

Produção de mudas de melaleuca em resposta à adubação nitrogenada

Production of melaleuca seedlings in response to nitrogen fertilization

Marciel Leis Duarte^{1,*}, Haroldo Nogueira de Paiva², Aldo Teixeira Lopes² e Sebastião Martins Filho¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Estatística – UFV, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-900 – Viçosa-MG, Brasil.

² Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal – UFV, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-900 – Viçosa-MG, Brasil.

(*E-mail: marciel.duarte@ufv.br)

<https://doi.org/10.19084/rca.26648>

Recebido/received: 2022.03.07

Aceite/accepted: 2023.02.08

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de fontes e doses de N no crescimento e qualidade de mudas de *Melaleuca alternifolia* Cheel (melaleuca). As fontes de N utilizadas foram nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio em cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³ de N) igualmente parceladas e aplicadas aos 25, 50, 75 e 100 dias após a repicagem. O delineamento estatístico adotado foi o em blocos casualizados, em esquema fatorial (3 x 5), em Latossolo Vermelho-Amarelo, com quatro repetições. Aos 125 dias após a repicagem, foram colhidos dados de altura, diâmetro, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e massa seca total, além das relações altura/diâmetro, massa seca da parte aérea/massa seca de raízes, altura/massa seca da parte aérea e índice de qualidade de Dickson. A aplicação de fertilizantes nitrogenados resultou em ganhos significativos no crescimento e qualidade das mudas. Não houve efeito significativo das fontes, no entanto as doses de N tiveram efeito positivo e significativo para todas as características exceto para a relação altura diâmetro do coleto. O melhor padrão de qualidade das mudas foi obtido com a aplicação de 100 mg.dm⁻³ de N.

Palavras-chave: produção de mudas; nutrição de plantas; viveiros e *Melaleuca alternifolia*

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the effect of sources and doses of nitrogen on the initial growth and quality of *Melaleuca alternifolia* Cheel (melaleuca) seedlings. The nitrogen sources were: ammonium nitrate, calcium nitrate and ammonium sulfate, established in five doses (0, 50, 100, 150 and 200 mg dm⁻³ of N) equally parceled out and applied on the 25th, 50th, 75th and 100 days after transplanting. The experiment was arranged in complete randomized blocks, in (3 x 5) factorial design, in red yellow latosol, with four repetitions. After 125 days of transplanting data regarding height, collar diameter, aerial part dry weight and root, and the ratios between height and collar diameter, height aerial part and dry weight, aerial part dry weight and root dry weight and Dickson quality index (IQD) were collected. There were no significant effects from the nitrogen sources, however the doses of N were positive and significant for all traits except for the ratio between height and collar diameter. The best standards of seedlings quality were obtained from the application of 100 mg.dm⁻³ of N.

Keywords: seedling production; plant nutrition; nursery and *Melaleuca alternifolia*

INTRODUÇÃO

Melaleuca alternifolia Cheel., conhecida popularmente como melaleuca, é uma árvore de pequeno porte, pertencente à família *Myrtaceae*, que chega a atingir no máximo 5 m de altura. É nativa da Austrália, mais especificamente da região de New South Wales, crescendo em regiões pantanosas ou próximas a rios (Oliveira *et al.*, 2020).

Devido às propriedades farmacológicas do óleo essencial que produz, é utilizada na indústria farmacêutica para produção de shampoos, sabonetes, cremes dentais, anti-séptico bucal, repelente de insetos, produtos veterinários, germicidas de condicionadores de ar, dentre outros (Bueno *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2021).

Hoje é cultivada na Austrália em escala industrial para atender às demandas crescentes do mercado, como uma área de cultivo de 4.000 hectares, produzindo aproximadamente 900 t ano⁻¹ de óleo, gerando um valor de AUD 35,32 milhões (Martoni & Blacket, 2021). No Brasil, é produzido em pequena escala e as indústrias de cosméticos tendem a importar o produto, agregando valores na forma de cosméticos, produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (Bueno *et al.*, 2021). Vários fatores contribuem para a baixa produção brasileira, dentre eles, pode ser citada a ausência de informações técnicas relacionadas à produção de mudas da espécie (Pereira *et al.*, 2021).

A qualidade das mudas de espécies florestais produzidas no viveiro é essencial, para que as mesmas possam se estabelecer com êxito no local definitivo de plantio, pois mudas com alto padrão de qualidade apresentam maior potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio, reduzindo muitas vezes custos com tratamentos culturais, manutenção e replantio (Duarte *et al.*, 2015).

Um dos quesitos a serem adotados para produção de mudas de qualidade é a nutrição mineral do substrato a ser utilizado. Os teores de nutrientes no substrato, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio têm grande influência na qualidade das mudas produzidas e no desenvolvimento das mesmas em campo (Tucci *et al.*, 2009).

Uma nutrição nitrogenada adequada melhora os teores foliares deste e de outros nutrientes,

essencialmente o fósforo, aumentando, consequentemente, o crescimento e a produção (Cruz *et al.*, 2006).

As plantas diferem nas preferências por fontes de N, e o absorvem principalmente nas formas inorgânicas, como nitrato (NO₃⁻) e/ou amônio (NH₄⁺). Respostas positivas a adubação nitrogenada tem sido registradas para várias espécies florestais, por diversos autores: Carvalho *et al.*, 2016 (*Schizolobium amazonicum*); Cruz *et al.*, 2006 (*Samanea inesperada*); Fernandes *et al.*, 2019 (*Citharexylum myrianthum*); Goulart *et al.*, 2017 (*Tabebuia serratifolia*), 2021 (*Cariniana seedlings*); Marques *et al.*, 2006a (*Dalbergia nigra*), 2006b (*Mimosa caesalpiniaefolia*); Tucci *et al.*, 2009 (*Swietenia macrophylla*).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento e na qualidade de mudas de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel.), cultivadas em Latossolo Vermelho Amarelo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no período de janeiro a maio, no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa-DEF/UFV, sendo utilizadas amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo, solo predominante na região da Zona da Mata de Minas Gerais, proveniente da Microrregião de Viçosa, retiradas da camada abaixo de 20 cm de profundidade. Posteriormente, este solo foi seco ao ar, peneirado e caracterizado químicamente (Quadro 1) e fisicamente (57% de argila, 11%, de silte 19% de areia grossa e 13 % de areia fina).

As amostras de solo tiveram sua acidez corrigida com a aplicação de corretivos na forma de CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica de 4:1, de modo a elevar a saturação por bases à 60%, conforme preconizado por Souza *et al.* (2008), ficando incubadas por um período de 30 dias, com umidade mantida próxima à capacidade de campo.

A espécie utilizada foi melaleuca (*Melaleuca alternifolia*), cujas sementes foram adquiridas de árvores matrizes, localizadas na região de Viçosa-MG, semeadas em canteiros de areia e posteriormente repicadas.

Quadro 1 - Análise química das amostras de solos utilizadas na produção das mudas antes da aplicação dos tratamentos

| Solo | pH | P | K | S | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H+Al | SB | (t) | (T) | V | m | M.O |
|------|------------------|-----|---|---------------------|------------------|------------------|------------------------------------|------|------|------|------|-----|------|----------------------|
| | H ₂ O | | | mg dm ⁻³ | | | cmol _c dm ⁻³ | | | | % | | | dag kg ⁻¹ |
| LVA | 4,79 | 0,7 | 6 | 15 | 0,11 | 0,01 | 0,92 | 3,9 | 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; **CTC (t)** - Capacidade de Toca Catiônica Efetiva; **CTC (T)** - Capacidade de troca catiônica (pH 7,0); **Ca²⁺, Mg²⁺** e **Al³⁺** - Extrator KCl 1 mol/L; **H+Al** - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; **S** - Extrator Acetato - Fosfato monocálcico em ácido acético; **SB** - Soma de bases trocáveis; **V** - Índice de Saturação por bases; **MO** - C. Org x 1,724 - Método Walkley-Black; **m** - Saturação por alumínio.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial, utilizando-se como tratamentos a combinação de três fontes de nitrogênio, aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio (NH₄NO₃), sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] e nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂], e cinco doses (0, 50, 100, 150, 200 mg dm⁻³ de N) divididas em quatro parcelas iguais, aos 25, 50, 75 e 100 dias após a repicagem. O ensaio foi conduzido com quatro repetições, sendo a unidade experimental composta por um vaso com capacidade de 2,2 dm³.

Após o período de incubação com o calcário, o solo foi colocado nos vasos, e recebeu adubação básica com macronutrientes, via solução, nas doses de 300 mg dm⁻³ de P, 100 mg dm⁻³ de K e 40 mg dm⁻³ de S, tendo como fontes KCl, NaH₂PO₄.H₂O e K₂SO₄. E uma solução de micronutrientes, nas doses de 0,81 mg dm⁻³ de B (H₃BO₃), 1,33 mg dm⁻³ de Cu (CuSO₄.5H₂O), 0,15 mg dm⁻³ de Mo [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], 3,66 mg dm⁻³ de Mn (MnCl₂.H₂O) e 4,0 mg dm⁻³ de Zn (ZnSO₄.7H₂O) (Alvarez *et al.*, 2006).

Posteriormente foram repicadas duas mudas por vaso e mantidas na casa de sombra (sombrite 50%) por um período de 10 dias, sendo posteriormente levadas para casa de vegetação. Decorridos 30 dias, um desbaste foi realizado, deixando-se apenas uma planta por vaso.

As parcelas foram irrigadas periodicamente de forma a manter o solo com cerca de 60% da capacidade de campo até o final do experimento.

Cento e vinte cinco dias após a repicagem, foram coletados os valores de altura (H) e de diâmetro do coleto (DC) das mudas, utilizando para isto uma régua graduada em centímetros e um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, respectivamente. Logo após a tomada dos valores de altura e do diâmetro do coleto, a parte aérea e as raízes das

plantas foram separadas, e colocadas em estufa de circulação de ar a 65 °C por três dias para secagem.

Após o período de secagem na estufa, as partes das mudas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g, para se obter os valores de matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR). A partir desses dados foi possível calcular a relação altura/diâmetro de coleto (RHDC), a relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raiz (RMSPAMSR), altura/peso de matéria seca de parte aérea (RHMSPA) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), mediante a fórmula:

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

Os dados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância e análises de regressão, utilizando o *software R*. Para a escolha das equações de regressão foi considerada a significância dos coeficientes da regressão, o coeficiente de determinação (R²) e também o realismo biológico. A partir das equações de regressão, foram estimadas doses críticas de N para obtenção de 90% da produção máxima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de fertilizantes nitrogenados resultou em ganhos significativos no crescimento e qualidade das mudas. Não houve efeito significativo para as fontes e nem para a interação fonte x dose, no entanto as doses de N tiveram efeito positivo e significativo para todas as características exceto para a relação altura/diâmetro do coleto (Quadro 2).

A resposta das plantas à adubação nitrogenada pode variar de acordo com a fonte de nitrogênio, a

Quadro 2 - Resumo da análise de variância das características e relações estudadas de mudas de melaleuca, avaliadas aos 125 dias após a repicagem

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | | | | |
|------------------|----|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | | H | DC | MSPA | MSR | MST | RHDC | RHMSPA | RMSPAMSR | IQD |
| Bloco | 3 | 728,42** | 1,27 ^{ns} | 9,58** | 93,12** | 157,99** | 5,37 ^{ns} | 0,796 ^{ns} | 0,446** | 1,16** |
| Fonte (F) | 2 | 43,94 ^{ns} | 0,84 ^{ns} | 1,56 ^{ns} | 9,68 ^{ns} | 17,53 ^{ns} | 0,266 ^{ns} | 1,53 ^{ns} | 0,154 ^{ns} | 0,266 ^{ns} |
| Doses (D) | 4 | 2032,0** | 30,89** | 104,10** | 90,43** | 361,35** | 3,605 ^{ns} | 688,89** | 0,502** | 3,987** |
| F x D | 8 | 30,83 ^{ns} | 1,73 ^{ns} | 0,344 ^{ns} | 12,206 | 13,05 ^{ns} | 4,051 ^{ns} | 16,86 ^{ns} | 0,0777 ^{ns} | 0,193 ^{ns} |
| Resíduo | 42 | 77,7 | 0,893 | 1,459 | 11,040 | 11,87 | 2,386 | 9,86 | 0,11511 | 0,2348 |
| CV % | | 21,61 | 22,77 | 47,03 | 50,75 | 43,22 | 17,65 | 52,48 | 50,43 | 47,40 |

** e * Significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F. ^{ns} Não-significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F. H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSPA – matéria seca da parte aérea; MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; RHDC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro de coleto; RHMSP – relação entre altura e matéria seca da parte aérea; RMSPAMSR – relação entre matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz; IQD – índice de qualidade Dickson.

espécie e o substrato (Marques *et al.*, 2006a). Fontes amoniacais podem ser preferidas e mais vantajosas para espécies florestais, visto que a absorção de amônio apresenta menor gasto energético metabólico em relação ao nitrato, não sendo necessária a ação da redutase do nitrato nas raízes (Grespan *et al.*, 1998). Mudas de *Piptadenia gonoacantha* cultivadas por Marques *et al.* (2009) tiveram preferência pelo sulfato de amônio, que verificaram maior crescimento das mudas com a aplicação dessa fonte em relação ao nitrato de amônio e nitrato de cálcio.

Contudo, as plantas podem ter preferências distintas em relação à fonte nitrogenada absorvida em decorrência da forma como o nitrogênio pode estar disponível no ambiente. Segundo Grespan *et al.* (1998), espécies adaptadas a solos ácidos ou com baixo potencial redox costumam utilizar formas amoniacais, enquanto aquelas adaptadas a solos com pH elevado utilizam preferencialmente formas nítricas.

Quando aplicada uma fonte amoniacal em um solo com condições aeróbias e altas temperaturas, a mesma pode apresentar predominantemente o nitrogênio na forma de nitrato (Wang *et al.*, 2012). De acordo com esse autor, o nitrogênio amônio é oxidado a nitrato em um intervalo de aproximadamente 15 a 30 dias, sendo difícil, do ponto de vista prático, obter as vantagens das fontes amoniacais. Concordando com os resultados obtidos neste estudo, Soares *et al.* (2017) também não observaram influência da fonte de nitrogênio no crescimento de mudas de *Cassia grandis* e *Peltophorum dubium*.

As plantas que não receberam adubação nitrogenada apresentaram redução de 39,5 % no crescimento em altura e 68,37% na produção de matéria seca total, comparativamente aos melhores tratamentos (Quadro 3). Esses resultados comprovam que a aplicação de nitrogênio ao substrato levou a ganhos consideráveis de crescimento das mudas de melaleuca.

Quadro 3 - Valores médios de altura (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), matéria seca total (MST), relação altura/diâmetro do coleto (RHDC), relação altura/matéria seca de parte aérea (RHMSPA), relação matéria seca de parte aérea/matéria seca de raiz (RMSPAMSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), para mudas de melaleuca cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo em razão da aplicação de N aos 125 dias após a repicagem

| DOSES (mg dm ⁻³) | H (cm) | DC (mm) | MSPA (g) | MSR (g) | MST (g) | RHDC | RHMSPA | RMSPAMSR | IQD |
|------------------------------|--------|---------|----------|---------|---------|-------|--------|----------|------|
| 0,00 | 50,82 | 5,12 | 1,91 | 4,20 | 6,12 | 10,15 | 27,34 | 0,51 | 0,58 |
| 50,00 | 66,50 | 7,15 | 4,91 | 9,20 | 14,11 | 9,31 | 13,71 | 0,67 | 1,45 |
| 100,00 | 78,98 | 8,28 | 6,77 | 11,09 | 17,86 | 9,65 | 11,88 | 0,76 | 1,76 |
| 150,00 | 84,07 | 9,04 | 8,64 | 10,09 | 18,73 | 9,40 | 10,05 | 0,96 | 1,85 |
| 200,00 | 74,91 | 8,80 | 9,10 | 10,25 | 19,35 | 8,64 | 8,37 | 1,00 | 2,04 |

Corroborando com os resultados deste estudo, vários trabalhos com espécies florestais obtiveram respostas positivas a adubação nitrogenada para o crescimento e qualidades das mudas (Carvalho *et al.*, 2016; Goulart *et al.*, 2017; Leite *et al.*, 2017; Soares *et al.*, 2017; Fernandes *et al.*, 2019; Goulart *et al.*, 2021). O nitrogênio constitui vários compostos nas plantas, como aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila (Taiz *et al.*, 2017), isso justifica sua absorção em maiores concentrações pelas plantas. Ao avaliar a eficiência nutricional de mudas de *Stryphnodendron polyphyllum*, Carnevali *et al.* (2016) verificaram que os nutrientes mais acumulados nos tecidos da planta foram o N e o Ca.

Altura da parte aérea

A altura da parte aérea trata-se de um parâmetro de fácil determinação; não é um método destrutivo, além de sua medição ser muito simples, e, portanto, sempre foi utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros (Gomes e Paiva, 2011).

Para essa característica a análise de variância mostra efeito significativo para as doses de N aplicadas, mas não foi significativo para as fontes e nem para interação fonte x dose. A análise de regressão

apresentou efeito quadrático, possibilitando a determinação da dose crítica de 70 mg dm⁻³ de N, obtendo uma altura de 73,67 cm (Quadro 4).

Concordando com os dados obtidos neste trabalho, Cruz *et al.* (2006) verificaram em seus estudos com mudas de *Semanea inopinata* cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo que a adubação nitrogenada proporcionou ganhos em altura, tendo a espécie apresentado resposta quadrática à aplicação das doses. Resultados semelhantes foram encontrados por Marques *et al.* (2006a), que trabalhando com mudas de jacarandá-da-bahia cultivadas em três tipos de solos, observaram efeito quadrático das doses de nitrogênio para o Latossolo Vermelho-Amarelo, o que possibilitou a determinação do maior valor para a altura das mudas (54,3 cm), obtido na dose de 140 mg dm⁻³ de N.

Discordando dos dados obtidos neste experimento, Nicoloso *et al.* (2001), trabalhando com mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) com 140 dias, não verificaram efeito da adubação nitrogenada, quando aplicada isoladamente ou associada a fósforo, sobre a altura das plantas. Segundo os autores, a espécie demonstra ser medianamente exigente em nitrogênio na sua fase inicial de crescimento quando cultivada em Argissolo Vermelho distrófico arênico.

Quadro 4 - Equações de regressão para altura (H); diâmetro do coleto (D); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST); relação entre altura e matéria seca da parte aérea (RHMSPA); relação entre matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz (RMSPAMSR) e índice de qualidade Dickson (IQD) de mudas de *Melaleuca alternifolia* Cheel. aos 125 dias após a repicagem, em resposta a doses de N. ** e * Significativo a 1% e 5% de probabilidade

| CARACTERÍSTICAS | EQUAÇÕES | R ² |
|-----------------|--|----------------|
| H | $\hat{Y} = 49,7502381 + 0,4576905 \cdot N - 0,0016310 \cdot N^2$ | 96,00 |
| DC | $\hat{Y} = 5,1261190 + 0,0466486 \cdot N - 0,0001408 \cdot N^2$ | 99,00 |
| MSPA | $\hat{Y} = 1,9218571 + 0,0651557 \cdot N - 0,0001448 \cdot N^2$ | 99,00 |
| MSR | $\hat{Y} = 4,5747857 + 0,0977352 \cdot N - 0,0003588 \cdot N^2$ | 86,00 |
| MST | $\hat{Y} = 6,4966429 + 0,1628910 \cdot N - 0,0005036 \cdot N^2$ | 97,00 |
| RHDC | $\hat{Y} = \bar{Y} = 9,954$ | |
| RHMSPA | $\hat{Y} = 26,0078399 - 0,2197956 \cdot N + 0,0006828 \cdot N^2$ | 86,00 |
| RMSPAMSR | $\hat{Y} = 0,5243178 + 0,0025497 \cdot N$ | 96,00 |
| IQD | $\hat{Y} = 0,6457501 + 0,0156708 \cdot N - 0,00004510 \cdot N^2$ | 93,00 |

Diâmetro do coleto

O diâmetro do coleto é de fácil mensuração, não é um método destrutivo, sendo considerado por muitos pesquisadores como sendo um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência, logo após o plantio, de mudas de diferentes espécies florestais (Gomes e Paiva, 2011). No presente trabalho, com relação ao diâmetro de coleto, a análise de variância demonstrou efeito significativo para as doses de nitrogênio, mas não foi significativo para as fontes e nem para interação fonte x dose.

A análise de regressão apresentou resposta quadrática, o que possibilitou estimar a dose crítica de 86 mg dm⁻³ de N, para obter um diâmetro de 8,09 mm (Quadro 4).

Resultados semelhantes foram encontrados por Marques *et al.* (2009) e Goulart *et al.* (2017), que em seus estudos com mudas de Jacaré e Ipê-Amarelo, verificaram efeito quadrático da aplicação de nitrogênio ao substrato para o diâmetro, sendo que o ponto de máximo crescimento foi obtido com a aplicação de 65,75 e 254 mg dm⁻³ de N, respectivamente. Já Gonçalves *et al.* (2008, 2010), em seus trabalhos com angico-vermelho e sansão-do-campo, respectivamente, observaram que o efeito da adição de nitrogênio foi linear crescente para o diâmetro do coleto.

Discordando dos dados obtidos neste trabalho, Cruz *et al.* (2012), verificaram em seus experimentos com mudas de canafístula, que a adição de nitrogênio ao substrato teve efeito linear negativo para o diâmetro do coleto das mudas.

Matéria seca da parte aérea

Para essa característica a análise de variância apresentou resposta significativa a dose de adubação nitrogenada, não sendo significativa para as fontes e nem para a interação fonte x doses. A análise de regressão apresentou efeito quadrático para as doses de N, sendo estimada a dose crítica de 145 mg dm⁻³, obtendo um valor de 8,33 g (Quadro 4).

Nicoloso *et al.* (2001) não encontraram resposta positiva à aplicação de nitrogênio, isoladamente

ou associado ao fósforo, tendo, entretanto, notado que, aplicado junto com o potássio, proporcionou incremento significativo para mudas de garapa. Eles destacaram que a espécie demonstra ser medianamente exigente em nitrogênio na sua fase inicial de crescimento, quando cultivada em Argissolo Vermelho distrófico arênico.

Mudas de mogno cultivadas por Tucci *et al.* (2009) apresentaram respostas positivas a adubação nitrogenada na produção de matéria seca das folhas. Resultados semelhantes foram encontrados por Marques *et al.* (2006b), em mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, onde os autores observaram efeito linear positivo da aplicação de doses de N, em Latossolo Vermelho-Amarelo. Para a mesma espécie, Gonçalves *et al.* (2010) estudando o crescimento das mudas em resposta a macronutrientes, verificaram efeito quadrático da aplicação de nitrogênio para matéria seca da parte aérea.

Matéria seca de raiz

Foi observada resposta significativa à dose de adubação com nitrogênio para essa característica, não sendo significativa para as fontes e nem para a interação fonte x doses. A análise de regressão apresentou resposta quadrática a aplicação de doses de N, possibilitando estimar a dose crítica de 80 mg dm⁻³, para obter um valor de 10,10 g de raiz (Quadro 4).

Cruz *et al.* (2012) verificaram em seus experimentos com mudas de canafístula, que a adubação nitrogenada teve efeito linear negativo sobre a produção de matéria seca de raiz. A falta de resposta ao nitrogênio também foi verificada por Gonçalves *et al.* (2008), em seus trabalhos com angico-vermelho, em que a aplicação de N não apresentou efeito significativo sobre a massa seca de raiz.

Já mudas de sansão-do-campo cultivadas por Marques *et al.* (2006b), apresentaram resposta positiva a adubação nitrogenada, tendo a biomassa de raízes aumentado linearmente com as doses de N aplicadas. Cruz *et al.* (2006) em experimentos com mudas de sete-casas, observaram que a aplicação de doses de N ao substrato apresentou resposta quadrática sobre a matéria seca de raiz.

Matéria seca total

Neste trabalho, com relação a matéria seca total, a análise de variância apresentou efeito significativo para as doses de N, não sendo significativo para as fontes e nem para a interação fonte x doses.

A análise de regressão apresentou efeito quadrático para adubação nitrogenada, o que possibilitou a estimação da dose crítica de 100 mg.dm⁻³, obtendo uma massa total de 17,70 g (Quadro 4).

Mudas de *Senna macranthera* cultivadas por Cruz *et al.* (2011a), não apresentaram efeito significativo a adubação nitrogenada. Resultados semelhantes também foram encontrados por Cruz *et al.* (2011b) em estudos com mudas de canafístula, que também não verificaram nenhum efeito da adubação com nitrogênio.

Efeitos positivos da adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca total, são encontrados com frequência na literatura para diversas espécies florestais. Respostas positivas à aplicação de N foram observadas por Marques *et al.* (2006a, b, 2009), Cruz *et al.* (2006) e Gonçalves *et al.* (2008) em plantas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Dalbergia nigra*, *Piptadenia gonoacantha*, *Samanea inopinata* e *Anadenathera macrocarpa*, respectivamente.

Relação altura por diâmetro do coleto

O valor resultante da divisão da altura da parte aérea de uma muda pelo respectivo diâmetro do coleto exprime um equilíbrio de crescimento, relacionando essas duas importantes características morfológicas num só índice (Gomes e Paiva, 2011). A análise de variância aplicada para avaliação desse índice de qualidade não mostrou efeito significativo quanto as fontes, doses ou a interação fonte x dose.

Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, foram observados em mudas de *Samanea inopinata* submetidas à adubação nitrogenada por Cruz *et al.* (2006). No entanto, Goulart *et al.* (2021) observaram resposta significativa para a relação Altura/Diâmetro do coleto em mudas de *Cariniana estrellensis* produzidas em substrato fertilizado com N.

Relação altura por matéria seca da parte aérea

O quociente obtido pela divisão da altura da parte aérea pelo peso de matéria seca da parte aérea não é comumente usado como um índice para avaliar o padrão de qualidade de mudas, mas pode ser de grande valia se utilizado, principalmente, para prever o potencial de sobrevivência da muda no campo (Gomes e Paiva, 2011).

Segundo Gomes e Paiva (2011) quanto menor for esse índice mais lenhificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo. No caso das mudas de melaleuca utilizadas neste trabalho, o menor valor para esse índice foi de 8,31 na dose de 161 mg dm⁻³ de N (Quadro 4).

Relação matéria seca da parte aérea/ matéria seca de raiz

Para esse índice de qualidade das mudas a análise de variância mostrou efeito significativo para as doses de nitrogênio. Gomes e Paiva (2011) relatam que num encontro de pesquisadores este índice ficou estabelecido como sendo 2,0 a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o respectivo peso de matéria seca de raiz. Para as mudas de melaleuca utilizadas neste experimento a regressão apresentou resposta linear positiva (Quadro 4). Resultados contrários aos encontrados por Tucci *et al.* (2009), que ao estudar efeitos da adubação nitrogenada em mudas de mogno, não observaram efeitos das doses de N para esse índice de qualidade.

Concordando com os dados encontrados neste trabalho respostas significativas para este índice de qualidade de mudas foram encontradas em mudas de *Dalbergia nigra*, *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Piptadenia gonoachanta* submetidas à adubação nitrogenada por Marques *et al.* (2006a, b, 2009), respectivamente.

Índice de qualidade Dickson (IQD)

Gomes e Paiva (2011) afirmaram que o IQD é uma fórmula balanceada, em que se incluem as relações dos parâmetros morfológicos como MST, MSPA MSR, H e DC. Neste trabalho, a análise de

variância mostrou efeito significativo da dose de adubação nitrogenada para esse índice de qualidade, mas não houve efeito significativo para as fontes e nem para interação fonte x doses.

A análise de regressão apontou efeito quadrático para as doses de N, tendo seu ponto de máximo na dose de 174 mg dm⁻³ e obtendo um valor de 2,01 para esse índice de qualidade (Quadro 4). Gomes e Paiva (2011) relatam que, quanto maior o valor desse índice, melhor a qualidade da muda.

Resultados semelhantes foram encontrados por Marques *et al.* (2006a, b, 2009) que observaram efeito significativo da aplicação de N sobre o referido índice em mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Dalbergia nigra* e *Piptadenia gonoacantha*, respectivamente.

Apesar de ser possível determinar as doses críticas para as características e relações citadas anteriormente, além da exigência nutricional da espécie, deve-se levar em consideração que a resposta à adubação nitrogenada varia de acordo com as condições do estudo, conforme o tipo de substrato utilizado. Marques *et al.* (2006 b) avaliaram o efeito de

fontes e doses de nitrogênio na produção de mudas de *Dalbergia nigra* em três solos (Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo) e observaram diferença na resposta às doses de acordo com o solo utilizado.

CONCLUSÃO

A adubação Nitrogenada reflete em ganhos significativos no crescimento e na qualidade das mudas de *Melaleuca alternifolia* Cheel e não há diferença entre as fontes de N testadas para as condições estudadas.

Os melhores valores para todas as características morfológicas são obtidos com aplicação de N variando de 70 a 145 mg dm⁻³.

Diante dos resultados obtidos recomenda-se para produção de mudas de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel) em Latossolo Vermelho-Amarelo a aplicação de 100 mg dm⁻³ de N parceladas equitativamente em 4 aplicações aos 25, 50, 75 e 100 dias após a primeira repicagem.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, V.V.H.; Dias, L.E.; Leite, P.B.; Souza, R.B. & Ribeiro Junior, E.S. (2006) - Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 30, n. 1, p. 111-119. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000100012>
- Bueno, C.C.; Dyna, F.A.G.M.; Oliveira, F.A.G.M.; Silva, T.A.R.; Lembi, M.K.S.; Moritz, C.M.F. & Sakai, O.A. (2021) - Perfil da exportação e importação de óleos essenciais no Brasil, entre os anos de 2020 e 2021, e a predominância do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* no Paraná. *Research Society and Development*, vol. 10, n. 13, art. e560101321574. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21574>
- Carnevali, N.H.S.; Marchetti, M.E.; Vieira, M.C.; Carnevali, T.O. & Ramos, D.D. (2016) - Eficiência nutricional de mudas de *Stryphnodendron polyphyllum* em função de nitrogênio e fósforo. *Ciência Florestal*, vol. 26, n. 2, p. 449-461. <https://doi.org/10.5902/1980509822746>
- Carvalho, A.O.; Bergamin, A.C.; Evaristo, A.P.; Neves, A.H.B.; Carmo, C.C.A. & Guimarães Junior, J.N.S. (2016) - Initial growth of 'paricá' (*Schizolobium amazonicum*) seedlings under different nitrogen doses. *Nativa*, vol. 4, n. 2, p. 112-115. <https://doi.org/10.31413/nativa.v4i2.3254>
- Cruz, C.A.F.E.; Paiva, H.N. & Guerreiro, C.R.A. (2006) - Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). *Revista Árvore*, vol. 30, n. 4, p. 537-546. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000400006>
- Cruz, C.A.F.; Paiva, H.N.; Neves, J.C.L. & Cunha, A.C.M.C.M. (2011a) - Resposta de mudas de *Senna macranthera* cultivadas em Argissolo Vermelho-Amarelo a macronutrientes. *Ciência Florestal*, vol. 21, n. 1, p. 63-76. <https://doi.org/10.5902/198050982748>
- Cruz, C.A.F.; Cunha, A.C.M.C.M.; Paiva, H.N. & Neves, J.C.L. (2011b) - Efeito de macronutrientes sobre o crescimento e qualidade de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. *Revista Árvore*, vol. 35, n. 5, p. 983-995. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000600004>
- Cruz, C.A.F.; Paiva, H.N.; Cunha, A.C.M.C.M. & Neves, J.C.L. (2012) - Produção de mudas de canafístula em latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. *Revista Cerne*, vol. 18, n. 1, p. 87-98. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000100011>
- Duarte, M.L.; Paiva, H.N.; Alves, M.O.; Freitas, A.F.; Maia, F.F. & Goulart, L.M.L. (2015) - Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. *Ciência Florestal*, vol. 25, n. 1, p. 221-229. <https://doi.org/10.1590/1980-509820152505221>
- Fernandes, M.C.O.C.; Freitas, E.C.S.; Paiva, H.N. & Oliveira Neto, S.N. (2019) - Crescimento e qualidade de mudas de *Citharexylum myrianthum* em resposta à fertilização nitrogenada. *Advances in Forestry Science*, vol. 6, n. 1, p. 507-513. <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v6i1.6433>
- Gomes, J.M. & Paiva, H.N. de (2011) - *Viveiros Florestais: propagação sexuada*. Viçosa: UFV, 116p.
- Gonçalves, E.O.; Paiva, H.N.; Neves, J.C.L. & Gomes, J.M. (2008) - Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan.) sob diferentes doses de macronutrientes. *Revista Árvore*, vol. 32, n. 6, p. 1029-1040. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600008>
- Gonçalves, E.O.; Paiva, H.N.; Neves, J.C.L. & Gomes, J.M. (2010) - Crescimento de mudas de sanção-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes doses de macronutrientes. *Scientia Forestalis*, vol. 38, n. 88, p. 599-609.
- Goulart, L.M.L.; Paiva, H.N.; Leite, H.G.; Xavier, A. & Duarte, L.D. (2017) - Produção de mudas de Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em resposta a fertilização nitrogenada. *Floresta e Ambiente*, vol. 24, art. e00137315. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.137315>
- Goulart, L.M.L.; Alves, M.O.; Paiva, H.N.; Leite, H.G. & Xavier, A. (2021) - Produção de mudas de *Cariniana estrellensis* em resposta à fertilização nitrogenada. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, vol. 14, n. 4, art. e8659. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n4e8659>
- Grespan, S.L.; Dias, L.E. & Novais, R.F. (1998) - Crescimento e parâmetros cinéticos de absorção de amônio e nitrato por mudas de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes relações amônio/nitrato na presença e ausência de fósforo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, vol. 22, n. 4, p. 667-674. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000400012>

- Leite, M.S.; Freitas, R.M.O.; Leite, T.S.; Dombroski, J.L.D. & Santos Junior, J.H. (2017) - Growth and morphological responses of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos seedlings to nitrogen fertilization. *Bioscience Journal*, vol. 33, n. 1, p. 88-94. <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n1a2017-32736>
- Marques, V.B.; Paiva, H.N.; Gomes, J.M.; Neves, J.C.L. & Bernardino, D.C.S. (2006a) - Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-de-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex. Benth.). *Revista Árvore*, vol. 30, n. 5, p. 725-735. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500006>
- Marques, V.B.; Paiva, H.N.; Gomes, J.M. & Neves, J.C.L. (2006b) - Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). *Scientia Forestalis*, vol. 71, p. 77-85.
- Marques, L.S.; Paiva, H.N.; Neves, J.C.L.; Gomes, J.M. & Souza, P.H. (2009) - Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes de nitrogênio. *Revista Árvore*, vol. 33, n. 1, p. 81-92. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000100009>
- Martoni, F. & Blacket, M.J. (2021) - Description of an Australian endemic species of *Trioza* (Hemiptera: Trioziidae) pest of the endemic tea tree, *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae). *PLoS One*, vol. 16, n. 9, art. e0257031. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257031>
- Nicoloso, F.T.; Fogaça, M.A.F.; Zanchetti, F. & Missio, E. (2001) - Nutrição mineral de mudas de Grápia (*Apuleia leiocarpa*) em argissolo vermelho distrófico arênico: Efeito da adubação NPK no crescimento. *Ciência Rural*, vol. 31, n. 6, p. 1-8. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000600012>
- Oliveira, T.R.; Teixeira, A.L.; Barbosa, J.P.; Feiria, S.N.B.; Boni, G.C.; Maia, F.; Anibal, P.C.; Wijesinghe, G.K. & Höfling, J.F. (2020) - *Melaleuca* spp. óleo essencial e sua aplicabilidade médica. Uma breve revisão. *Revista Brasileira de Ciências Naturais*, vol. 3, n. 1, p. 249-249. <https://doi.org/10.31415/bjns.v3i1.89>
- Pereira, M.; Gonçalves, L.F.S.; Gomes, E.N.; Rossa, U.B. & Deschamps, C. (2021) - Auxin type and dilution vehicles on vegetative propagation of *Varronia curassavica* Jacq. and *Melaleuca alternifolia* Cheel. *Ornamental Horticulture*, vol. 27, n. 2, p. 238-246. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2253>
- Soares, C.B.; Freitas, E.C.S.; Paiva, H.N. & Neves, J.C.L. (2017) - Nitrogen sources and doses on growth and quality of seedlings of *Cassia grandis* and *Peltophorum dubium*. *Revista Árvore*, vol. 41, n. 2, art. e410214. <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000200014>
- Souza, P.H.; Paiva, H.N.; Neves, J.C.L.; Gomes, J.M. & Marques, L.S. (2008) - Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas de *Machaerium nictitans* (Vell.) Benth. *Revista Árvore*, vol. 32, n. 2, p. 193-201. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000200001>
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.M. & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 888 p.
- Tucci, C.A.F.; Lima H.N. & Lessa, J.F. (2009) - Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica*, vol. 39, n. 2, p. 289-294. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200007>
- Wang, Y.Y.; Hsu, P.K. & Tsay, Y.F. (2012) - Uptake, allocation and signaling of nitrate. *Trends in Plant Science*, vol. 17, n. 8, p. 458-467. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.04.006>