de macronutrientes foram apontadas como as possíveis causas do modesto crescimento observado (ZIETEMANN e ROBERTO, 2007).

Em estudos com mudas irrigadas com águas salinas, também foram verificados efeitos positivos das doses de nitrogênio, aplicado via ureia, no crescimento inicial da goiabeira. Em um trabalho, houve a proposição de uma recomendação de 541 mg dm⁻³ de nitrogênio para o maior crescimento das mudas (SENA et al., 2018). Um estudo apresentou valor máximo para a altura de parte aérea igual a 29,0 cm, obtido na dose de 680 mg dm⁻³ de nitrogênio. Para o diâmetro de coleto, o maior valor observado correspondeu à dose de 541,1 mg dm⁻³ de nitrogênio (SILVA et al., 2017). Entretanto, os autores sugerem que o estresse causado pela salinidade imposta no experimento pode ter amplificado a demanda das mudas de goiabeira pelo nutriente.

Para a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto, não houve efeito significativo da interação fontes x doses de nitrogênio, nem de doses de nitrogênio ($p > 0,05$) (Figura 5).

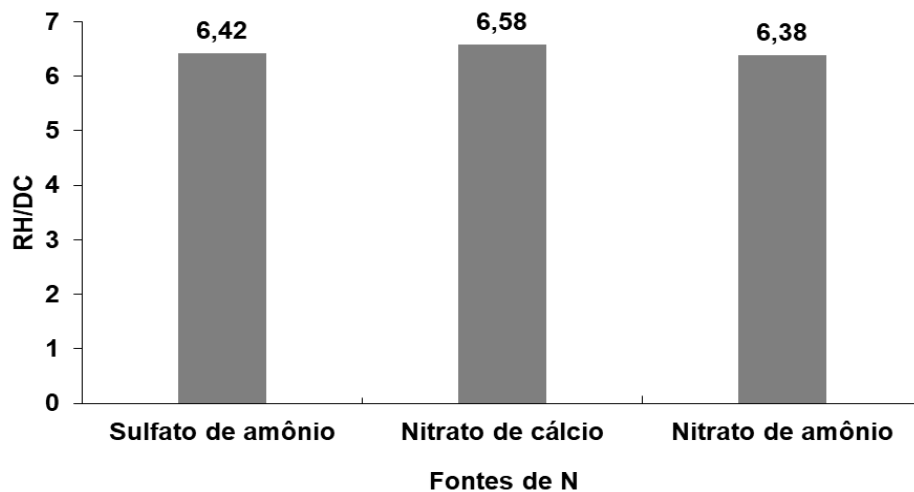


Figura 5 - Relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a fontes de nitrogênio.

Em relação às doses de nitrogênio foi constatado efeito significativo para a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto ($p < 0,05$) (Figura 6). Foi possível determinar a dose ótima para esse índice, 0 mg dm^{-3} de nitrogênio. Porém, as mudas que não receberam abundância nitrogenada tiveram seu crescimento comprometido, o que revela a limitação da RH/DC caso seja considerada isoladamente como indicadora de qualidade de mudas.

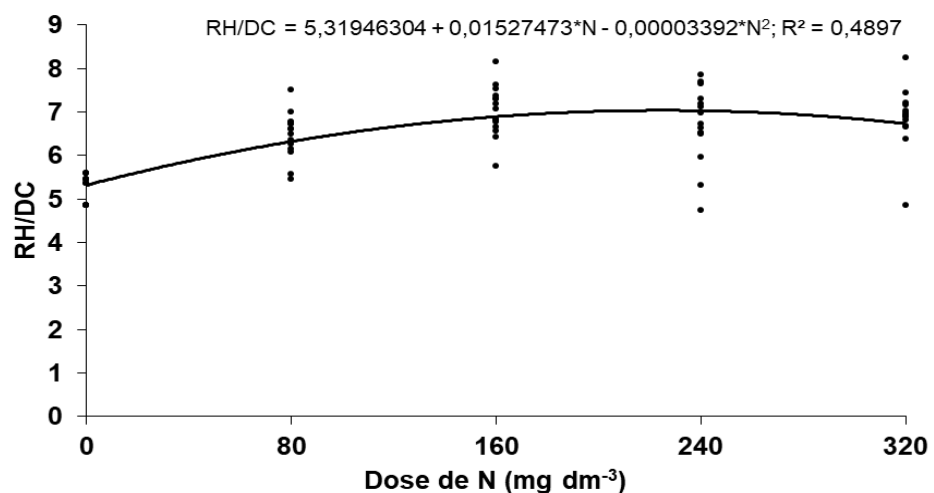


Figura 6 - Relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

Devido à facilidade de medição da altura de parte aérea e do diâmetro de coleto, e pela não-necessidade de destruição das mudas, a relação entre essas duas características é considerada altamente aplicável para muitas espécies florestais, estabelecendo-se como um dos mais importantes atributos morfológicos para estimar o crescimento de mudas após o plantio definitivo no campo (CARNEIRO, 1995; GOMES, 2001). Gomes e Paiva (2013) afirmam que para um mesmo valor de altura de parte aérea de uma muda, quanto menor for a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC), maior será a probabilidade de sua sobrevivência após o plantio.

Na produção de mudas de goiabeira, em relação às doses de nitrogênio, foi obtida resposta do tipo cúbica para a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto. Apesar da diferente resposta observada em relação ao presente trabalho, França et al. (2017) também encontraram o menor valor de relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto quando a dose de N, fornecido via ureia, foi igual a 0 mg dm^{-3} .

3.3.2. Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST).

Não foi observado efeito de doses x fontes de nitrogênio, nem de fontes de nitrogênio nas massas de matéria seca de parte aérea, raízes e total das mudas de goiabeira ($p > 0,05$). A produção de massa seca total das mudas foi de 19,58 g (sulfato de amônio), 20,40 g (nitrato de cálcio) e 19,83 g (nitrato de amônio) (Figura 7).

As doses de nitrogênio influenciaram a produção de massa de matéria seca de parte aérea ($p < 0,05$). Foi possível determinar a dose ótima de 278,69 mg dm^{-3} de nitrogênio, associada à máxima produção de massa de matéria seca de parte aérea, 17,94g (Figura 8).

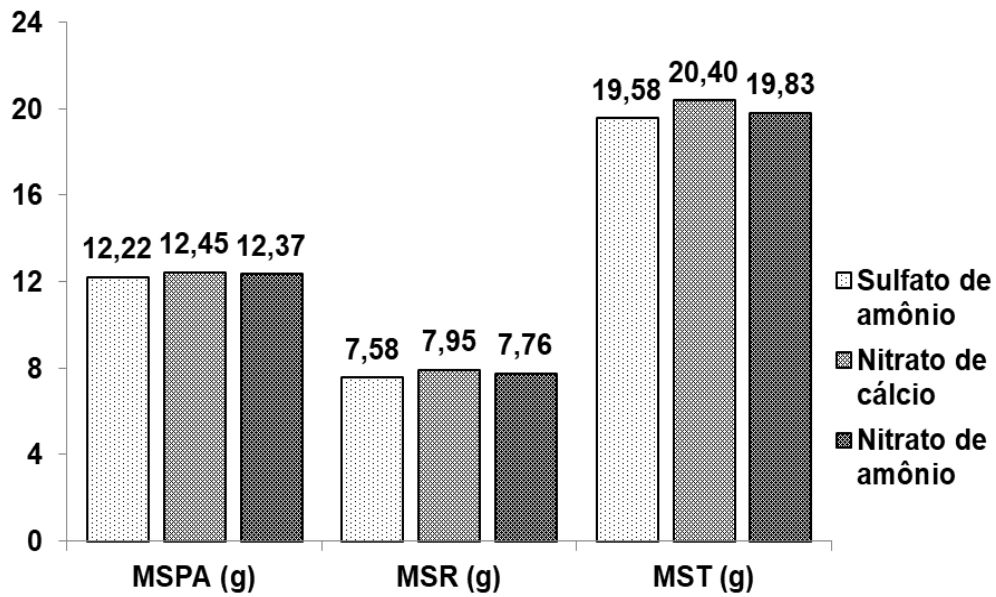


Figura 7 - Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a fontes de nitrogênio.

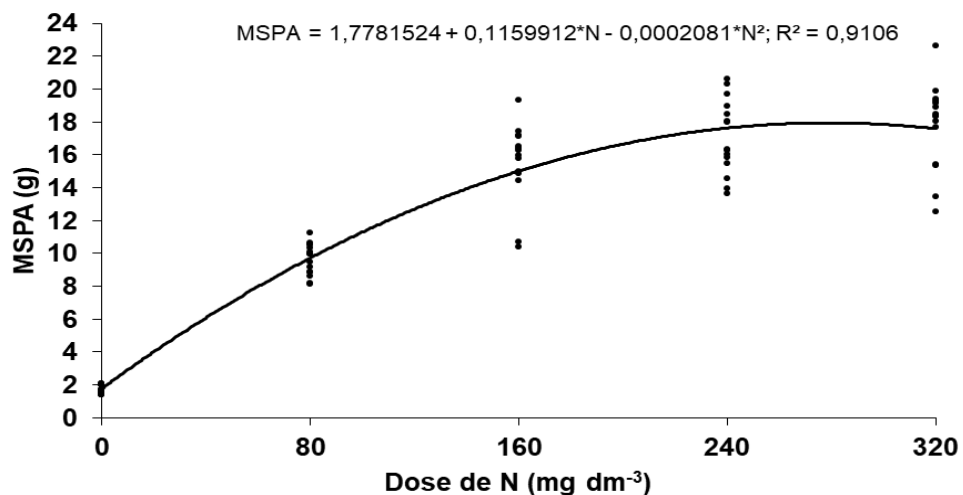


Figura 8 - Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio aplicadas.

A massa de matéria seca de raízes também foi influenciada significativamente pelas doses de nitrogênio ($p < 0,05$), sendo possível a

definição da dose ótima de 274,70 mg dm⁻³, associada a uma produção de 10,76 g (Figura 9).

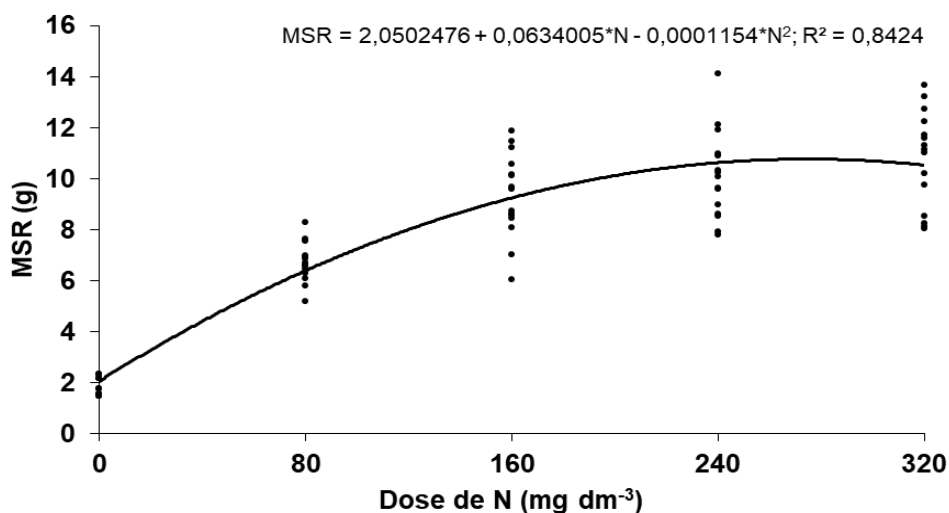


Figura 9: Massa de matéria seca de raízes (MSR) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

Na massa de matéria seca total das mudas observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio ($p < 0,05$) (Figura 10), sendo a máxima produção igual a 28,67g, associada à dose de 282,76 mg dm⁻³ de nitrogênio.

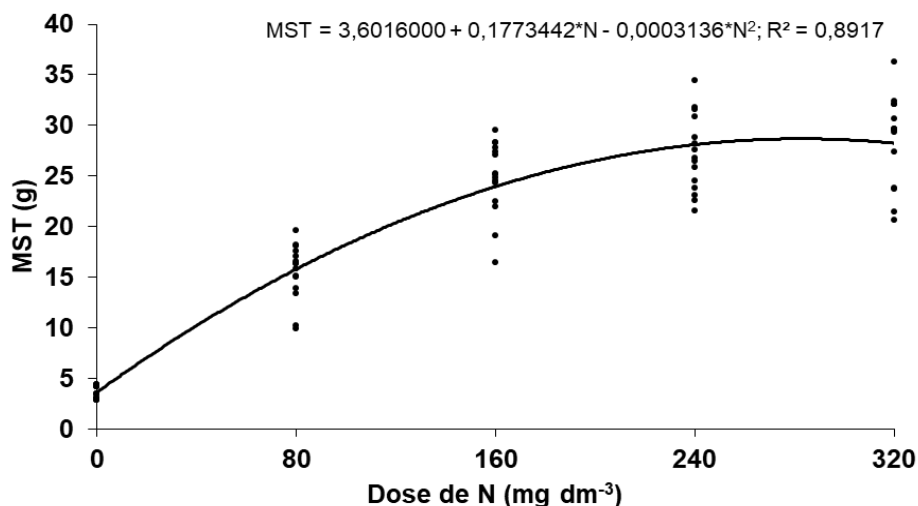


Figura 10 - Massa de matéria seca total (MST) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

A produção de massa de matéria seca de parte aérea pelas mudas de goiabeira foi limitada quando houve ausência de adubação nitrogenada. A média obtida pelo tratamento testemunha (0 mg dm⁻³ de N) foi de 1,78 g, produção de apenas 9,9% de massa em relação às mudas associadas à melhor dose, 278,69 mg dm⁻³ de N (17,94 g).

A produção de massa de matéria seca de raízes pelas mudas de goiabeira também foi limitada pela ausência de adubação nitrogenada. A média obtida pelo tratamento testemunha (0 mg dm⁻³ de N) foi de 2,05 g, apenas 19% da média de 10,76 g, obtida na dose de 274,70 mg dm⁻³ de N, a melhor para essa característica.

Assim, a produção de massa de matéria seca total pelas mudas foi comprometida na ausência de adição do nitrogênio ao substrato. A média obtida pelo tratamento testemunha (0 mg dm⁻³ de N) foi de 3,60 g, apenas 12,6% em relação à média das mudas que receberam dose de 282,76 mg dm⁻³ de N, a melhor para a produção de MST, 28,67 g.

A massa de matéria seca total (MST) é a característica de maior correlação à produção vegetal (GONÇALVES et al., 2008). A massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) é tida como um bom indicador da capacidade de resistência das mudas às adversidades ambientais (MORGADO et al., 2000), ao passo que a massa de matéria seca de raízes (MSR) apresenta correlação com a sobrevivência ao plantio em campo (GOMES e PAIVA, 2013). Para as características morfológicas MSPA, MSR e MST quanto maiores forem seus valores, maior será a influência positiva na qualidade das mudas.

De modo geral, pode-se afirmar que as mudas de goiabeira do presente estudo mostraram resposta positiva em relação à aplicação de nitrogênio mineral, no tocante à produção total e distribuição de matéria seca, aos 120 dias após a repicagem.

Um estudo mostrou que a ausência de adubação nitrogenada pode causar limitações à produção de massa vegetal de mudas seminíferas de goiabeira, onde houve redução de 77% da produção de massa de matéria seca

de parte aérea, raízes e total, quando da falta de adição de nitrogênio ao substrato (SALVADOR et al. 1998).

Na produção de massa de matéria seca de raízes e total de mudas semíníferas de goiabeira, em função de doses de nitrogênio (fornecido via ureia), foi verificado efeito quadrático (FRANÇA et al., 2017). Os valores máximos de produção para as características foram de 2,4 e 9,0 g, associados às doses de 343 e 325 mg dm⁻³ de nitrogênio, respectivamente. O mesmo comportamento foi observado para a MST de mudas de goiabeira propagadas vegetativamente, havendo um ponto máximo de produção igual a 15,4 g, para uma dose de 865 mg dm⁻³ de nitrogênio, fornecido via ureia (DIAS et al., 2012).

Mudas de goiabeira propagadas vegetativamente, submetidas à dose de 155 mg dm⁻³ de nitrogênio (ureia) apresentaram baixa produção de massa, com MSPA, MSR e MST iguais a 2,28 g, 4,55 g e 6,83 g, respectivamente aos 180 dias após a repicagem (ZIETEMANN e ROBERTO, 2007). A baixa produção foi explicada pelas baixas CTC e disponibilidade de macronutrientes, uma vez que não foi realizada adubação de base para correção da fertilidade do solo utilizado como substrato.

3.3.3. Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Não se verificou efeito significativo da interação fontes x doses de nitrogênio sobre as relações altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea, massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes e sobre o Índice de Qualidade de Dickson ($p > 0,05$). No que diz respeito às fontes de nitrogênio, também não houve efeito nas relações e IQD avaliados ($p > 0,05$) (Figura 11). Os valores de IQD obtidos pelas mudas de goiabeira avaliadas foram de 2,38 (sulfato de amônio), 2,41 (nitrato de cálcio) e 2,41 (nitrato de amônio).

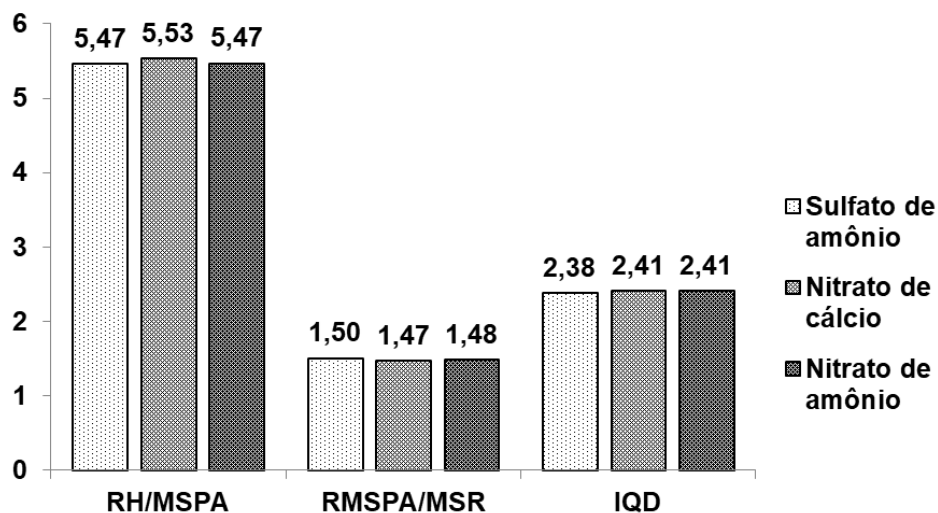


Figura 11 - Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem, em resposta a fontes de nitrogênio. DMS = diferença mínima significativa, a 5% de significância.

As doses de nitrogênio exerceram efeito significativo na relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea ($p < 0,05$) (Figura 12). A dose ótima calculada, $231,80 \text{ mg dm}^{-3}$ de nitrogênio está associada ao menor valor obtido para esse índice, 2,69.

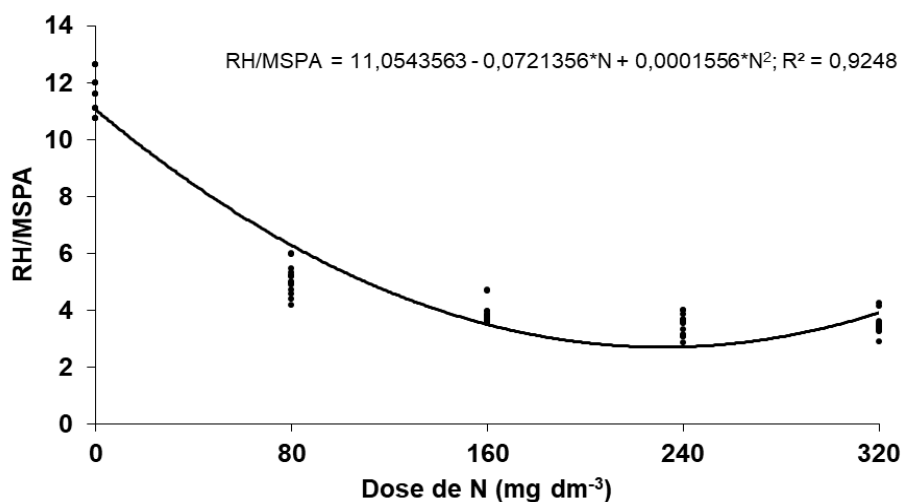


Figura 12 - Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) em resposta a doses de nitrogênio aplicadas.

Constatou-se efeito significativo ($p < 0,05$) das doses de nitrogênio na relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes. Não foi possível definir a dose onde a relação assume valor ideal de 2,0, pois, o ponto máximo da equação ajustada é inferior a esse valor (Figura 13). Entretanto, o valor calculado que mais se aproximou do ideal, 1,75, está associado a uma dose de 235,20 mg dm^{-3} de nitrogênio, considerada ótima para essa relação no presente trabalho.

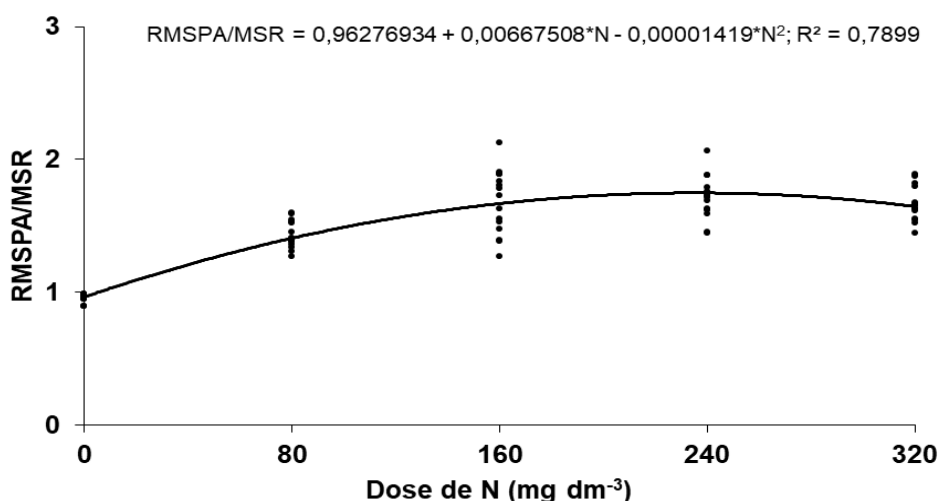


Figura 13 - Relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

Verificou-se efeito significativo das doses de nitrogênio sobre o Índice de Qualidade de Dickson ($p < 0,05$) (Figura 14). O maior valor de IQD, 3,37, foi obtido na dose ótima igual a 285,03 mg dm^{-3} de nitrogênio.

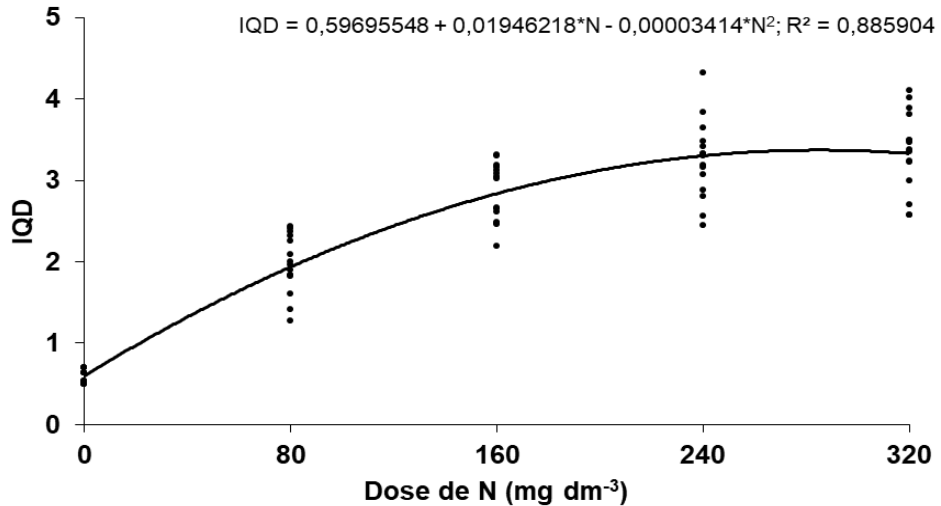


Figura 14 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*) avaliadas aos 120 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

A relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA) exprime a capacidade de sobrevivência das mudas em campo, particularmente, reflete seu potencial de resistência aos impactos negativos de ventos, seca e geadas (HAASE, 2008). De acordo com Gomes e Paiva (2013), quanto menor for o valor dessa relação, maiores serão as chances de sobrevivência das mudas em campo, em virtude de sua maior lenhificação.

A relação entre a massa de matéria seca de parte aérea e a massa de matéria seca de raízes das mudas (RMSPA/MSR) pode ser considerada como um índice seguro e eficiente para estimar o padrão de sua qualidade (CRUZ, 2007), já que plantas que têm menores valores para a RMSPA/MSR mostram proporção adequada entre o desenvolvimento de parte aérea e radicular, o que influencia, positivamente, a sua qualidade (BARBOSA et al., 1997). Porém, tal relação pode não ser significativa para predição de crescimento em campo (BURNNET, 1979).

O Índice de Qualidade de Dickson é uma equação balanceada onde estão incluídas importantes relações dos parâmetros morfológicos das mudas (GOMES, 2001), desenvolvida por Dickson et al. (1960), quando estudaram o comportamento de mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola*.

Em um experimento com mudas de goiabeira propagadas vegetativamente, a máxima média de IQD calculada foi igual a 0,099, na dose de 800 mg dm⁻³ de nitrogênio (fornecido por meio de ureia), aos 120 dias após o enraizamento. Acredita-se que as altas doses de nitrogênio testadas não favoreceram a qualidade das mudas (DIAS et al., 2012).

3.4. Conclusões e recomendação

O crescimento e a qualidade das mudas de goiabeira são favorecidos pela adubação nitrogenada. A espécie pode ser considerada responsiva ao nitrogênio na sua fase inicial de crescimento.

A goiabeira não apresenta preferência em relação às formas de nitrato e amônio para o crescimento e a qualidade de suas mudas.

Doses entre 231 e 285 mg dm⁻³ de nitrogênio se mostram mais adequadas para crescimento e qualidade das mudas de goiabeira.

Dessa maneira, considerando-se as doses ótimas de adubação nitrogenada obtidas em relação a altura de parte aérea, massa de matéria seca total e Índice de Qualidade de Dickson, recomenda-se para produção de mudas de goiabeira a dose de 270,00 mg dm⁻³ de nitrogênio, aplicada parceladamente aos 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a repicagem, utilizando-se de qualquer uma das três fontes estudadas (sulfato de amônio, nitrato de cálcio ou nitrato de amônio).

Referências Bibliográficas

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

BARBOSA, L.M. **Manual para Recuperação de Áreas Degradadas do Estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006 129 p.

BARBOSA, Z.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Fósforo e zinco na nutrição e crescimento da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) I. Características de crescimento das plantas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 196-204, 1997.

BOVI, M. L. A.; GODOY Jr., G.; SPIERING, S. H. Respostas de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 161-166, 2002.

BURNETT, A.N. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.9.p.63-67, 1979.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 2. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.376-449.

CARDOSO-LEITE, E. COVRE, T.B.; OMETTO, R.G.; CAVALCANTI, D.C.; PAGANI, M.I. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar em Rio Claro/SP, como subsídio à recuperação da área. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.16, n. 1, p.31-41, 2004.

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

CECONI, D.E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

CORREIA, D.; RIBEIRO, E. M.; LOPES, L. S.; ROSSETTI, A. G.; MARCO, C. A. Efeito de substratos na formação de porta-enxertos de *Psidium guajava* L. cv. Ogawa em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 88-91, 2005.

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

CRUZ, C.A.F.; **Produção de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng). Taub (canafístula) e *Senna macranthera* (DC. ex Collad) H.S. Irwine Barnaby (fedegoso) em resposta a macronutrientes.** 2007. 213f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.

DIAS, M. J.T.; SOUZA, H. A.; NATALE, W.; MODESTO, V. C.; ROZANE, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1 p. 2837-2847, 2012.

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

ESCRIG, A.J.; RINCON, M.; PULIDO, R.; SAURA-CALIXTO, F. *Guava fruit (P. guajava L.) as a new source of antioxidant dietary fiber.* **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.49, n. 11, p. 5489-5493, 2001.

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

FRANÇA, S. C.; OLIVEIRA, A. C.; FARIAS, G. A.; JÚNIOR, L. F. C.; SILVA, V. L. Doses de nitrogênio no crescimento de porta-enxerto de goiabeira paluma amarela. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 54-65, 2017.

FRANCO, C. F.; PRADO, R. D. M.; BRAGHIROLI, L. F.; ROZANE, D. E. Marcha de absorção dos micronutrientes para mudas de goiabeiras cultivares Paluma e Século XXI. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.83-90, 2008.

FREITAS, B.M.; ALVES, J.E. Efeito do número de visitas florais da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma, **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 148-154, 2008.

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

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

GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K**. 2001. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. sob diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 273-286, 2013.

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

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

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters' Notes**, Washington, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

FRANCISCO, V.L.F.; BAPTISTELLA, C.S.L.; AMARO, A.A. **A cultura da goiaba em São Paulo**. IEA – Instituto de Economia Agrícola. 2005. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1902>>. Acesso em: 15 maio 2018.

IHA, S. M.; MIGLIATO, K. F.; VELLOSA, J. C.; SACRAMENTO, L. V. S.; PIETRO, R. C.; ISAAC, V. L. B.; IGUATEMY, L.; BRUNETTI, M.A.C.; HÉRIDA R. N. S. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v.18, n.3, p. 387-393, 2008.

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

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

MANICA, I. **Goiaba: do plantio ao consumidor: tecnologia de produção, pós-colheita, comercialização**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. 124p.

MARQUES, L, S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; SOUZA, P. H. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoachanta* J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.1, p.81-92, 2009.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Sandiego: Elsevier Academic Press, 2012. 651p.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 255p.

MELETTI, L.M.M. **Propagação de frutíferas**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 239p.

MENZEL, C. M. Guava: an exotic fruit with potential in Queensland. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 3, p. 93-98, 1985.

MIKAMI, E. E.; PINTRO, J. C.; TORMENA, C. A.; DA COSTA, A. C. S.;
Influência da aplicação de cálcio, de magnésio e de potássio no solo sobre a produção de goiaba (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 22, n. 44, p. 1075-1081, 2000.

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. D. A.; LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 27-33, 2000.

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

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

PEREIRA, F. M.; CARVALHO, C. A.; NACHTIGAL, J. C. Século XXI: nova cultivar de goiabeira de dupla finalidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 25, n. 3, p. 498-500, 2003.

PEREIRA, T.S.P; ANDRADE, A.C.S. Germinação de *Psidium guajava* L. e *Passiflora edulis* SIMS – Efeito da temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós – seminal. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 16, n. 1, p. 58-62,1994.

PONTIKIS, C.A. *Psidium guajava* L. (Guava). In: BAJAJ, Y.P.S. **Biotechnology in Agriculture and Forestry 35: Trees IV**. Berlin: Springer – Verlag, 1996. p. 308 – 320.

RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2001. 320 p.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Deficiência nutricional em mudas de goiabeira decorrente da omissão simultânea de dois macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 10, p. 1623-1631, 1998.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 637-644, 2010.

SCHORN, L. A.; GALVÃO, F. Dinâmica da regeneração natural em três estágios sucessionais de uma floresta ombrófila densa em Blumenau, SC. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 1, p. 59-74, 2006.

SENA, G. S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L.P.; ARAÚJO, S. C. A.; SILVA, I. A. Crescimento de porta-enxerto de goiabeira cv. Paluma irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 190-199, 2018.

SILVA, E. M., NOBRE, R. G., DEPÁDUA SOUZA, L., ARAÚJO, R. H. C. R., PINHEIRO, F. W. A., e DE SÁ ALMEIDA, L. L. Morfofisiologia de porta-enxerto de goiabeira irrigado com águas salinizadas sob doses de nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 8, n. 1, p. 32-42, 2017.

SOUZA, L.P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; SOARES, L.A.A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 4, p. 596-604, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Castello de la Plana: Universitat Jaume I, 2007. 583p.

TAVARES, M. S. W.; KERSTEN, E.; SIEWERDT, F. (1995). Efeitos do ácido indolbutírico e da época de coleta no enraizamento de estacas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 310-317, 1995.

ZIETEMANN, C.; ROBERTO, S. R. Production of guava nursery plants (*Psidium guajava* L.) on different substrates. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 137-142, 2007.

4. **CAPÍTULO 3: Crescimento e qualidade de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa* Perkins) em resposta a fontes e doses de nitrogênio.**

Resumo

Colubrina glandulosa Perkins, conhecida vulgarmente como sobrasil, é uma espécie florestal nativa, do grupo ecológico das secundárias iniciais, pertencente à família Rhamnaceae. Seus frutos são muito apreciados pela avifauna, sendo a espécie recomendada para utilização em projetos de recuperação de áreas degradadas, cujos impactos ambientais prejudicam a qualidade da vida humana. Os projetos de recuperação de áreas degradadas, por inúmeras vezes, necessitam do plantio de mudas de espécies nativas de boa qualidade, visto que o sucesso do empreendimento depende do estabelecimento das mudas em campo. A qualidade de mudas está relacionada ao seu estado nutricional, e a adubação auxilia esse fator. Porém, uma correta recomendação de adubação depende do conhecimento das exigências nutricionais, o qual ainda é incipiente para muitas das espécies arbóreas nativas. O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes para o metabolismo dos vegetais, e respostas positivas têm sido mostradas em estudos de fertilização de espécies florestais. Neste estudo se avaliou o crescimento e a qualidade de mudas de sobrasil em função de fontes e doses de nitrogênio. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado com cinco repetições de 15 tratamentos, compostos por três fontes de nitrogênio: sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, nitrato de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ e nitrato de amônio (NH_4NO_3) , e cinco doses de nitrogênio (0, 80, 160 240 e 320 mg dm^{-3}), em esquema fatorial. O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura argilosa. Decorridos 110 dias após a repicagem foram medidas a altura de parte aérea (H), o diâmetro de coleto (DC), a massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSRA) e calculadas a massa seca total (MST), as relações H/MSPA, H/DC, MSPA/MSRA, e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A adubação nitrogenada proporcionou efeito

positivo em relação ao crescimento e qualidade das mudas de sobrasil. Não foi constatado efeito significativo de fontes de N sobre as características morfológicas avaliadas, por outro lado, houve efeito significativo de doses de N. As melhores médias das características e índices avaliados foram obtidas entre as doses de 221 e 320 mg dm⁻³ de N, sugerindo que a dose ótima esteja acima de 320 mg dm⁻³ (maior dose testada).

Palavras-chave: nutrição florestal, espécies florestais nativas, espécies arbóreas nativas, qualidade de mudas.

4.1. Introdução

Colubrina glandulosa Perkins, conhecida vulgarmente por sobrasil ou sagaraji-vermelho (BRANCALION et al., 2011), é uma espécie arbórea nativa, pertencente à família das Rhamnaceae, do grupo das secundárias iniciais (MARTINS, 2007), heliófila, semicaducifolia, hermafrodita, podendo alcançar até 20 metros de altura quando adulta (REIS e ANDRADE, 2016). Sua área de ocorrência natural no país se estende do Ceará ao Rio Grande do Sul, estando presente nas Florestas Umbrófilas Densas e Florestas Estacionais Semidecíduais (Mata Atlântica), Ambientes Ripários em Minas Gerais, Cerradão e Restinga (CARVALHO, 2005).

Essa espécie é recomendada para utilização em sistemas agroflorestais, produzindo madeira útil para fabricação de postes, pontes, estacas, cabos de ferramentas e construção civil e naval, com rotação provável para corte de 35 a 40 anos (CARVALHO, 2005). Lorenzi (1992), classifica a madeira do sobrasil como pesada (densidade 0,92 g/cm³), de textura média, dura, altamente resistente ao apodrecimento mesmo em contato com umidade e solo. A espécie também é apta para composição de quebra-ventos (WANDELLI et al., 1998), apicultura (REIS et al., 1992), paisagismo e arborização de praças públicas (TOLEDO FILHO e PARENTE, 1988)

Seus frutos servem de alimento para a avifauna, enquanto suas folhas, brotos, flores e frutos são consumidos por primatas. Reis e Andrade (2016) destacam a importância da realização de estudos de espécies florestais cuja presença possa estimular a ação de espécies frugívoras e onívoras. Os autores ressaltam a importância da presença da fauna para o sucesso dos programas de recuperação de áreas degradadas, o que confere a essa espécie o status de ser indispensável para tal finalidade (GARRIDO, 1981 apud CARVALHO, 2005). Em acordo com os referidos autores, Reitz et al. (1978), citados por Carvalho (2005), afirmam que *Colubrina glandulosa* é uma espécie nativa apta para utilização em recuperação de áreas degradadas, para reflorestamento puro ou associada a espécies pioneiras. Martins (2007) classificou a *Colubrina glandulosa* como adequada para reflorestamento de matas ciliares.

As matas ciliares têm sido devastadas de suas formações naturais, não apenas em tempos passados, como também nos dias atuais (ASSIS, 2015). Os principais causadores da degradação das matas ciliares são o desmatamento para expansão da área cultivada nas propriedades rurais, para expansão de áreas urbanas e para obtenção de madeira. Ao longo do tempo, e conforme a intensidade de uso, a degradação pode atingir níveis mais graves, através da compactação e erosão do solo pelo pisoteio do gado e trânsito de máquinas agrícolas e da redução da fertilidade do solo pela exportação de nutrientes pelas culturas, e/ou pela prática da queima de restos vegetais e de pastagens (MARTINS, 2007).

Serato e Rodrigues (2010) afirmam que no Brasil, assim como em grande parte do planeta, o processo de desenvolvimento foi baseado em intensa exploração do meio ambiente e a enorme demanda por recursos naturais ocasionou uma exploração desmedida, favorecendo o aumento da degradação ambiental. O surgimento de áreas degradadas leva o ser humano a conviver com as consequências ruins dos impactos ambientais, as quais podem prejudicar seu ambiente, sua saúde, e, por fim, sua qualidade de vida. Assim, a necessidade de um meio ambiente preservado é fundamental para a manutenção e qualidade de vida (KOHLRAUSCH e JUNG, 2015).

Os projetos de revegetação com o intuito de recuperar áreas degradadas e proteger mananciais demandam o plantio de mudas de espécies nativas. Após o plantio, a formação do sistema radicular colabora para a estabilização dos solos e a deposição de serapilheira favorece o aumento dos teores de matéria orgânica do solo contribuindo para o restabelecimento de condições ecológicas anteriores à degradação (FURTINI NETO et al., 1999; PARROTA, 1992). Freitas et al. (2017) afirmam que a intervenção por meio do plantio de mudas para a recuperação de áreas degradadas, apesar de onerosa, pode ser mais eficaz em relação ao tempo de estabelecimento.

Mudas de espécies nativas devem ser produzidas de modo que, no momento de sua expedição ao campo, possuam qualidade satisfatória, já que o estabelecimento do seu plantio é fortemente influenciado por este fator

(GOMES, 2002). Reforçando essa afirmação, Caldeira et al. (2008) dizem que o sucesso na implantação de povoamentos com espécies florestais nativas depende fundamentalmente da utilização de mudas de qualidade.

Inúmeros fatores afetam a qualidade das mudas, dentre os quais, pode-se citar: qualidade da semente, tipo de substratos e recipientes, manejo, nutrição e adubação das mudas (GOMES e PAIVA, 2013). Gonçalves et al. (2000) afirmam que o bom entendimento da nutrição das mudas é um fator essencial para a definição de uma adequada recomendação de fertilização. Andrade et al. (2018) afirmam que a adubação, quando adequada, proporciona crescimento satisfatório e bom estado nutricional das mudas. Além disso, a fertilização mineral se caracteriza como um emprego de tecnologia que ajuda a promover o crescimento das mudas com qualidade e em tempo reduzido, acelerando sua expedição e reduzindo os custos de produção, bem como o consumo de água (CUNHA et al., 2005). Porém, para as espécies florestais, principalmente as nativas, ainda se tem pouco conhecimento em relação às exigências nutricionais, durante seu crescimento inicial (CECONI et al., 2006).

Segundo Gonçalves et al. (1992), respostas positivas a diferentes nutrientes têm sido observadas quando se realiza a adubação de mudas florestais. O nitrogênio (N) é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pelas plantas (SOARES et al., 2017) e é constituinte de vários compostos dos tecidos vegetais, destacando-se aminoácidos, ácidos nucléicos e clorofila, sendo um nutriente de grande valor em praticamente todos ecossistemas (CANTARELLA, 2007). Estudos de fertilização nitrogenada em mudas de espécies nativas mostraram respostas positivas na produção de *Senna macranthera* (CRUZ et al. 2011), *Mimosa caesalpiniaefolia* (GONÇALVES et al., 2013) e *Piptadenia gonoachanta* (MARQUES et al., 2009).

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e a qualidade de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*).

4.2. Material e métodos

O experimento foi conduzido, em sua fase inicial, em casa de sombra e, subsequentemente, em casa de vegetação, no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, no período de dezembro de 2017 a abril de 2018. A espécie utilizada foi a sobrasil (*Colubrina glandulosa*), cujas sementes foram fornecidas pela Sociedade de Investigações Florestais (SIF).

A terra de subsolo utilizada como substrato para a produção das mudas foi coletada cerca de 40 cm abaixo da camada superior de um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, em Viçosa, MG. Essa terra de subsolo, não esterilizada, foi submetida a secagem ao ar e peneiramento em malha de 5 mm.

A calagem promove a diminuição das concentrações tóxicas de Al e Mn (o que leva à diminuição do pH) e o aumento na capacidade de troca catiônica (importante para a manutenção dos cátions que são nutrientes para as plantas), além do fornecimento de Ca e Mg (CARNEIRO, 1995; MALAVOLTA, 1980). Então, foi realizada correção de acidez, utilizando-se de uma mistura de carbonato de cálcio (CaCO_3) e composto de magnésio [$\text{Mg}(\text{OH})_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$] na proporção de quatro partes para uma parte, respectivamente. A necessidade de calagem (NC, em toneladas por hectare) foi calculada com base nos resultados da análise de caracterização química do solo (Tabela 1), elevando-se a saturação por bases até o nível de 60% (Marques et al., 2009), sendo: $\text{NC (t/ha)} = (\text{V2-V1}) \text{CTC (T)} / 100$, em que V2 é a porcentagem de saturação por bases desejada, V1 é a porcentagem de saturação por bases do solo, conforme análise, e CTC (T) é a capacidade de troca catiônica em pH = 7,0.

Tabela 1 - Características químicas da amostra do solo utilizado para a produção de mudas de sobrasil (*C. glandulosa*)

| pH | P | K | Al ³⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | SB | CTC(t) | CTC(T) | V | m | MO |
|------------------|---------------------|---|------------------------------------|------------------|------------------|------|------|--------|--------|----------------------|------|------|
| H ₂ O | mg dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | | | | | | % | dag kg ⁻¹ | | |
| 4,79 | 0,7 | 6 | 0,92 | 0,11 | 0,01 | 3,93 | 0,14 | 1,06 | 4,04 | 3,5 | 86,8 | 1,66 |

pH em água – Relação 1: 2,5; P e K – Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; H+ Al – Extrator CaOAc 0,5 mol L⁻¹. pH 7,0; SB = Soma de bases; CTC(t) = Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) = Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; Matéria orgânica (MO) = C.org x 1,724 – Método Walkley – Black.

Após a adição dos corretivos, a terra de subsolo permaneceu incubada por 30 dias, com manutenção do teor de umidade próximo à capacidade de campo. Após esse período, foi acondicionada em vasos com capacidade para 1,5 dm³ (11,9 cm de altura x 7,5 cm de raio de topo x 5,1 cm de raio de fundo).

Por meio de incorporação ao substrato, foi efetuada adubação de base com macronutrientes, contendo 300 mg dm⁻³ de fósforo (P) e 100 mg dm⁻³ de potássio (K), segundo recomendação de Passos (1994). Superfosfato simples (18% P₂O₅) e KCl (52,45% K) foram utilizados como fontes de P e K, respectivamente. Para a adubação de base de micronutrientes, foi utilizada a solução recomendada por Alvarez V. et al. (2006), composta por boro (B) = 0,81 mg dm⁻³ (H₃BO₃), cobre (Cu) = 1,33 mg dm⁻³ (CuSO₄.5H₂O), molibdênio (Mo) = 0,15 mg dm⁻³ [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], manganês (Mn) = 3,66 mg dm⁻³ (MnCl₂.H₂O) e zinco (Zn) = 4,0 mg dm⁻³ (ZnSO₄.7H₂O).

Para a superação da dormência das sementes, foi utilizado o método de imersão em ácido sulfúrico 92% por 30 minutos, de acordo com Brancalion et al. (2011)

A semeadura foi realizada em canteiro (sementeira), e, após a germinação, foi realizada repicagem, transplantando-se três plântulas para cada vaso. Os vasos com as plântulas permaneceram em estrutura de casa de sombra por 20 dias. Após esse período, os vasos foram transportados para casa de vegetação onde se realizou operação de raleio, optando-se pelo cultivo de apenas uma muda. Durante o tempo de condução do experimento o

substrato teve sua umidade mantida em torno 60% da capacidade de campo, e, de acordo com monitoramento diário, realizou-se a irrigação.

Os tratamentos consistiram de combinação (fatorial) de três fontes de nitrogênio (N): sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, nitrato de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ e nitrato de amônio (NH_4NO_3), e cinco doses de N (0, 80, 160, 240 e 320 mg dm^{-3}), via solução, parceladas em cinco porções iguais aos 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a semeadura. Como tratamento controle, cultivaram-se mudas sem adição das fontes de nitrogênio mencionadas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições, totalizando 65 vasos com mudas da espécie (unidades experimentais).

Foi realizada realeatorização do arranjo espacial dos vasos nas bancadas, por meio de sorteio aleatório, a cada 15 dias, a fim de se reduzir os efeitos de fatores ambientais porventura existentes na casa de vegetação, como temperatura e luminosidade.

Por ocasião do encerramento da condução do experimento (110 dias após a repicagem) foi realizada a coleta de informações sobre as características morfológicas das mudas: altura de parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST).

A altura de parte aérea das mudas (H) foi obtida com o uso de régua milimetrada, medindo-se do nível do substrato até o ápice da muda, especificamente, na última inserção foliar. O diâmetro de coleto (DC) foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital. O material vegetal foi coletado e submetido a secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 60°C , até a condição de massa constante, para obtenção da massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) e da massa de matéria seca de raízes (MSR). A massa de matéria seca total (MST) é resultante da soma de MSPA e MSR.

A obtenção das informações sobre as características morfológicas das mudas permitiu calcular as relações: altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC), altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea

(RH/MSPA), massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), apresentado na fórmula (DICKSON et al., 1960):

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

O modelo estatístico do experimento, instalado no delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial, foi:

$$Y_{kij} = m + F_k + D_i + (FD)_{ki} + e_{kij}, \text{ em que:}$$

Y_{kij} = valor observado da característica estudada (H, DC, MSPA, MSR, MST, RH/DC, RH/MSPA, RMSPAMSR e IQD), na fonte k e dose i, k = $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e NH_4NO_3 ;

F_k = efeito da fonte k;

D_i = efeito da dose de nitrogênio D, na repetição j, j = 1,2,3,4,5;

$(FD)_{ki}$ = efeito da interação F x D;

e_{kij} = erro associado à observação Y_{kij} , isto é, efeito dos fatores não controlados sobre a observação Y_{kij} . $e_{kij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Para cada característica, foram avaliadas as seguintes hipóteses:

$$H_{0(1)} = F_1 = F_2 = F_3; H_{a(1)}: \text{não } H_{0(1)}$$

$$H_{0(2)} = D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = D_5; H_{a(2)}: \text{não } H_{0(2)};$$

$$H_{0(3)} = F_1D_1 = F_1D_2 = F_1D_3 = \dots = F_3D_5; H_{a(3)} = \text{não } H_{0(3)}.$$

Quando significativos pelo teste F (ANOVA), os efeitos de fontes de N, ($H_{0(1)}$), foram avaliados pelo teste Tukey, a 5% de significância. Os efeitos de doses de nitrogênio ($H_{0(2)}$) foram avaliados por meio de regressão, empregando o modelos linear, $Y_{kij} = \beta_0 + \beta_1D_i + e_{kij}$ e quadrático, $Y_{kij} = \beta_0 + \beta_1D_i + \beta_2D_i^2 + e_{kij}$. As equações estimadas para cada característica (variável) foram avaliadas

com base no coeficiente de determinação ajustado para os graus de liberdade e significância das estimativas dos parâmetros, nesse caso, pelo teste t a 5% de significância. As doses ótimas de nitrogênio foram obtidas a partir de $dY/dD = 0$, resultando em: dose ótima de $N = -\beta_1/-2\beta_2$. Todas as análises foram realizadas com uso dos softwares R, disponível em <http://www.r.project.org/> e Microsoft Excel.

4.3. Resultados e discussão

Para as características morfológicas e os índices de qualidade avaliados em mudas de sobrasil, não houve diferença estatística entre as fontes de nitrogênio testadas, tampouco houve efeito significativo da interação fontes x doses de nitrogênio ($p > 0,05$), excetuando-se a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC). Porém, foi verificado efeito positivo das doses de nitrogênio sobre as características e índices de qualidade avaliados ($p < 0,05$) (Tabela 2). As regressões ajustadas são mostradas na Tabela 3, sendo indicadas as doses ótimas de nitrogênio e o coeficiente de determinação para cada característica e índice estudados.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características morfológicas e relações estudadas, na produção de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*), avaliadas aos 110 dias após a repicagem

| FV | GL | QUADRADO MÉDIO | | | | | | | | |
|-----------|----|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | H (cm) | DC (mm) | MSPA (g) | MSR (g) | MST (g) | RH/DC | RH/MSPA | RMSPA/MSR | IQD |
| Fonte (F) | 2 | 143,10 ^{ns} | 4,25 ^{ns} | 41,12 ^{ns} | 14,48 ^{ns} | 99,40 ^{ns} | 0,39* | 39,50 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 2,84 ^{ns} |
| Dose (D) | 4 | 8157,70* | 387,59* | 1394,97* | 341,87* | 3089,30* | 9,69* | 7093,20* | 4,28* | 76,84* |
| F x D | 8 | 558,70 ^{ns} | 19,91 ^{ns} | 126,38 ^{ns} | 39,88 ^{ns} | 313,30 ^{ns} | 5,14* | 77,70 ^{ns} | 1,77 ^{ns} | 9,72 ^{ns} |
| Resíduo | 60 | 4282,50 | 202,83 | 907,83 | 238,81 | 2041,60 | 16,28 | 1953,70 | 8,81 | 53,34 |
| CV % | | 35,26 | 29,13 | 61,55 | 60,92 | 60,52 | 14,19 | 57,52 | 20,27 | 57,26 |

* $p < 0,05$.

^{ns} $p > 0,05$.

H = altura de parte aérea, DC = diâmetro de coleto, MSPA = massa de matéria seca de parte aérea, MSR = massa de matéria seca de raízes, MST = massa de matéria seca total, RH/DC = relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto, RH/MSPA = relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea, RMSPA/MSR = relação massa de matéria seca de parte aérea / massa matéria seca de raízes, IQD = Índice de Qualidade de Dickson.

Tabela 3. Equações ajustadas para a altura da parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST), relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto para as fontes sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio (RH/DC₁, RH/DC₂ e RH/DC₃, respectivamente), relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e coeficientes de determinação ajustados (R²) para produção de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*)

| <i>Colubrina glandulosa</i> | | |
|-----------------------------|--|----------------|
| Variável | Equação | R ² |
| H (cm) | $H = 9,269333 + 0,091825*N$ | 0,6159 |
| DC (g) | $DC = 2,70150476 + 0,03133405*N - 0,00003652*N^2$ | 0,6217 |
| MSPA (g) | $MSPA = 0,227333 + 0,038077*N$ | 0,5634 |
| MSR (g) | $MSR = 0,261733 + 0,018833*N$ | 0,5362 |
| MST (g) | $MST = 0,575467 + 0,056640*N$ | 0,5555 |
| RH/DC1 | $RH/DC1 = 3,225065 + 0,003288*N$ | 0,3310 |
| RH/DC2 | $RH/DC2 = 3,379977 + 0,001229*N$ | 0,0856 |
| RH/DC3 | $RH/DC3 = 2,927108 + 0,004731*N$ | 0,4772 |
| RH/MSPA | $RH/MSPA = 26,6792990 - 0,2282055*N + 0,0005144*N^2$ | 0,6719 |
| RMSPA/MSR | $RMSPA/MSR = 1,46137032 + 0,00558624*N - 0,00001211*N^2$ | 0,2734 |
| IQD | $IQD = 0,222411 + 0,008901*N$ | 0,5328 |

4.3.1. Altura de parte aérea (H), diâmetro de coletor (DC) e relação altura de parte aérea / diâmetro de coletor (RH/DC)

Verificou-se ausência de efeito significativo de fontes e da interação fontes x doses de nitrogênio sobre o crescimento em altura das mudas de sobrasil ($p > 0,05$). As médias obtidas foram de 25,82, 22,51 e 23,55 cm usando-se sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio, respectivamente (Figura 1).

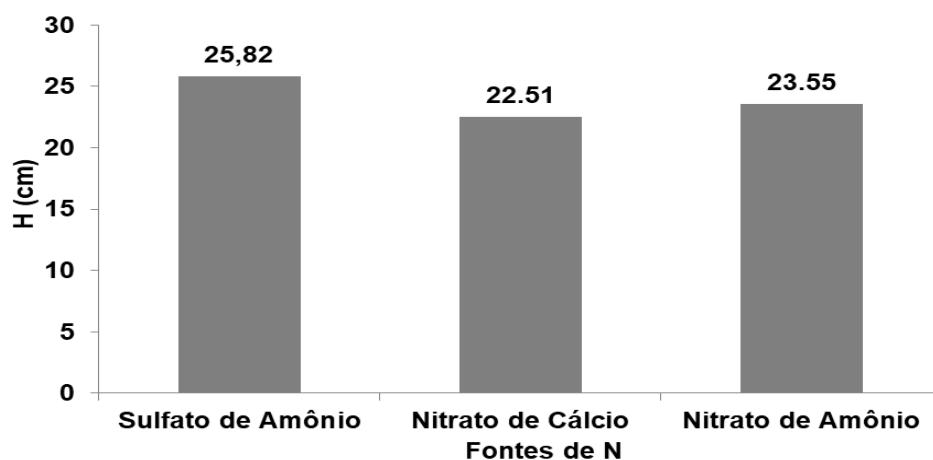


Figura 1 - Altura média de parte aérea (H) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a fontes de nitrogênio.

Em relação às doses de nitrogênio, foi verificado efeito significativo ($p < 0,05$) para o crescimento em altura, O maior valor de altura obtido, 38,7 cm, está associado à maior dose testada, 320,00 mg dm^{-3} de nitrogênio (Figura 2) .

Para o crescimento em diâmetro de coletor das mudas, não houve efeito significativo da interação fontes de nitrogênio x doses ($p > 0,05$). De semelhante modo, não se constatou efeito de fontes (Figura 3). As médias para o diâmetro de coletor das mudas se situaram entre 6,10 e 6,64 mm para nitrato de amônio e sulfato de amônio, respectivamente.

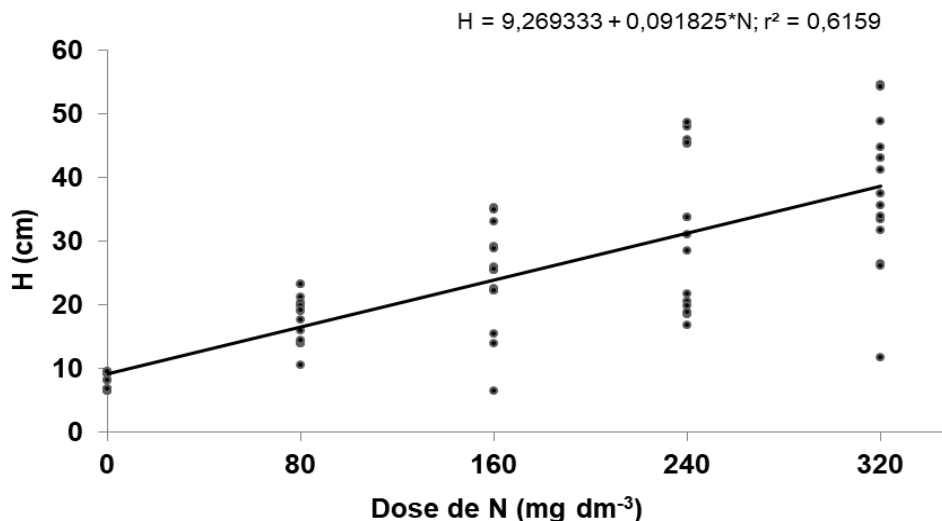


Figura 2 - Altura de parte aérea (H) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

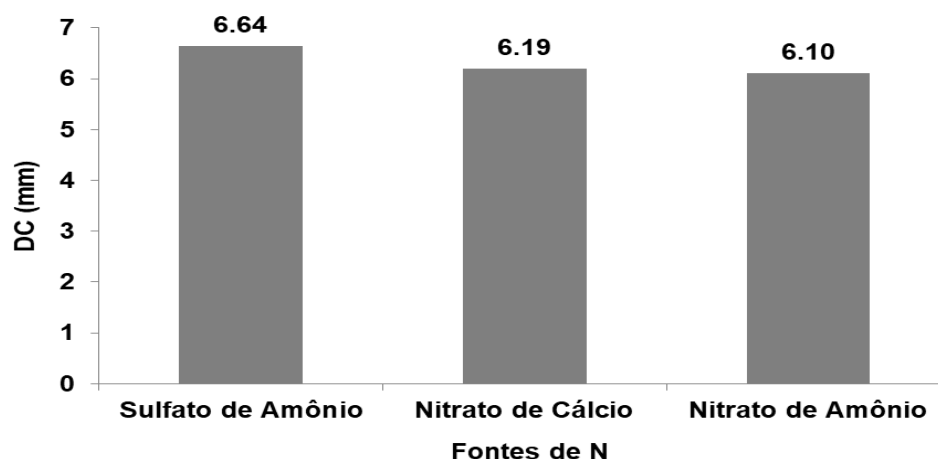


Figura 3 - Diâmetro de coleto (DC) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a fontes de nitrogênio.

Ainda sobre o diâmetro de coleto das mudas, houve efeito significativo das doses de nitrogênio ($p < 0,05$) (Figura 4), Porém, não foi possível a determinação do valor máximo dessa característica, pois, o ajuste sugere que tal valor está associado a uma dose acima da máxima estudada (dose estimada = $391,25 \text{ mg dm}^{-3}$ de nitrogênio). Na dose de $320,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de nitrogênio foi encontrado o maior valor médio de diâmetro de coleto, $8,99 \text{ mm}$.

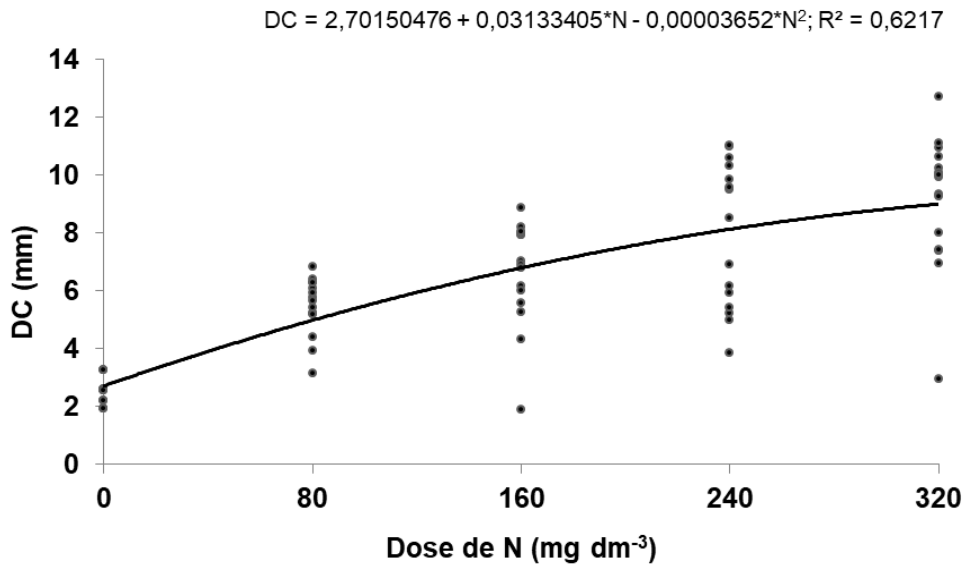


Figura 4 - Diâmetro de coleto (DC) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

Para a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto, foi verificado efeito significativo das fontes nitrogenadas ($p < 0,05$). Médias superiores de RH/DC foram obtidas quando houve aplicação de nitrato de amônio e sulfato de amônio. O menor valor de média foi obtido quando do uso de nitrato de cálcio, porém, esse foi considerado estatisticamente igual ao obtido pela aplicação de sulfato de amônio (Figura 5).

Quanto às doses de nitrogênio, houve efeito significativo na relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto ($p < 0,05$). A dose associada aos menores valores para a relação foi de 0 mg dm⁻³ de nitrogênio (ausência de adubação nitrogenada) (Figura 6). No entanto, as mudas que não receberam adubação nitrogenada tiveram desenvolvimento comprometido, o que mostra que a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto não deve, em certos casos, ser utilizada como única indicadora da qualidade de mudas de espécies arbóreas nativas.

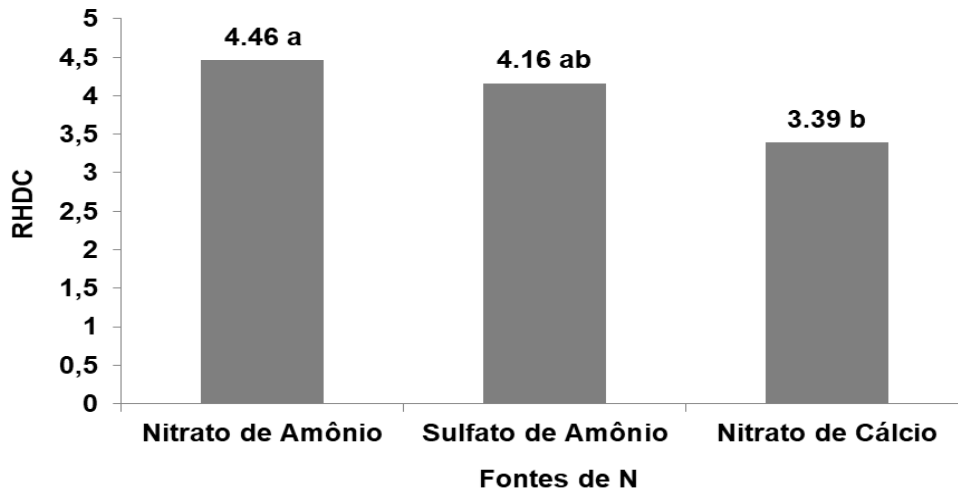


Figura 5 - Relação altura de parte aérea / diâmetro de coletor (RH/DC) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a fontes de nitrogênio. a ≠ b pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

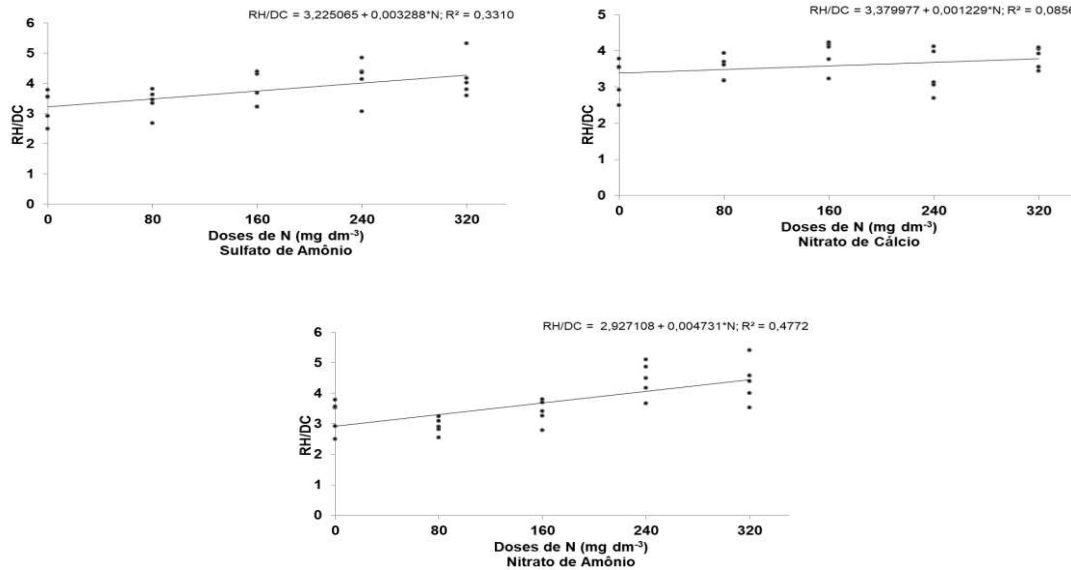


Figura 6 - Relação altura de parte aérea / diâmetro de coletor (RH/DC) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio aplicadas via sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio.

A espécie se mostrou responsiva ao nitrogênio para seu crescimento inicial, visto que as mudas que não receberam adubação nitrogenada (tratamento testemunha, dose = 0 mg dm⁻³ de nitrogênio) tiveram média de 9,3 cm, 24% do valor de média de 38,7 cm, obtido pelas mudas que receberam a dose de 320 mg dm⁻³ de nitrogênio, considerada como melhor tratamento.

De modo semelhante ao presente trabalho, não foi observado efeito de fontes de nitrogênio (forma de nitrato e amônio) sobre o crescimento em altura de mudas de *Apuleia leiocarpa* e *Cassia grandis* (NICOLOSO et al., 2005, SOARES et al., 2017). Já Chaves et al. (2003) verificaram efeitos distintos do uso de ureia, nitrato de amônio e sulfato de amônio na altura de mudas de *Sesbania virgata*, porém, não foi recomendado o uso de adubação nitrogenada para a espécie. Na produção de mudas de *Piptadenia gonoachanta* e *Cariniana legalis*, o sulfato de amônio foi a fonte que promoveu o maior crescimento (MARQUES et al., 2009; GOULART, 2011).

Resultados de experimentos conduzidos em viveiros têm mostrado que a adubação nitrogenada promove ganhos em altura de mudas de espécies arbóreas nativas (RIBEIRO et al., 2001). Foi verificado que a omissão do nitrogênio limitou o crescimento em altura de mudas de *Copaifera langsdorffii* e *Myracrodruon urundeuva* (DUBOC et al., 1996 b; MENDONÇA et al., 1999). Esse tipo de comportamento também foi observado em mudas de *Platycomus regnellii*, *Tibouchina granulosa* e *Acacia mangium* (BRAGA et al., 1995). Porém, no trabalho dos últimos autores citados, a *Aspidosperma polyneuron* se mostrou indiferente em relação à ausência do nitrogênio para seu crescimento. De maneira semelhante, a ausência de adubação nitrogenada não influenciou o crescimento em altura de mudas de *Hymenaea coubaril* e *Diniza excelsa* (DUBOC et al., 1996 a; OLIVEIRA et al., 1998). De acordo com Oliveira et al. (1998) os altos teores de matéria orgânica do solo utilizado como substrato para a produção das mudas, pelo processo de mineralização, pode ter fornecido nitrogênio em quantidades suficientes à demanda da *Diniza excelsa*, justificando a não limitação do seu crescimento em situação de ausência de aplicação de nitrogênio ao substrato.

No que diz respeito às doses de nitrogênio, foi observado efeito significativo do tipo quadrático na altura de mudas de *Pochota fendler*, com determinação de dose ótima para essa característica igual a 160 mg dm⁻³ de nitrogênio, administrado via ureia (SANTOS et al, 2016). Em ensaios com mudas de *Piptadenia gonoachanta* e *Cariniana legalis*, também foi descrito efeito quadrático das doses de nitrogênio em relação à altura, com maiores médias obtidas iguais a 41,71 e 20,43 cm, nas doses de 192,8 e 118,38 mg dm⁻³ de nitrogênio, respectivamente, para as espécies (MARQUES et al., 2009; GOULART, 2011).

No cultivo de *Schizolobium parahyba var. amazonicum* foi observado efeito linear positivo das doses de nitrogênio (ureia) sobre a altura das mudas. A maior média foi obtida na dose máxima testada, 120 mg kg⁻¹ de nitrogênio (VIEIRA et al., 2006). De modo semelhante, na produção de *Cassia grandis* e *Mimosa caesalpiniaefolia*, também se verificou efeito linear positivo na altura das mudas em resposta às doses de nitrogênio. A maior média de altura para as mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* se associou à maior dose testada, 200 mg dm⁻³ de nitrogênio. (SOARES et al., 2017; MARQUES et al., 2006 b).

O efeito linear positivo observado pelos referidos autores em relação ao crescimento em altura das mudas estudadas é semelhante ao verificado nas mudas de sobrasil do presente trabalho, no sentido de que, em todos esses trabalhos, existe uma tendência de que uma dose de nitrogênio superior à máxima testada promoverá maior crescimento em altura das mudas.

Plantas que apresentam maior diâmetro de coleto (DC) têm maior sobrevivência em campo, devido à maior capacidade de formação e crescimento de novas raízes (CARNEIRO, 1983). Souza et al. (2006) acrescentam que a avaliação do DC é de essencial importância na avaliação do potencial da muda para o crescimento após o plantio.

Assim como no presente estudo, não foi descrito efeito de fontes de nitrogênio sobre o crescimento em diâmetro de coleto de mudas de *Piptadenia gonoachanta* e *Astronium fraxinifolium* (MARQUES et al., 2009; FEITOSA et al., 2011).

Ainda em conformidade com o presente trabalho, também foi verificado que a omissão do nitrogênio mostrou-se limitante ao crescimento em diâmetro de coleto de mudas de *Copaifera langsdorffii*, *Myracrodruon urundeuva*, *Platycyamus regnellii*, *Tibouchina granulosa* e *Acacia mangium* (DUBOC et al., 1996 b; MENDONÇA et al., 1999; BRAGA et al., 1995). Entretanto, no trabalho dos últimos autores, as mudas de *Aspidosperma polyneuron* não tiveram o crescimento em diâmetro de coleto afetado pela ausência do nitrogênio. Duboc et al. (1996 a) também observaram que a ausência do fornecimento de nitrogênio não influenciou o crescimento em diâmetro de coleto de *Hymenaea coubaril*. Os autores sugerem que a espécie, assim como outras de crescimento lento, se mostrou menos sensível a mudanças no ambiente nutricional.

Quanto às doses de nitrogênio no crescimento em diâmetro de coleto, bem como no presente estudo, foi observado efeito quadrático em mudas de *Pochota fendler*, *Joannesia princeps* e *Sclerobium paniculatum*, com determinação de dose ótima de 120, 190 e 118 mg dm⁻³ de nitrogênio, respectivamente (SANTOS et al., 2016; DIAS, 2009; DIAS et al., 1992). Entretanto, foi descrito efeito linear positivo das doses de nitrogênio sobre o crescimento em diâmetro de coleto de mudas de *Schizolobium parahyba var amazonicum* e *Mimosa caesalpiniaefolia*, sendo recomendadas, respectivamente, as doses de 100 mg kg⁻¹ e 200 mg dm⁻³ de nitrogênio (VIEIRA et al., 2006; MARQUES et al., 2006 b).

Carneiro (1995) reconhece a importância da relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto (RH/DC). Segundo o autor, a RH/DC representa bem o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, pois, combina duas importantes características morfológicas em apenas um só índice; o autor menciona que quanto menor for a RH/DC, melhor deve ser a qualidade da muda e, como consequência, maior deve ser também a sua capacidade de estabelecimento no local de plantio definitivo. Porém, sugere-se que a RH/DC possui uma desvantagem em si, pela não-consideração do sistema radicular, o que aponta para a necessidade da complementação dos estudos de qualidade de mudas com a utilização de outros índices (MARQUES, 2006).

O efeito de fontes de nitrogênio não foi observado na relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto de mudas de *Piptadenia gonoachanta* (MARQUES et al., 2009). Porém, para mudas de *Dalbergia nigra*, o nitrato de cálcio foi a fonte nitrogenada associada aos menores valores obtidos para essa relação (MARQUES et al., 2006 a).

Em relação ao efeito das doses de nitrogênio, Marques et al. (2006 b), afirmam que em mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, o menor valor de média obtido para a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto foi encontrado na situação de ausência de adubação nitrogenada (dose = 0 mg dm⁻³ de nitrogênio), com efeito linear positivo. Os resultados apresentados pelos autores são semelhantes aos do presente trabalho, para mudas de sobrasil.

Em contrapartida, foi observado efeito linear negativo das doses de nitrogênio sobre a relação altura de parte aérea / diâmetro de coleto em mudas de *Senna macranthera*, onde a dose máxima estudada, 200 mg dm⁻³ de nitrogênio, proporcionou os menores valores observados para esse índice (CRUZ et al., 2010).

4.3.2. Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST).

A produção de massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) não foi influenciada pela interação fontes x doses de nitrogênio nem pelas fontes de nitrogênio ($p > 0,05$) (Figura 7). As médias de produção de massa de matéria seca total foram 11,26 g (sulfato de amônio), 8,74 (nitrato de cálcio) e 8,91 g (nitrato de amônio).

O comportamento exibido pelas mudas em relação à massa de matéria seca de parte aérea, de raízes e total revelou influência significativa das doses de nitrogênio ($p < 0,05$), sendo que as maiores médias foram obtidas pelas plantas que receberam a maior dose testada, 320,00 mg dm⁻³ de nitrogênio (Figuras 8, 9 e 10). O efeito linear observado não permite a

determinação da dose ótima, associada à máxima produção de MSPA, MSR e MST. Estima-se que essa dose se encontre em valor acima da dose máxima testada.

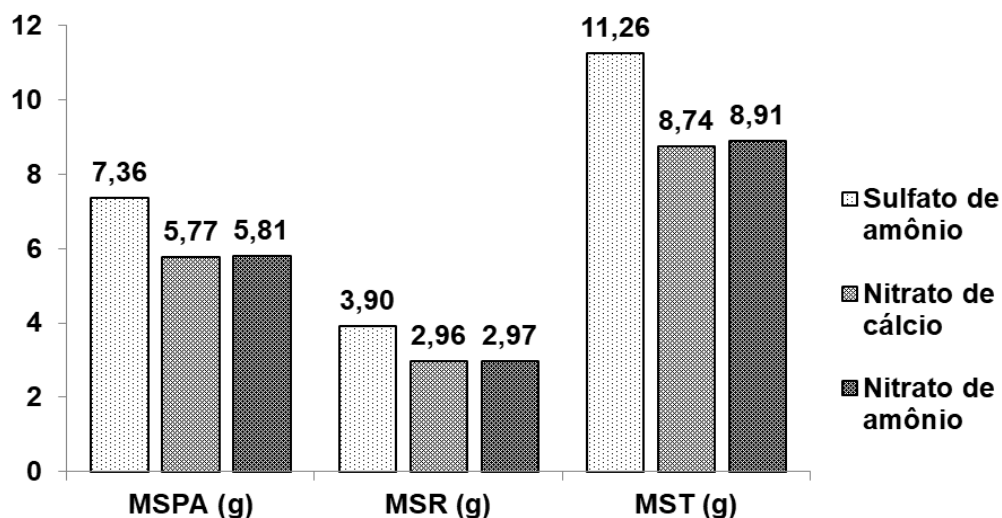


Figura 7 - Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a fontes de nitrogênio.

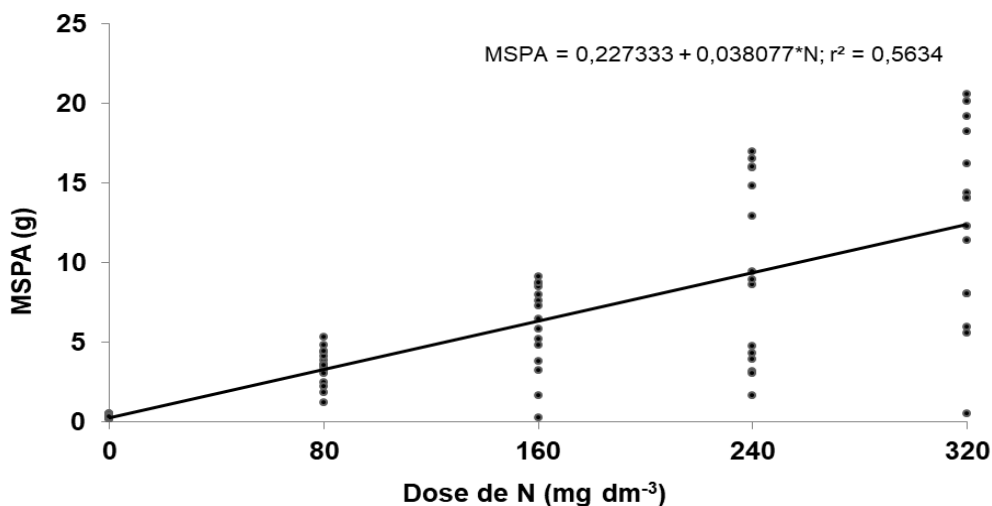


Figura 8 - Massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

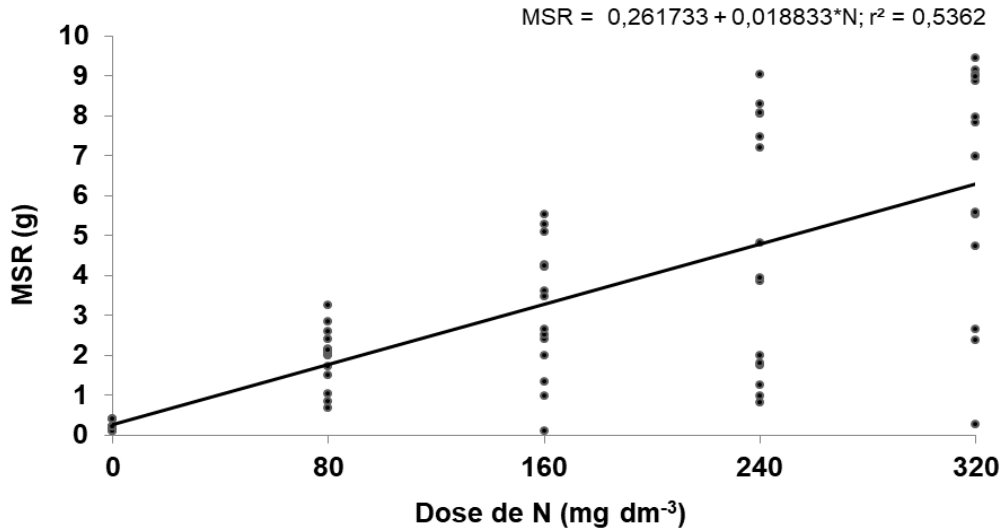


Figura 9 - Massa de matéria seca de raízes (MSR) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

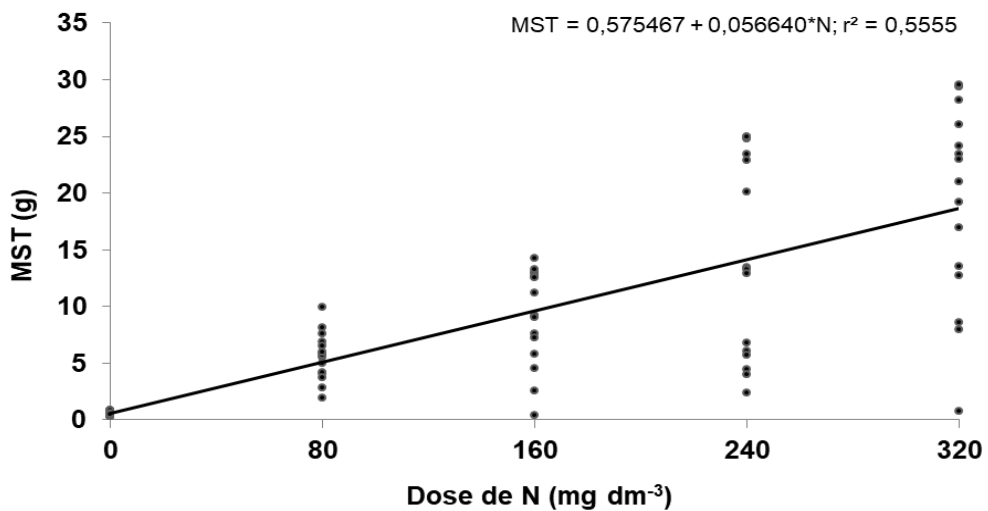


Figura 10 - Massa de matéria seca total (MST) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

Carneiro (1995) afirma que, quando se deseja utilizar da produção de matéria seca das mudas como parâmetro indicador de sua qualidade, deve-se considerar uma partição em raízes, parte aérea e total.

A parte aérea das plantas pode funcionar como uma espécie de reservatório de compostos fotoassimilados, pois, uma vez alojados no caule, esses podem ser redistribuídos para a formação de novas folhas, o que

possibilita maior área de captação de energia solar, contribuindo para o incremento de massa total da planta (MARENCO e LOPES, 2005). Gomes e Paiva (2013), afirmam que a massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) da muda atesta a sua rusticidade, e que essa característica deve ser considerada, mesmo que seu método de obtenção seja do tipo destrutivo.

Gomes (2001) enfatiza que a massa de matéria seca de raízes (MSR) tem sido ressaltada por diferentes autores como uma das mais importantes características para se prever o crescimento inicial e a sobrevivência das mudas no campo.

A massa seca total (MST) é importante para a avaliação da qualidade de mudas, porque os mesmos fatores envolvidos no crescimento em altura atuam sobre a produção de massa seca total. No entanto, o uso dessa característica como única referência para o padrão de qualidade das mudas pode não ser satisfatório (GOMES e PAIVA, 2013). Para as características morfológicas relacionadas à produção de massa das mudas, é interessante, em relação ao padrão de qualidade, que tenham, individualmente, o maior valor possível.

As mudas referentes ao tratamento do tipo testemunha (dose 0 mg dm⁻³) tiveram médias produção de massa de matéria seca de parte aérea e raízes iguais a 0,23 g e 0,26 g, respectivamente, o que representa 1,9% e 4,1% das médias dos melhores tratamentos (na dose de 320 mg dm⁻³ de nitrogênio), 12,41 e 6,29 g, respectivamente, para essas características. O comprometimento na produção de massa de matéria seca e raízes limitou a produção de massa de matéria seca total, na ausência de adubação nitrogenada. Pode-se afirmar que as mudas de sobrasil mostraram resposta positiva em relação à aplicação de nitrogênio mineral, no tocante a produção total e distribuição de massa de matéria seca.

Resultados semelhantes em relação às fontes de nitrogênio foram encontrados no estudo de Nicoloso et al. (2005), onde não se notou efeito de fontes de nitrogênio (formas de nitrato e amônio) sobre a produção de massa de matéria seca de raízes e total de mudas de *Apuleia leiocarpa*. Para mudas

de *Cassia grandis* não se verificou efeito de fontes de nitrogênio (nitrato de cálcio, nitrato de amônio e sulfato de amônio) sobre a produção de massa de matéria seca de parte aérea, raízes e total (SOARES et al. 2017). Em mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* também se observou ausência de efeito de fontes nitrogenadas para a massa de matéria seca de raízes, entretanto, para a massa de matéria seca de parte aérea e massa de matéria seca total, o sulfato de amônio promoveu maior produção (MARQUES et al., 2006 b). Por outro lado, para mudas de *Tabebuia serratifolia*, foi verificado efeito na produção de massa de matéria seca total quando se utilizou nitrato de amônio e sulfato de amônio, enquanto que o uso de nitrato de cálcio não promoveu ganhos para essa característica (GOULART et al., 2017).

A ausência de aplicação de nitrogênio ao substrato limitou a produção de matéria seca de raízes, parte aérea e total de mudas de *Copaifera langsdorffii*, *Platygyamus regnellii*, *Tibouchina granulosa* e *Acacia mangium*, mas, não afetou a produção de massa das mudas de *Aspidosperma polyneuron* (DUBOC et al., 1996 b; BRAGA et al., 1995). De modo semelhante, a ausência de adubação nitrogenada desfavoreceu a produção de massa de matéria seca de parte aérea e de raízes de *Hymenaea courbaill* (DUBOC et al., 1996 a) e de massa de matéria seca de parte aérea de *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999) sendo que a produção de massa de matéria seca de raízes dessa espécie não foi afetada.

Em relação às doses de nitrogênio, observou-se efeito linear positivo para a produção de massa de matéria seca de parte aérea, raízes e total mudas de *Cassia grandis*, *Anadenanthera macrocarpa* e *Mimosa caesalpiniaefolia* (SOARES et al., 2017; GONÇALVES et al., 2008; MARQUES et al., 2006 b), sendo verificado que as maiores médias de produção de massa foram obtidas na máxima dose administrada, 200 mg dm⁻³ de nitrogênio. Os resultados obtidos por esses autores se assemelham aos do presente trabalho, onde se observou a tendência de que maiores valores para essas características podem obtidos em doses de nitrogênio maiores do que as máximas testadas.

Resultados diferentes foram observados para mudas de *Joannesia princeps* em relação às doses de nitrogênio, onde se verificou efeito do tipo quadrático para a produção de massa de matéria seca de parte aérea, de raízes e total (DIAS, 2009). Os autores não determinaram as doses ótimas para essas características porque o comportamento observado nas mudas sugere que os valores de máxima produção estão associados a doses maiores do que a máxima estudada, 300 mg dm⁻³. De modo semelhante, na produção de mudas de *Sclerobium paniculatum* também foi descrito efeito quadrático na produção de massa de matéria seca total, utilizando-se do nitrato de amônio como fonte (DIAS et al., 1992).

4.3.3. Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Não foi constatado efeito da interação fontes x doses de nitrogênio nem de fontes de nitrogênio sobre as relações altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e sobre o Índice de Qualidade de Dickson ($p > 0,05$) (Figura 11). Os valores de IQD calculados para as mudas foram 1,92 (sulfato de amônio), 1,53 (nitrato de cálcio) e 1,49 (nitrato de amônio).

No tocante às doses de nitrogênio, verificou-se efeito significativo na relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea ($p < 0,05$). O valor mínimo obtido para essa relação, 1,37, se associou à adubação com 221,82 mg dm⁻³ de nitrogênio (Figura 12).

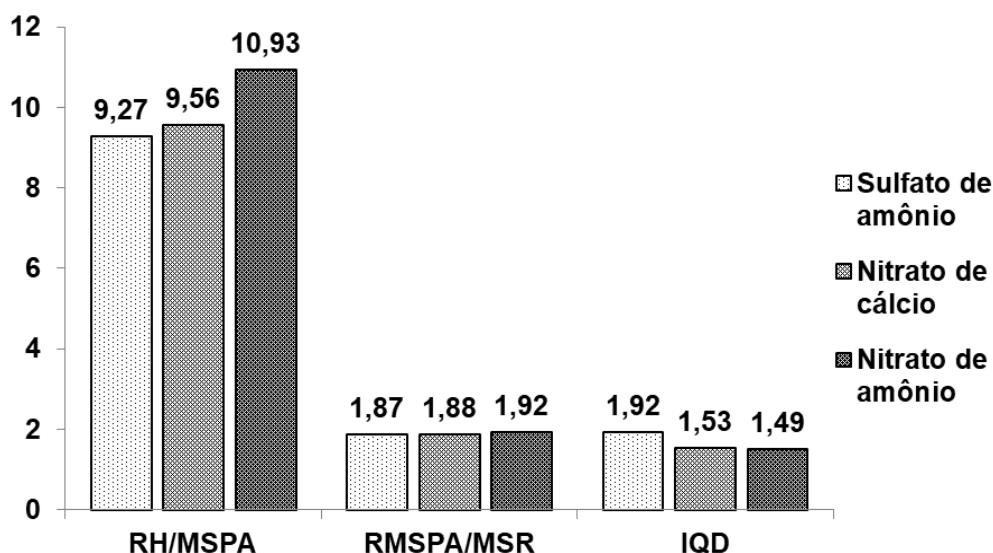


Figura 11 - Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA), relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a fontes de nitrogênio.

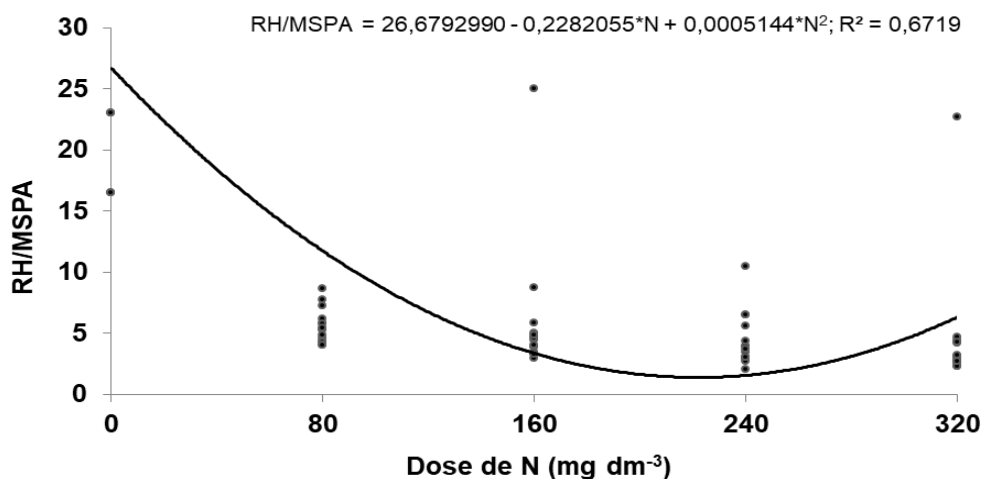


Figura 12 - Relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (RH/MSPA) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio aplicadas.

Foi comprovado o efeito significativo das doses de nitrogênio sobre a relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes ($p < 0,05$) (Figura 13). Assim, determinou-se a dose ótima de adubação nitrogenada, onde a relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes assumiu o valor ideal (2,0): 137,27 mg dm^{-3} nitrogênio.

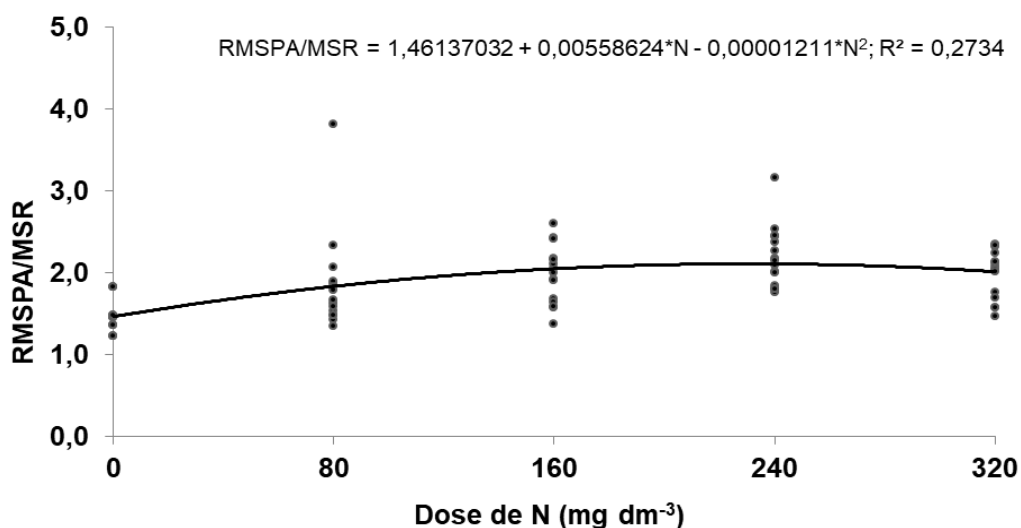


Figura 13 - Relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

As doses de nitrogênio exerceram efeito positivo nas mudas de sobrasil, conforme os valores de Índice de Qualidade de Dickson calculados ($p < 0,05$) (Figura 14). As mudas que apresentaram maiores valores de IQD, 3,07, foram aquelas que receberam a maior dose de nitrogênio, 320,00 mg dm^{-3} . Nesse caso, o comportamento observado sugere que adubações com doses superiores a 320 mg dm^{-3} de nitrogênio devem promover ganhos em qualidade nas mudas de sobrasil.

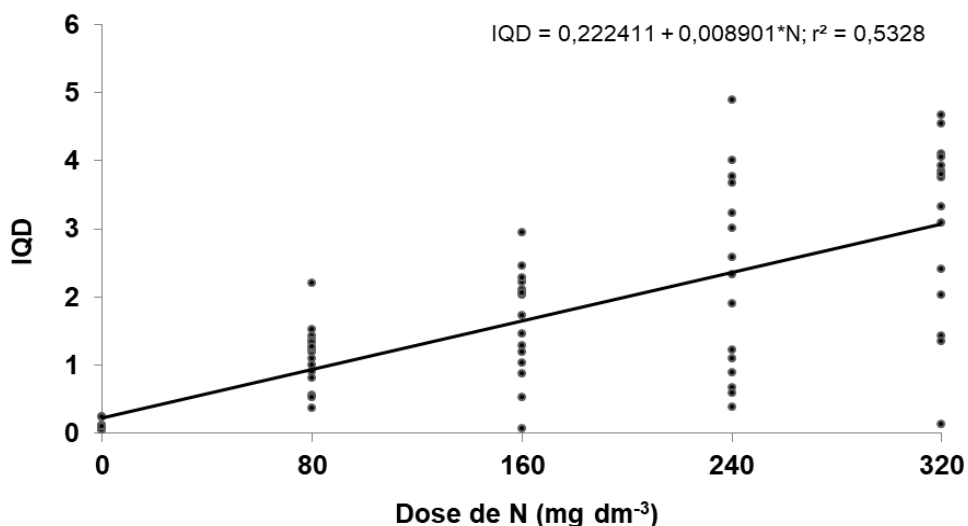


Figura 14 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de sobrasil (*Colubrina glandulosa*) avaliadas aos 110 dias após a repicagem em resposta a doses de nitrogênio.

Em mudas de *Dalbergia nigra* e *Cassia grandis* também não foi observado efeito de fontes de nitrogênio para a relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea (MARQUES et al., 2006 a; SOARES et al., 2017).

Duboc et al. (1996 a) afirmaram que a falta de aplicação de nitrogênio ao substrato não influenciou a relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea de mudas de *Hymenaea coubaril*. Esse comportamento é diferente do observado no presente trabalho, visto que, para as mudas de sobrasil a ausência de adubação nitrogenada se correlacionou ao valor máximo da relação altura de parte aérea / matéria seca de parte aérea, o qual foi diminuindo conforme se aumentaram as doses de nitrogênio aplicadas, até atingir um ponto de inflexão.

Constatou-se efeito quadrático das doses de nitrogênio na relação altura de parte aérea / massa de matéria seca de parte aérea de mudas de *Joannesia princeps* e *Mimosa caesalpiniaefolia*, com determinação de dose ótima igual a 156 mg dm⁻³ de nitrogênio para a segunda espécie, relacionada ao menor valor obtido para a RH/MSPA (MARQUES et al., 2006 b; DIAS, 2009).

A relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes (RMSPA/MSR) é um índice que expõe o equilíbrio de partição de carbono na planta. Condições de estresse como o déficit hídrico e nutricional tendem a causar diminuição do valor desse índice, pois podem estimular a paralização da formação de tecidos mais jovens, causando o deslocamento de fotoassimilados para as raízes, para que possam se desenvolver e explorar maior volume de solo para obtenção de água e nutrientes (MARQUES, 2006). Por outro lado, o aumento da relação altura / massa de matéria seca de parte aérea indica a existência de condições favoráveis ao crescimento. Gomes e Paiva (2013) relatam que, em um encontro de pesquisadores, ficou definido como 2,0 o melhor valor para essa relação.

Diferentes autores têm relatado distintos resultados no estudo da relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes de mudas de espécies arbóreas nativas.

Duboc et al. (1996 b) relataram que a ausência de adubação nitrogenada proporcionou um valor de 1,33, o mais próximo do considerado ideal (2,0), para a relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes de mudas de *Copaifera langsdorffii*, em relação à omissão de outros nutrientes, indicando que a ausência do nitrogênio favoreceu a relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes das mudas avaliadas.

Nicoloso et al. (2005), assim como no presente trabalho, não verificaram efeito de fontes de nitrogênio (formas de nitrato e amônio) sobre a relação massa de matéria seca de raízes / massa de matéria seca de parte aérea de mudas de *Apuleia leiocarpa*. Já para mudas de *Tabebuia serratifolia*, os melhores valores da relação (2,05 e 1,7) foram obtidos quando do uso do nitrato de amônio e do sulfato de amônio, nas doses de 540 e 196 mg dm⁻³ de nitrogênio, respectivamente, sendo observado também efeito de doses de nitrogênio (GOULART et al., 2017).

Em mudas de *Senna macranthera* observou-se efeito negativo das doses de nitrogênio para a relação massa de matéria seca de parte aérea / massa de matéria seca de raízes, onde o valor mais próximo do ideal (2,0) se encontrou na menor dose testada, 50 mg dm⁻³ de nitrogênio (CRUZ et al., 2010). Porém, na produção de mudas de *Swietenia macrophylla* e *Piptadenia gonoachanta*, não se verificou efeito de doses de nitrogênio sobre essa relação (Tucci et al., 2009; Marques et al., 2009).

O Índice de Qualidade de Dickson foi desenvolvido por Dickson, Leaf e Hosner (1960), num estudo sobre o comportamento de mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola* sendo esse índice um dos mais utilizados para análise de qualidade de mudas. Marques (2006) afirma que tanto maior será a qualidade da muda quanto maior for o seu valor calculado de IQD, o qual é uma fórmula balanceada, contendo em si características morfológicas importantes das mudas: massa seca total, altura, diâmetro de coleto, massa de matéria seca seca de parte aérea e massa de matéria seca de raízes. De acordo com Fonseca et al. (2002), o IQD foi eficiente para indicar o padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* cultivadas em condições de viveiro suspenso, onde as mudas apresentaram maiores valores de diâmetro de coleto, massa de matéria seca de parte aérea, de sistema radicular e total, e menores valores para a relação altura / diâmetro de coleto.

Não se observou efeito de fontes de nitrogênio sobre o IQD de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Cassia grandis* e *Cariniana legalis* (MARQUES et al., 2006 b; GOULART, 2011; SOARES et al., 2017). No entanto, para mudas de *Mabea fistulifera*, verificou-se que o nitrato de amônio e o sulfato de amônio foram as fontes que proporcionaram às mudas os maiores valores de IQD (DIAS, 2009). Similarmente, o sulfato de amônio foi a fonte que proporcionou o maior valor de IQD de mudas *Piptadenia gonoachanta* (MARQUES et al., 2009).

Em relação às doses de nitrogênio, estudos com mudas de *Cassia grandis* e *Mimosa caesalpiniaefolia* também mostraram efeito linear positivo para o IQD, sendo o valor máximo obtido na maior dose testada, 200 mg dm⁻³

de nitrogênio, para ambas espécies (MARQUES et al., 2006 b; SOARES et al., 2017). Na produção de mudas de *Senna macranthera* também foram observadas respostas lineares para o IQD em função das doses de nitrogênio, onde o maior valor obtido se situou na dose máxima testada, 200 mg dm⁻³ de nitrogênio (CRUZ et al., 2010).

Contudo, no IQD de mudas de *Joannesia princeps* e *Piptadenia gonoachanta*, foi verificado efeito quadrático às doses de nitrogênio (DIAS, 2009; MARQUES et al., 2009). O comportamento observado nas mudas de *Joannesia princeps*, assim como o notado nas mudas de sobrasil do presente trabalho, sugere que doses acima de 300 mg dm⁻³ de nitrogênio promoverão o aumento do IQD.

4.4. Conclusões e recomendação

A aplicação de nitrogênio mineral favorece o crescimento e a qualidade das mudas de sobrasil. A espécie pode ser considerada responsiva em relação ao nutriente nitrogênio em sua fase inicial de crescimento.

A espécie não apresenta preferência em relação a sulfato de amônio, nitrato de cálcio ou nitrato de amônio, como fontes de nitrogênio, para o crescimento e qualidade de suas mudas.

O comportamento observado nas mudas sugere que a dose ótima para a produção de mudas de sobrasil se encontra acima do valor máximo estudado, 320,00 mg dm⁻³ de nitrogênio.

Referências Bibliográficas

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

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

ASSIS, I.R. **Recuperação de formações florestais associadas a cursos de água e nascentes**. Viçosa: Coordenadoria de Educação Aberta e à distância (CEAD) / UFV. 2015. 12 p.

BRAGA, F.A.; VALE, F.R.; VENTURIN, N.; AUBERT, E. LOPES, G.A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19 n. 1, p. 18 – 31, 1995.

BRANCALION, P. H. S.; MONDO, V. H. V.; NOVEMBRE, A.D.D.L.C. Escarificação química para a superação da dormência de sementes de saguaraji-vermelho (*Colubrina glandulosa* Perk.-Rhamnaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.1, p.119-124, 2011.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 2. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.376-449.

CALDEIRA, M.V.W.; ROSA, G.N.; FENILLI, T.A.B.; HARBS, R.M.P.; Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p.27-33, 2008.

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

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

CARVALHO, R.R. **Sobrasil**. Colombo: Embrapa, 2005. 10 p. (Circular Técnica n. 106)

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292 – 299, 2006.

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

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H.N.; CUNHA, A.C.M.C.M.; NEVES, J. C.L. Crescimento e qualidade de mudas de Fedegoso cultivadas em latossolo vermelho-amarelo em resposta a macronutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 021-033, mar. 2011.

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

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 507-516, 2005.

DIAS, B.A.S. **Produção e qualidade de mudas de Cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), Cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e Canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.) em resposta a diferentes solos, fontes e doses de nitrogênio.** 2009. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.

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

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

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

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

FEITOSA, D.G.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R.; PAIANO, M.O. Crescimento de mudas de Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium*) sob diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.401-411, 2011.

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

FREITAS, E.C.S.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.L.; OLIVEIRA NETO, S.N. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 509 - 519, 2017.

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

GOMES, J. M.; COUTO, L. C.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. G. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

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

GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K**. 2001. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.

GONÇALVES, E.O.; PAIVA, H.N.; CUNHA, A.C.M.C.M.; NEVES.; GOMES, J.M. Nutrição de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. sob diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 273-286, 2013.

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

GONÇALVES, J. L. M.; KAGEYAMA, P. Y.; FREIXEDAS, V. M.; GONÇALVES, J. C.; GERES, W. L. A. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 463-469, 1992.

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

GOULART, L.M.L. **Crescimento e qualidade de mudas de Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich.), Jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e Jequitibá-branco (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze), em resposta à adubação nitrogenada.** 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.

GOULART, L.M.L.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; DUARTE, M.L. Produção de Mudas de Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em Resposta a Fertilização Nitrogenada. **Floresta e Ambiente**, Seropédica (DOI: 101590/e.137315), 2017.

KOHLRAUSCH, F.; JUNG, C. F. Áreas ambientais degradadas: causas e recuperação. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 11., 2015. Rio de Janeiro, RJ. **Resumos...** Rio de Janeiro, RJ: FIRJAN, 2015. p. 1 - 22p.

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

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

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451p.

MARQUES, L, S.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L.; BERNARDINO, D.C.S. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e a qualidade de mudas de Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.) **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.725-735, 2006 a.

MARQUES, L, S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; SOUZA, P. H. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoachanta* J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.81-92, 2009.

MARQUES, L.S. **Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoachanta* 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 de nitrogênio.** 2006. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa.

MARQUES, V.B; PAIVA, H.N.; GOMES, J.M.; NEVES, J.C.L. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 77-85, 2006 b.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 255p.

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

NICOLOSO, F.T.; SARTORI, L.; JUCOSKI, G.O. ABREU, L.S.; VERVI, F.G. Fontes de nitrogênio mineral ($N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$) no crescimento de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 221-223, 2005.

OLIVEIRA, J.M.F.; SILVA, A.J.; SCHWENGBER, D.R.; DUARTE, O.R. Respostas de mudas de Angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n. 9. p. 1503-1507, 1998.

PARROTTA, J. A. *The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 115-133, 1992.

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

REIS, A.; FANTINI, A. C.; REIS, M. S. dos; GRUERRA, M. P.; DOEBLI, G. Aspectos sobre a conservação da biodiversidade e o manejo da floresta tropical atlântica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 1, p.169-173, 1992.

REIS, V.R.; ANDRADE, J. *Colubrina glandulosa*: Avaliação do processo germinativo de espécie florestal, após o uso de técnicas de quebra de dormência. **Darwin Society Magazine**, (Serie Científica) São Paulo, v.16, n.16, p. 7 – 25, 2016.

RIBEIRO, G.T; PAIVA, H.N.; JACOVINE, L.A.G.; TRINDADE, C. **Produção de mudas de eucalipto**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 112p.

SANTOS, R.F.; BATISTA, K.D.; RODRIGUES, L.S.; AQUINO, S.T.M.; VIOLI, T.M.; PEDROZO, C.A. Efeito da adubação nitrogenada na qualidade de mudas de cedro-doce. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 12., 2016. Poços de Caldas, MG. **Resumos...Poços de Caldas**: GSC, 2016. 7 p.

SERATO, D. S.; RODRIGUES, S.C.; Avaliação e recuperação da área degradada (voçoroca) no interior da Fazenda Experimental do Glória no município de Uberlândia (MG). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, n. 2, p.29-42, 2010.

SOARES, C. B.; FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L. *Nitrogen sources and doses on growth and quality of seedlings of Cassia grandis and Peltophorum dubium*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 2, p.292–299, 2017.

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

TOLEDO FILHO, D. V. de; PARENTE, P. R. Arborização urbana com essências nativas. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 42, p. 19-31, 1988.

TUCCI, C.A.F.; LIMA, H.N.; LESSA, J.F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 289-293, 2009.

VIEIRA, A.H.; LOCATELLI, M. FRANÇA, J.M.; CARVALHO, J.O.M. **Crescimento de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby sob diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 17 p. (Série Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento)

WANDELLI, E. V.; SOUSA, S. G. A. de; PERIN, R.; MENEZES, A. L.; MATOS, J. C. de S.; FERNANDES, E. C. M. Capoeirão: um componente agroflorestal madeireiro para sistemas agroflorestais e áreas degradadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998. Belém, PA. **Resumos...** Belém, PA: Embrapa-CPATU, 1998. p. 122-124.

5. CONCLUSÕES GERAIS

A adubação nitrogenada influencia positivamente o crescimento e a qualidade das mudas de canafístula, goiabeira e sobrasil.

As espécies estudadas, canafístula, goiabeira e sobrasil podem ser consideradas exigentes em relação ao nutriente nitrogênio para o seu crescimento inicial.

De maneira geral, não se observou efeito de fontes de N sobre as características morfológicas avaliadas das mudas de canafístula, goiabeira e sobrasil. Assim, para a produção de mudas dessas espécies, dentre as fontes de nitrogênio sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio, recomenda-se aquela que for mais acessível ao viveirista.

Considerando-se os melhores resultados obtidos para altura de parte aérea, massa de matéria seca total e Índice de Qualidade de Dickson, recomenda-se, para a produção de mudas de canafístula, goiabeira e sobrasil, adubação nitrogenada parcelada igualmente aos 40, 55, 70, 80 e 100 dias após a semeadura, aos 40, 55, 70, 80 e 100 dias após a repicagem e aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a repicagem, nas doses de 260, 270 e 320 mg dm⁻³ de nitrogênio, respectivamente, utilizando-se de uma das fontes testadas (sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio).