

## Substratos e doses de fertilizantes de liberação lenta no crescimento e qualidade de Mudanças de Paricá

### *Substrates and doses of slow release fertilizers in growth and quality of Paricá Seedlings*

Tiago de Souza Santiago<sup>1</sup>, Leonardo José Damasceno<sup>2</sup>, Daiane de Cinque Mariano<sup>3</sup>, Ângelo Augusto Ebling<sup>4</sup>, Cândido de Ferreira de Oliveira Neto<sup>5</sup>, Ricardo Shigueru Okumura<sup>6</sup>

**RESUMO:** O manejo de fertilização do substrato é uma atividade relevante no programa de produção de mudas florestais. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da aplicação de fertilizante de liberação lenta e convencional em diferentes substratos no crescimento e a qualidade de mudas de paricá [*Schilozobium parabyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby]. O experimento foi conduzido em viveiro, com delineamento experimental inteiramente casualizado, esquema fatorial 5x2x2, constituídos de cinco doses (0, 150, 300, 450 e 600 dag m<sup>-3</sup>), duas fontes de fertilizantes NPK 10-10-10 (fertilizante convencional-FCO e fertilizante de liberação lenta-FLL) e dois tipos de substratos (Argissolo e areia), com 10 repetições. Aos 90 dias após a semeadura, avaliou-se a altura da parte aérea (H), diâmetro do caule (DC), massas secas da parte aérea (MSPA), radicular (MSR) e total (MST), relação altura da parte aérea e diâmetro do caule (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD). No substrato areia, o FLL apresentou superioridade comparado ao FCO nas variáveis H, DC, MSPA, MSR, MST e IQD, sem efeito estatístico para H/DC. Enquanto no substrato Argissolo, para o IQD, as doses dos fertilizantes apresentaram semelhança no desenvolvimento das mudas, com ajuste quadrático para H e MSR e linear positivo para MSPA e MST. De acordo com o IQD, as doses recomendadas do FLL foram de 614,40 e 693,33 dagm<sup>-3</sup> nos substratos areia e Argissolo, respectivamente, enquanto que o FCO ( $\hat{Y} = 0,8820 + 0,00199x$ ) apresentou superioridade ao FLL ( $\hat{Y} = 0,7322 + 0,00416x - 0,000003x^2$ ) em doses maiores, no substrato Argissolo.

**Palavras-chave:** Espécies florestais nativas. Índice de qualidade de Dickson. Produção de mudas.

**ABSTRACT:** The management of substrate fertilizers is a highly relevant activity with the production of forest seedling program. Current study evaluates the effect of the application of slow-release and conventional fertilizers in different substrates on the growth and quality of seedlings of paricá [*Schilozobium parabyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby]. Experiment was conducted in a greenhouse, within a totally randomized design, factorial scheme 5x2x2, with five doses (0, 150, 300, 450 and 600 dag m<sup>-3</sup>), two sources of fertilizers NPK 10-10-10 (conventional fertilizer-FCO and slow-release fertilizer-FLL) and two types of substrates (Argisol and sand), with 10 replications. Ninety days after planting, height of aerial section (H), stem diameter (DC), dry mass (MSPA), radicular (MSR) and total aerial section (MST), ratio of height of aerial section and stem diameter (H/DC) and Dickson's quality index (IQD) were evaluated. With regard to sand substrate, FLL had a higher rate than FCO in variables H, DC, MSPA, MSR, MST and IQD, without any statistical relevance for H/DC. In Argisol substrate, for IQD, fertilizers' doses were similar in seedling development, with quadratic adjustment to H and MSR and positive linearity for MSPA and MST. According to IQD, doses recommended for FLL were between 614.40 and 693.33 dagm<sup>-3</sup> in substrates sand and argisol respectively; FCO ( $\hat{Y} = 0.8820 + 0.00199x$ ) had higher rates for FLL ( $\hat{Y} = 0.7322 + 0.00416x - 0.000003x^2$ ) in higher doses in Argisol substrate.

**Keywords:** Dickson's quality index. Native forest species. Production of seedlings.

---

**Autor correspondente:**

Tiago de Souza Santiago: [tiagosantiago1415@gmail.com](mailto:tiagosantiago1415@gmail.com)

Recebido em: 03/03/2020

Aceito em: 19/07/2020

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, discente no Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus (PI), Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Produção Animal na Amazônia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Parauapebas (PA), Brasil.

<sup>3</sup> Professora Adjunto III da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Parauapebas (PA), Brasil.

<sup>4</sup> Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Parauapebas (PA), Brasil.

<sup>5</sup> Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém (PA), Brasil.

<sup>6</sup> Professor Associado I da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Parauapebas (PA), Brasil.

## INTRODUÇÃO

A produção de mudras de espécies florestais nativas ainda apresenta escassez de recomendações técnicas com relação às suas exigências nutricionais e nem sempre é possível conciliar a viabilidade econômica do processo (ZANATTA *et al.*, 2016), resultando em impacto negativo sobre o uso econômico (madeireiro e não-madeireiro) ou soluções ambientais como reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (PORQUEDDU *et al.*, 2016; VILLACÍS *et al.*, 2016; HOU *et al.*, 2019).

O paricá [*Schilozobium parabyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby] tem sido utilizado em projetos florestais por apresentar características pertinentes como crescimento rápido a campo e a utilização da madeira na fabricação de compensados, caixotaria leve e pesada, formas de concreto, miolo de portas e de painéis (LORENZI, 2014), sendo imprescindível aos empreendimentos silviculturais o manejo correto de produção de mudras com qualidade elevada, no menor tempo possível e em condições acessíveis (HAASE; DAVIS, 2017; NYOKA *et al.*, 2018).

A fertilização mineral em quantidade equilibrada e no período de exigência (SILVA *et al.*, 2017; SIMÕES *et al.*, 2018), associada ao substrato utilizado (ALVES *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019), pode disponibilizar condições adequadas para o desenvolvimento eficaz de espécies florestais como o paricá.

No método tradicional de produção de mudras de árvores nativas, os fertilizantes de elevada solubilidade são amplamente utilizados e por causa da frequência de irrigação no viveiro florestal, a eficiência dessas fontes podem ser mais baixas, resultado das perdas por lixiviação (DUTRA; MASSAD; SARMENTO, 2016). O parcelamento da adubação é uma estratégia de mitigação, contudo em larga escala de produção, torna-se inviável economicamente em função da escassez e onerosidade da mão de obra para a implantação e manutenção da atividade (SILVA *et al.*, 2015).

546

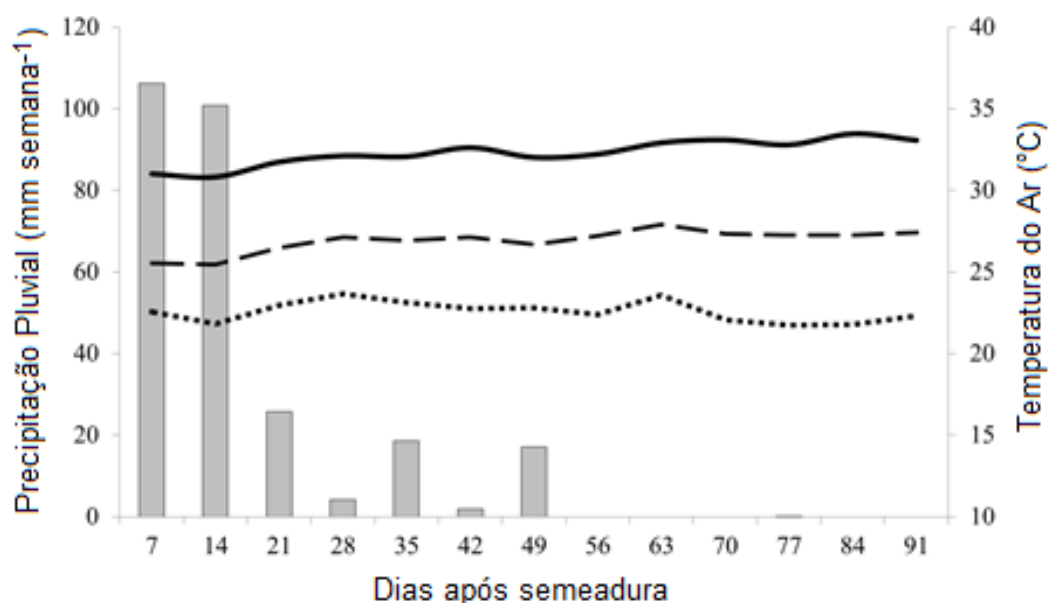
Uma alternativa às desvantagens do método tradicional é a utilização de fertilizantes de liberação lenta, que devido à sua constituição, resultam em menor perda por lixiviação, por apresentar uma membrana de resina orgânica semipermeável revestindo os compostos solúveis (geralmente macro e micronutrientes), sendo dilatada e contraída em função da temperatura e depleção de nutrientes na solução do solo próximo às raízes, resultando em uma dinâmica de liberação gradual e osmótica de nutrientes pelo fertilizante e mantendo em níveis equilibrados durante o período de crescimento das mudras (NAZ; SULAIMAN, 2016; FU *et al.*, 2018; CABREIRA *et al.*, 2020; YE *et al.*, 2020), embora tenha custo de aquisição superior aos fertilizantes convencionais (ROSSA *et al.*, 2013).

Outro fator de importância na produção das mudras florestais é a composição dos substratos, em que as características físico-químicas e biológicas que os compõem influenciam diretamente na germinação de sementes, enraizamento e na nutrição das plantas (HIGASHIKAWA *et al.*, 2016; REZENDE *et al.*, 2016; MOTA *et al.*, 2018; PASCUAL *et al.*, 2018).

Assim, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito da aplicação de fertilizante de liberação lenta e convencional em diferentes substratos no crescimento e a qualidade de mudras de paricá [*Schilozobium parabyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby].

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condição de viveiro, instalado na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), município de Parauapebas (PA) (06° 04' 16,4" S; 49° 49' 8,3" O; 270 m), no período de abril a junho de 2018. Os dados climáticos referentes ao período experimental estão descritos na Figura 1, e de acordo com os valores, considerados normais para o período (INMET, 2020).



**Figura 1.** Distribuição semanal da Precipitação Pluvial (mm) e da temperatura do ar (°C), máxima (—), média (- - -) e mínima (.....), no período de 01 de abril a 30 de junho de 2018, medida na Estação Meteorológica da UFRA, Campus de Parauapebas.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2x2, sendo assim especificado: cinco doses do formulado NPK 10-10-10 (0, 150, 300, 450 e 600 dag m<sup>-3</sup>), duas fontes de NPK 10-10-10 (fertilizante convencional de alta solubilidade - FCO e fertilizante de liberação lenta, Osmocote® - FLL) e dois tipos de substratos (solo Argissolo - PVA e areia lavada, de textura grossa <2,0 mm), com 10 repetições.

O solo utilizado neste estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), de textura francoargilo-siltoso (EMBRAPA, 2018). As análises químicas e físicas do solo referente ao substrato PVA foram: pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 4,4; pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub> = 4,8; P<sub>Melich</sub> = 1,0 mg dm<sup>-3</sup>; P<sub>Resina</sub> = 3,0 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 2,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 3,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S = 3,2 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 13,0 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 22,5 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 1,0 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 180,0 mg dm<sup>-3</sup>; Na = 2,5 mg dm<sup>-3</sup>; Bo = 0,3 mg dm<sup>-3</sup>; C = 16,0 g dm<sup>-3</sup>; soma de bases = 3,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC<sub>pH 7,0</sub> = 6,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica = 2,8%; saturação por bases = 50,5%; areia grossa = 170; areia fina = 230; silte = 220; e argila = 380.

O recipiente utilizado foi vasos plásticos, com volume total de 0,0012 m<sup>3</sup>, sendo as fontes e respectivas doses misturadas a cada tipo de substrato anteriormente ao preenchimento do recipiente para semeadura.

As sementes utilizadas foram provenientes de coleta direta realizada no município de Canaã dos Carajás (PA), a partir de 18 árvores matrizes, selecionando as sementes sadias e submetendo ao tratamento de superação de dormência tegumentar pelo método de escarificação mecânica, com esmerilhamento na parte oposta à micropila (LORENZI, 2014) e em seguida semeadas duas sementes por vaso, a 1,0 cm de profundidade. Após a germinação, as plântulas foram desbastadas, deixando apenas a mais vigorosa em cada vaso. O manejo da irrigação foi por microaspersão, sempre que necessário para manter a capacidade de campo do substrato.

As avaliações de crescimento das mudas foram realizadas aos 90 dias após a semeadura, mensurando a altura da parte aérea, com régua graduada, da região do coleto até o meristema apical caulinar, além do diâmetro do coleto, com auxílio de paquímetro digital (ARAÚJO *et al.*, 2017; NOGUEIRA *et al.*, 2019). O comprimento da parte aérea é amplamente utilizado em viveiros de produção de mudas, por ser de fácil mensuração e não destrutiva, fornecendo excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo (CAIONE; LANGE; SCHONINGER, 2012).

Avaliações de caráter destrutivo foram realizadas por meio do seccionamento das plantas ao nível do coleto a fim de obter-se parte aérea e parte radicular (BARBOSA *et al.*, 2019). As partes obtidas foram acondicionadas separadamente em sacos de papel devidamente identificados e levadas para estufa de circulação forçada de ar à tempera-

tura de 65 °C por 72 horas até atingir massa constante (PIAS *et al.*, 2013; CONEGLIAN *et al.*, 2016; VIEIRA; WEBER; SCARAMUZZA, 2018). Após a secagem, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g para obter a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSR) e, a partir da soma dos valores, foi determinada a massa seca total (MST).

De posse dos valores, foram realizados cálculos de transformação dos parâmetros nas relações: altura de parte aérea e diâmetro do coleto (ROSSA *et al.*, 2015) e o índice de qualidade de Dickson (CALLEGARI *et al.*, 2017; ARAÚJO *et al.*, 2018; ANDRADE *et al.*, 2019), calculado por meio da equação 1:

$$IQD = \frac{MST}{(H/DC) + (MSPA/MSR)} \quad (1)$$

Em que:

IQD = índice de qualidade de Dickson;

MST = massa seca total (g planta<sup>-1</sup>);

H = altura da parte aérea (cm);

DC = diâmetro de coleto (mm);

MSPA = massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>);

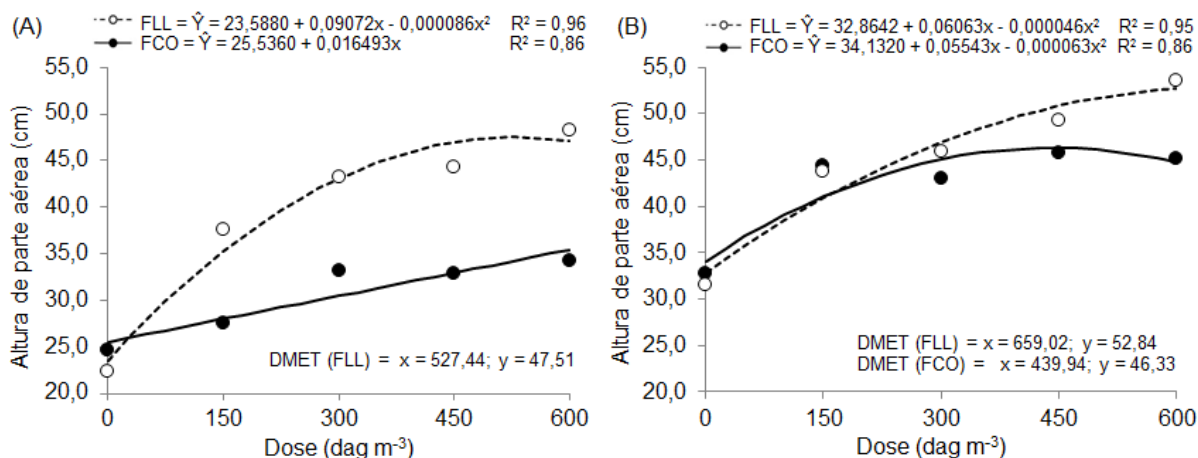
MSR = massa seca da raiz (g planta<sup>-1</sup>).

Os dados experimentais foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e de Levene a 1% de probabilidade, para verificação da normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Atendidas as pressuposições básicas, realizou-se a análise de regressão polinomial, mediante a utilização do programa computacional *Sisvar* (FERREIRA, 2019).

548

### 3 RESULTADO E DISCUSSÃO

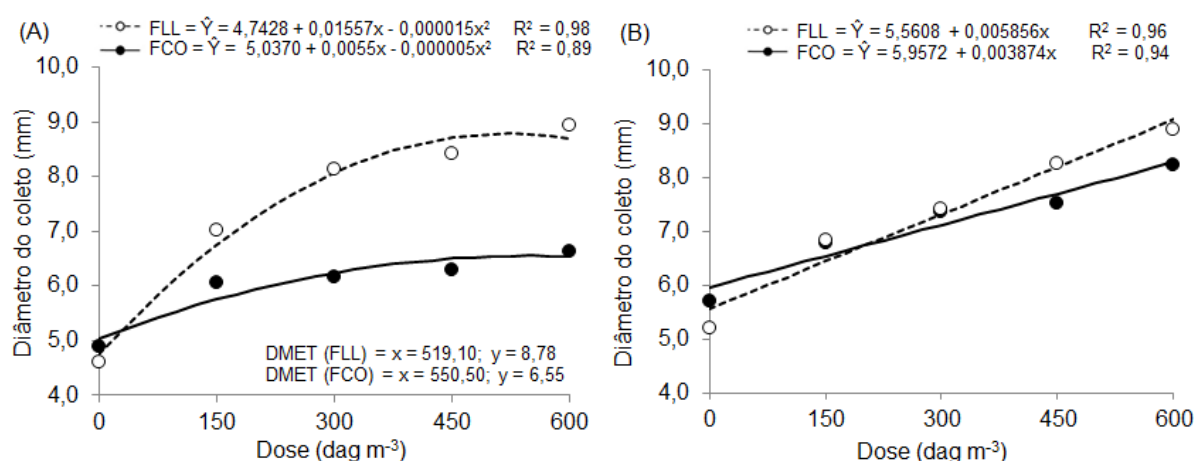
Os dados para altura de parte aérea (H) nas condições experimentais apresentaram melhor ajuste para a equação quadrática nos substratos utilizados, com exceção ao fertilizante convencional (FCO) no substrato areia, que melhor ajustou à equação linear (Figura 2). A dose de máxima eficiência técnica estimada (DMET) para o fertilizante de liberação lenta (FLL) no substrato areia foi de 527,44 dag m<sup>-3</sup>, correspondendo a mudas de 47,51 cm de altura média. No substrato Argissolo, as plantas apresentaram altura de 52,84 e 46,33 cm obtidos nas doses de 659,02 e 439,94 dag m<sup>-3</sup> com a aplicação dos fertilizantes FLL e FCO, respectivamente.



DMET = dose de máxima eficiência técnica (dag m<sup>-3</sup>).

**Figura 2.** Altura de parte aérea (cm) de mudas de paricá submetidas a doses (dag m<sup>-3</sup>) dos fertilizantes Osmocote® (FLL) e NPK convencional (FCO), nos substratos areia (A) e Argissolo Vermelho-Amarelo (B). Parauapebas (PA), Brasil, 2018.

O diâmetro do coleto apresentou desempenho positivo com o aumento das doses, contudo com comportamento distinto entre os substratos (Figura 3), sendo verificado que o substrato areia promoveu maior eficiência nas doses de FLL comparativamente ao fertilizante FCO, com diferença de 4,18 mm entre a DMET ( $x = 519,10 \text{ dag m}^{-3}$ ;  $y = 8,78 \text{ mm}$ ) e a média de 4,60 mm obtida pelo controle negativo (tratamento sem fertilização), enquanto que para o fertilizante convencional foi verificada diferença de apenas 1,66 mm de diâmetro entre a DMET ( $x = 550,50 \text{ dag m}^{-3}$ ;  $y = 6,55 \text{ mm}$ ) e o controle negativo (4,89 mm).



DMET = dose de máxima eficiência técnica ( $\text{dag m}^{-3}$ ).

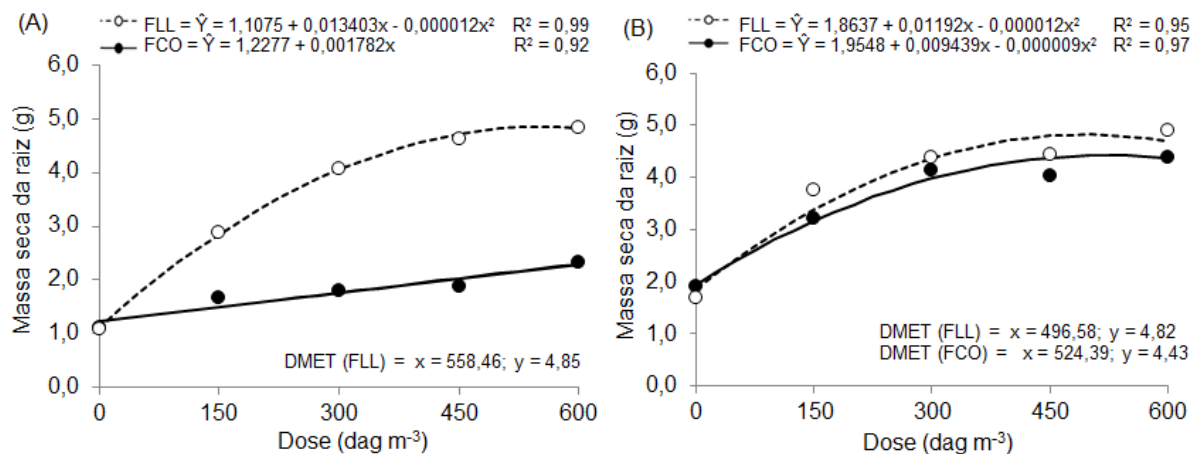
**Figura 3.** Diâmetro do coleto (mm) de mudas de paricá submetidas a doses ( $\text{dag m}^{-3}$ ) dos fertilizantes Osmocote® (FLL) e NPK convencional (FCO), nos substratos areia (A) e Argissolo Vermelho-Amarelo (B). Parauapebas (PA), Brasil, 2018.

Os resultados obtidos estão de acordo com os descritos por Rossa *et al.* (2013), que avaliando parâmetros de crescimento de mudas de paricá, obtiveram DMET de  $865 \text{ dag m}^{-3}$  para altura de parte aérea correspondente a 32,15 cm e de  $1.207,00 \text{ dag m}^{-3}$  para o valor de 4,58 mm de diâmetro de coleto. Resultados semelhantes foram obtidos por Brachtvoegele Malavasi (2010), estudando mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) e verificaram altura média de 39,54 cm mediante aplicação de  $350 \text{ dag m}^{-3}$  de Basacote® Plus 3M (16-8-12 + micronutrientes) e de 23,53 cm na dose de  $100 \text{ dag m}^{-3}$  de fertilizante convencional e micronutrientes (15-70-10 + fritas). Todavia, Pias *et al.* (2013), avaliando a produção de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*), obtiveram DMET para diâmetro de coleto e altura de parte aérea de 1,43 mm e 6,45 cm com a aplicação de FLL nas doses de 781,0 e 769,0  $\text{dag m}^{-3}$ , respectivamente.

No estudo realizado por Moraes Neto *et al.* (2003) para produção de mudas de *Guazum aulmifolia*, *Peltophorum dubium* e *Eucalyptus grandis*, foram obtidos melhores resultados com a aplicação de Osmocote® (14-14-14) na dose de  $642,00 \text{ dag m}^{-3}$ , em que observaram DMET superiores aos promovidos nas condições do presente estudo. Ainda segundo os autores, para as espécies florestais *Calycophyllum spruceanum* e *Pinus caribaea* var. *caribaea*, as doses e/ou fertilizantes estudados não foram suficientes para as mudas atingirem tamanho adequado para utilização no campo.

A variável massa seca da raiz foi positivamente influenciada com a adubação (Figura 4), com eficiência divergente pelo tipo de substrato, verificando que o substrato areia associado ao fertilizante convencional apresentou raízes com massa seca menor (2,34 g) comparada às plantas submetidas ao FLL (4,83 g), na maior dose ( $600 \text{ dag m}^{-3}$ ). Brondani *et al.* (2008) observaram comportamento linear decrescente para a massa seca da raiz de mudas de angico-branco (*Anadenanthera colubrina*), com redução de 30% da massa com a aplicação da dose de  $500 \text{ dag m}^{-3}$  de Osmocote®, comparado ao controle negativo (tratamento sem fertilização). No substrato Argissolo as aplicações dos tipos de fertilizantes apresentaram resultados semelhantes entre si, com diferença nas DMET, sendo de 496,58 e 524,39  $\text{dag m}^{-3}$  para FLL e FCO, respectivamente.

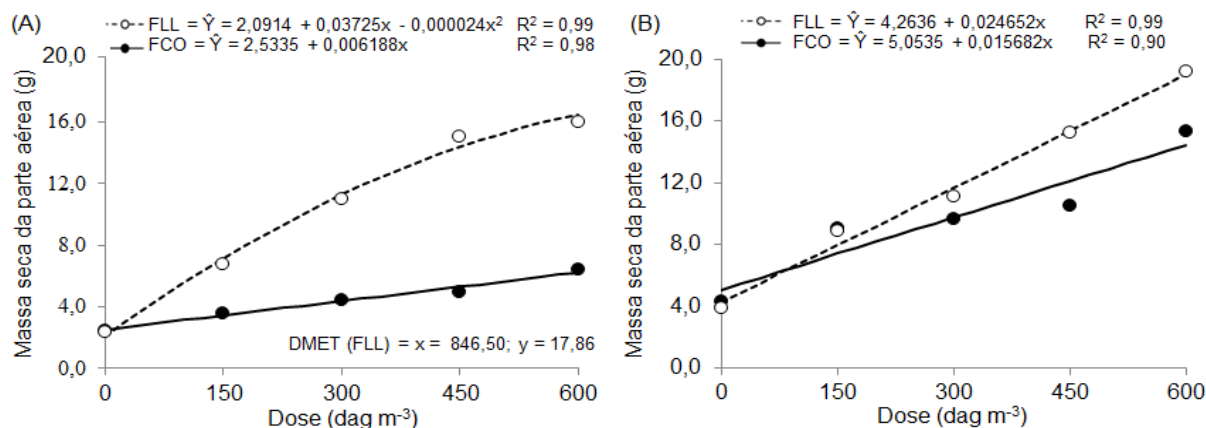




DMET = dose de máxima eficiência técnica (dag m<sup>-3</sup>).

**Figura 4.** Massa seca da raiz (g) de mudas de paricá submetidas a doses (dag m<sup>-3</sup>) dos fertilizantes Osmocote® (FLL) e NPK convencional (FCO), nos substratos areia (a) e Argissolo Vermelho-Amarelo (b). Parauapebas (PA), Brasil, 2018.

De acordo com Schumacher, Ceconi e Santana (2004), plantas com suprimento adequado de nutrientes promovem maior alocação de massa seca para a parte aérea e está diretamente correlacionado com a sobrevivência e desempenho inicial das mudas após o plantio no campo (GOMES; PAIVA, 2012). Pelos resultados apresentados na Figura 5A, foi verificado que a massa seca na parte aérea das mudas submetidas ao FCO apresentou comportamento linear crescente nos dois substratos avaliados, enquanto que o FLL no substrato areia apresentou ajuste quadrático ( $\hat{Y} = 2,0914 + 0,03725x - 0,000024x^2$ ), indicando efeito negativo para a variável nas doses superiores a 846,50 dag m<sup>-3</sup> (DMET) e no substrato Argissolo (Figura 5B), os resultados indicaram comportamento linear ( $\hat{Y} = 4,2636 + 0,024652x$ ), com respostas superiores àquelas observadas com a aplicação de FCO a partir da menor dose (150 dag m<sup>-3</sup>).

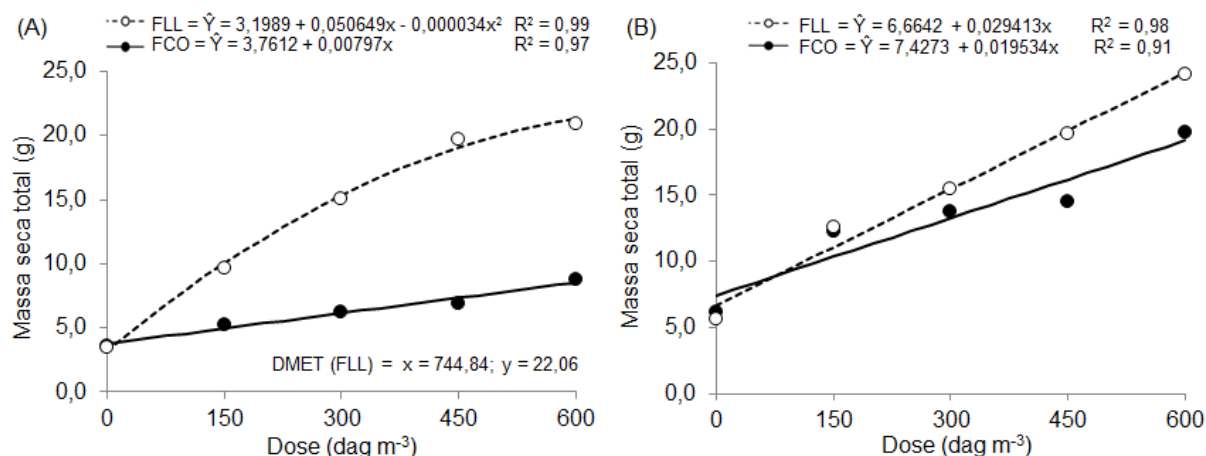


DMET = dose de máxima eficiência técnica (dag m<sup>-3</sup>).

**Figura 5.** Massa seca da parte aérea (g) de mudas de paricá submetidas a doses (dag m<sup>-3</sup>) dos fertilizantes Osmocote® (FLL) e NPK convencional (FCO), nos substratos areia (a) e Argissolo Vermelho-Amarelo (b). Parauapebas (PA), Brasil, 2018.

Rossa *et al.* (2013) obtiveram para a mesma espécie, sob adubação com FLL, os melhores valores de massa da parte aérea de 1,78 g com a aplicação de 800 dag m<sup>-3</sup>. Brachtvoegele Malavasi (2010) não obtiveram efeito significativo para as variáveis massa seca da parte aérea e massa seca total de mudas de canafístula submetidas a 100 dag m<sup>-3</sup> de FCO.

A massa seca total das plantas de paricá apresentou crescimento linear positivo para as doses dos fertilizantes no substrato Argissolo (Figura 6). Enquanto, no substrato areia, o FLL foi superior ( $\hat{Y} = 3,1989 + 0,0500649x - 0,000034x^2$ ;  $R^2 = 0,99$ ;  $DMET = 744,84 \text{ dag m}^{-3}$ ) comparado ao fertilizante FCO ( $\hat{Y} = 3,7612 + 0,00797x$ ).

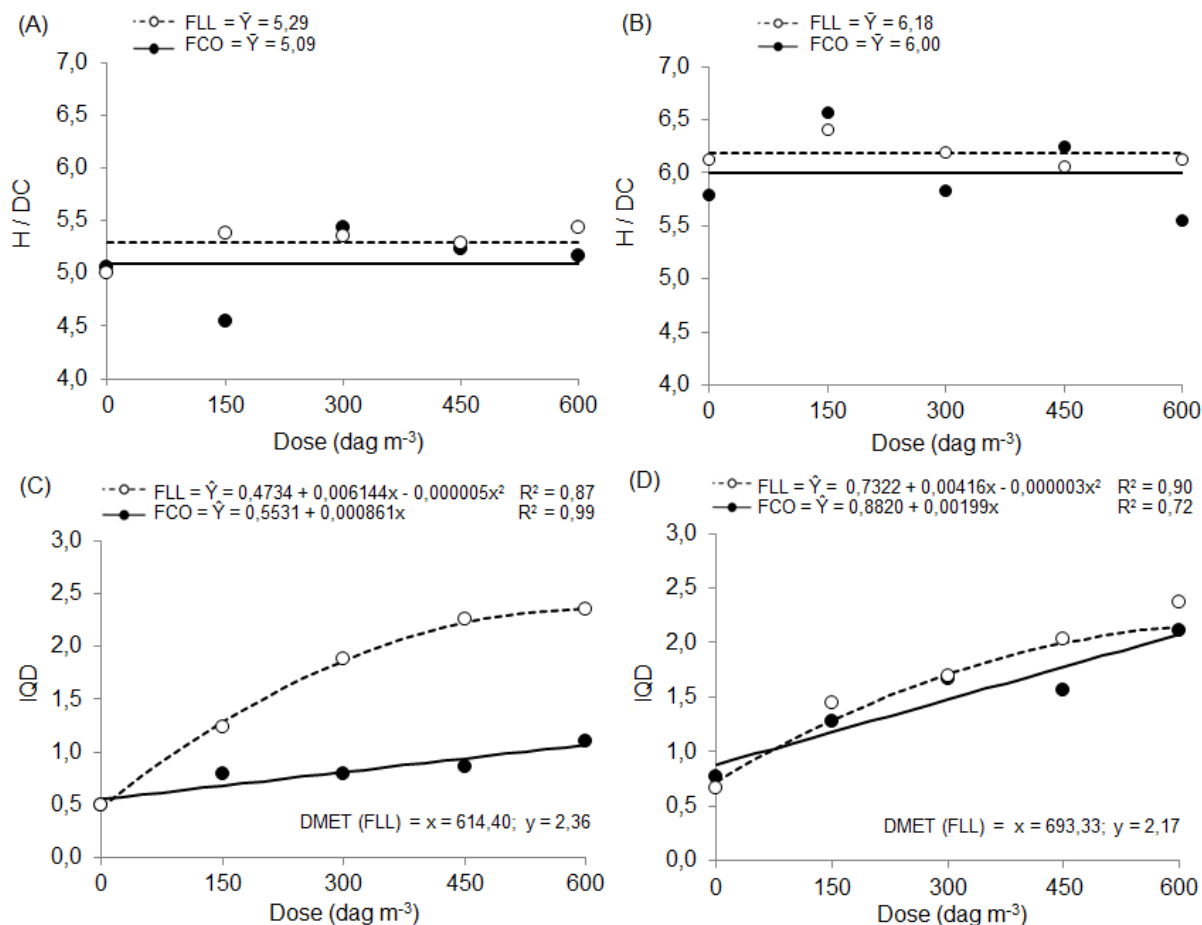


DMET = dose de máxima eficiência técnica (dag m<sup>-3</sup>).

**Figura 6.** Massa seca total (g) de mudas de paricá submetidas a doses (dag m<sup>-3</sup>) dos fertilizantes Osmocote® (FLL) e NPK convencional (FCO), nos substratos areia (a) e Argissolo Vermelho-Amarelo (b). Parauapebas (PA), Brasil, 2018.

Os fatores nutricionais da planta influenciam diretamente o crescimento e a morfologia dos vegetais (BRONDANI *et al.*, 2008) e, de forma específica, o sistema radicular tende a ser mais afetado por estar em contato com ambiente nutricional da planta (ESPSTEN; BLOOM, 2004).

Dessa forma, não devem ser utilizados isoladamente os parâmetros morfológicos, evitando o risco de selecionar mudas maiores, porém debilitadas, ocasionando alta taxa de mortalidade no campo (FONSECA *et al.*, 2002). Assim, recomendam-se avaliações que caracterizem as relações desses parâmetros e que correspondam ao efetivo desenvolvimento das mudas, como a relação entre altura de planta e diâmetro do coleto - H/DC (Figuras 7A, B), que caracteriza o equilíbrio de desenvolvimento entre as partes da muda, sendo que espécies florestais são recomendados valores menores que 10,0 (JOSE; DAVIDE; OLIVEIRA, 2009) para obtenção de mudas de maior vigor após o plantio, resistência à dessecação pelo vento e fixação no solo (GOMES; PAIVA, 2012). Araújo *et al.* (2017) afirmam que, especificamente para o paricá, os valores de H/DC devem estar entre 5,4 e 8,1 para ser considerada muda de alta qualidade.



DMET = dose de máxima eficiência técnica (dag m<sup>-3</sup>).

**Figura 7.** Parâmetros de qualidade de mudas de paricá submetidas a doses (dag m<sup>-3</sup>) dos fertilizantes Osmocote® (FLL) e NPK convencional (FCO), nos substratos areia (a) e Argissolo Vermelho-Amarelo (b). Parauapebas (PA), Brasil, 2018.

O rendimento biológico individual das partes do vegetal mediante a matéria seca e as relações que estabelecem entre si são importantes para avaliar o desempenho das mudas (FREITAS *et al.*, 2017) e nesse contexto o índice de qualidade de Dickson - IQD (Figuras 7C, D) possibilita ponderar vários parâmetros de acordo com a robustez e o equilíbrio da distribuição da massa seca entre os tecidos subterrâneos e aéreos da planta, sendo sugerido como um dos melhores indicadores da qualidade das mudas (FONSECA *et al.*, 2002; BINOTTO; LÚCIO; LOPES, 2010) e quanto maior o valor obtido, melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES; PAIVA, 2012).

Apesar dos resultados para H/DC não apresentarem diferença estatística (Figuras 7A, B), foram verificadas mudas de alta qualidade conforme Araújo *et al.* (2017), com valores de 5,29 e 6,18 para FLL nos substratos areia e Argissolo, respectivamente, e de 6,00 para FCO no Argissolo. Os índices obtidos foram menores que os descritos por Rossa *et al.* (2013), com a aplicação de 600 dag m<sup>-3</sup> de FLL em mudas de paricá em tubetes. Por outro lado, Caione, Lange e Schoninger (2012) obtiveram para a mesma espécie resultados deste índice variando de 8,77 a 9,48, mediante a fertilização de macronutrientes em conjunto e isoladamente.

Para o IQD, a fertilização promoveu o incremento na qualidade das mudas até a dose de 614,40 dag m<sup>-3</sup> de FLL ( $\hat{Y} = 0,4734 + 0,006144x - 0,000005x^2$ ) no substrato areia (Figura 7C) e diferiu do comportamento de FCO que promoveu ajuste linear ( $\hat{Y} = 0,5531 + 0,000861x$ ), na qual, ao aplicar a maior dose avaliada (600 dag m<sup>-3</sup>) promoveu IQD de 1,11, sendo este valor 1,25 menor que aquele correspondente à mesma com aplicação de FLL (2,36).

Enquanto que no substrato Argissolo (Figura 7D), o fertilizante convencional obteve resultados semelhantes aos do fertilizante de liberação lenta, possibilitando melhores índices que o FLL em dosagens superiores às dosagens



propostas visto que apresentou ajuste linear ( $\hat{Y} = 0,8820 + 0,00199x$ ) e o FLL promove máximo efeito positivo até a dose de 693,33 dag m<sup>-3</sup>, conforme a equação  $\hat{Y} = 0,7322 + 0,00416x - 0,000003x^2$ . Em última análise, a dose de máxima eficiência técnica do FLL ( $x = 693,33$  dag m<sup>-3</sup>;  $y = 2,17$ ) necessitou de maior quantidade do fertilizante e promoveu menor incremento do IQD comparada ao substrato areia.

Os resultados para IQD com a aplicação dos fertilizantes avaliados foram superiores aos citados na literatura. Rossa *et al.* (2013), avaliando mudas de paricá em tubetes submetidos ao FLL, observaram IQD entre 0,29 e 0,58 ( $\hat{Y} = 0,3193 - 0,0203x + 0,0046x^2$ ). Caione, Lange e Schoninger (2012) verificaram IQD de 0,38 em mudas de pinho-cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) com aplicação dos nutrientes prontamente solúveis (150, 300 e 100 g m<sup>-3</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente) e Rossa *et al.* (2015) estimaram a DMET de 624 dag m<sup>-3</sup> para mudas de angico-vermelho fertilizadas com FLL ( $\hat{Y} = -0,0098x^2 + 0,1223x + 0,0668$ ), em que doses superiores prejudicaram a altura da planta, com redução de até 41%.

Houve influência do tipo de substrato para os resultados e isso pode estar associado às características físico-químicas que apresentam, uma vez que no substrato Argissolo por apresentar maior microporosidade e teor de matéria orgânica comparado a areia (NOVAIS *et al.*, 2007), provavelmente promoveu maior retenção de nutrientes oriundos da adubação mineral e/ou da fertilidade natural, e ainda, do teor de água para dissolução dos compostos solúveis, proveniente tanto da irrigação quanto dos 295,2 mm de precipitação pluvial acumulada (Figura 1), constituindo-se, assim, em fatores fundamentais para o aumento da disponibilidade de nutrientes às mudas, mesmo para o fertilizante de solubilização rápida (convencional).

De acordo com Melo, Mendes e Guimarães (2003) a escolha do substrato para a formação das mudas deve proporcionar porosidade, baixa densidade, boa capacidade de retenção de água, ser de baixo custo e uniforme na composição, isento de pragas, patógenos e plantas daninhas, proporcionando excelente germinação e desenvolvimento das mudas. Contudo, é difícil obter um substrato que proporcione todas as condições adequadas simultaneamente, sendo necessária a mistura de componentes distintos para compor o substrato (TRAZZI *et al.*, 2013).

Em estudos futuros, substratos comerciais podem ser incluídos na investigação do desenvolvimento das mudas de paricá em viveiro, bem como do desempenho das plantas após o plantio.

A fertilização do substrato é uma das fases mais importantes na produção de mudas de espécies arbóreas (MORAES NETO *et al.*, 2003), em que a indicação da quantidade de adubo a ser utilizada e a provável eficiência são essenciais na redução de custos operacionais e aumento na qualidade das mudas (BRACHTVOGEL *et al.*, 2006). Assim, o conhecimento das doses adequadas para cada espécie, e a característica do adubo em disponibilizar os nutrientes de forma equilibrada às plantas, possibilita a obtenção de maior crescimento das mudas, seja em viveiro ou campo, maior produtividade e economia pelo produtor e menores impactos ambientais negativos (NAVROSKI *et al.*, 2016).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O incremento de doses no substrato composto por areia resulta em mudas com maior altura de parte aérea, diâmetro de coleto e acúmulo de massa seca total com a aplicação de fertilizante de liberação lenta (FLL) comparativamente ao fertilizante convencional (FCO). Enquanto que no substrato Argissolo, a aplicação do fertilizante promove efeito semelhante entre si sobre as mudas de paricá.

A relação entre altura de parte aérea e diâmetro de coleto não foi significativa, porém apresentam valores médios que correspondem a mudas de alta qualidade.

Mediante o índice de qualidade de Dickson (IQD), é recomendada a dose de 614,40 dag m<sup>-3</sup> de FLL aplicada ao substrato areia objetivando atingir a qualidade máxima das mudas (IQD = 2,36), e quando opta-se pelo substrato

Argissolo, os fertilizantes têm efeito positivo semelhante com o incremento das doses, porém até a dose de 693,33 dag m<sup>-3</sup> para FLL ( $\hat{Y} = 0,7322 + 0,00416x - 0,000003x^2$ ) e superioridade do FCO em dosagens superiores ( $\hat{Y} = 0,8820 + 0,00199x$ ).

## 5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Federal Rural da Amazônia.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. N.; MOREIRA, W. K. O.; BEZERRA, L. A.; OLIVEIRA, S. S.; FRANCO, T. M.; OKUMURA, R. S.; SILVA, R. T. L.; OLIVEIRA, I. A.; LEÃO, F. A. N. Substrates and irrigation frequencies in the development of seedlings of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 249-258, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n11p249>

ANDRADE, A. V. N.; SANTANA, J. S.; SILVA, J. P.; SILVA, T. F. R.; LIMA, Y. M. W.; SILVA, W. A. Growth of *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. **Floresta**, v. 49, p. 651-660, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5380/rf.v49i4.57186>

554

ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. S.; GONÇALVES, E. O.; ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, p. 16-23, 2017.

ARAÚJO, M. S.; CONEGLIAN, A.; HODECKER, B. E. R.; PELÁ, A.; GONÇALVES, R. N.; ROCHA, E. C. Initial growth of Brazilian fire tree (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake) fertilized with phosphorus in Red-Yellow Latosol. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, p. 1108-1113, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.07.PNE1035>

BARBOSA, T. P.; CHAGAS, J. R. M.; SILVA, B. O.; SILVA, E. G.; LIMA, T. T. S. Crescimento e qualidade de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* em diferentes substratos. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, p. 1-7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22491/rca.2019.3052>

BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Correlation between growth variables and the dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, p. 457-464, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>

BRACHTVOGEL, E. L.; FREIBERGER, M. B.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Efeito do uso de um fertilizante de lenta disponibilidade e do volume do recipiente na formação de mudas de *Peltophorum dubium*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 5, p. 67-71, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.18188/sap.v5i1.2092>

BRACHTVOGEL, E. L.; MALAVASI, U. C. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert em viveiro. **Revista Árvore**, v. 34, p. 223-232, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000200004>

BRONDANI, G. E.; SILVA, A. J. C.; REGO, S. S.; GRISI, F. A.; NOGUEIRA, A. C.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de Angico-branco. **Scientia Agraria**, v. 9, p. 167-176, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v9i2.10965>



HOU, X.; LIU, S.; ZHAO, S.; BEAZLEY, R.; CHENG, F.; WU, X.; XU, J.; DONG, S. Selection of suitable species as a key factor for vegetation restoration of degraded areas in an open-pit manganese-oremine in Southern China using multivariate-analysis methods. **Land Degradation & Development**, v. 30, p. 942-950, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.3281>

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Gráficos Climatológicos. 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>. Acesso em: 21 jan. 2020.

JOSE, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebenthifolia* RADDI). **Agrarian**, v. 2, p. 73-86, 2009.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 6ª ed. vol. 1. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. São Paulo, 2014. 384p.

MELO, B.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Tipos de fertilizações e diferentes substratos na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Bioscience Journal**, v. 19, p. 33-42, 2003.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; ARTHUR JUNIOR, J. C.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JUNIOR, J. H. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, v. 27, p. 129-137, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200002>

MOTA, C. S.; SILVA, F. G.; DORNELLES, P.; FREIBERGER, M. B.; REIS, D. N.; MENDES, G. C. Parameters of physiology, nutrition and quality of *Eugenia dysenterica* DC seedlings grown in organic substrates from the agricultural industry. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 73-84, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n1p73>

NAVROSKI, M. C.; TONETT, E. L.; MAZZO, M. V.; FRIGOTTO, T.; PEREIRA, M. O.; GAIVANI, L. V. Procedência e adubação no crescimento inicial de mudas de cedro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, p. 17-24, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.966>

NAZ, M. Y.; SULAIMAN, S. A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: A review. **Journal of Controlled Release**, v. 225, p. 109-120, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jconrel.2016.01.037>

NOGUEIRA, G. A. S.; BRITO, A. E. A.; NASCIMENTO, V. R.; ALBUQUERQUE, G. D. P.; BOTELHO, A. S.; SOUZA, L. C.; FREITAS, J. M. N.; AMARANTE, C. B.; OKUMURA, R. S.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; VIANA, R. G.; OLIVEIRA NETO, C. F. Physiological and growth responses in the (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) seedlings subjected to cadmium doses. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 217-224, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n8p217>

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTRUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

NYOKA, B. I.; KAMANGA, R.; NJOLOMA, J.; JAMNADASS, R.; MNG'OMBA, S.; MUWANJE, S. Quality of tree seedlings produced in nurseries in Malawi: An assessment of morphological attributes. **Forests, Trees and Live lihoods**, v. 27, p. 103-117, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/14728028.2018.1443027>

OLIVEIRA, S. S.; NASCIMENTO, G. O.; SOUZA, D. P.; NASCIMENTO, L. O.; OLIVEIRA, S. S.; GONÇALVES, J. F. C.; FERREIRA, J. B.; OLIVEIRA, E. Growth of parica seedlings (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) cultivated in different organic substrates. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, p. 303-310, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13777>

PASCUAL, J. A.; CEGLIE, F.; TUZEL, Y.; KOLLER, M.; KOREN, A.; HITCHINGS, R.; TITTARELLI, F. Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, p. 35-58,

2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0508-4>

PIAS, O. H. C.; CANTARELL, E. B.; BERGHETTI, J.; LESCHEWITZ, R.; KLUGE, E. R.; SOMAVILLA, L. Doses de fertilizantes de liberação controlada no índice de clorofila e na produção de mudas de grábia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, p. 19-26, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.73.419>

PORQUEDDU, C.; RE, G. A.; SANNA, F.; PILUZZA, G.; SULAS, L.; FRANCA, A.; BULLITTA, S. Exploitation of annual and perennial herbaceous species for the rehabilitation of a Sand Quarry in a Mediterranean environment. **Land Degradation & Development**, v. 27, p. 346-356, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2235>

REZENDE, F. A.; SANTOS, V. A. H. F.; MAIA, C. M. B. F.; MORALES, M. M. Biochar in substrate composition for production of teak seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1449-1456, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900043>

ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; BOGNOLA, I. A.; POMIANOSKI, D. J. W.; SOARES, P. R. C.; BARROS, L. T. S. Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de Paricá em viveiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, p. 227-234, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.75.429>

ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; WESTPHALEN, D. J.; OLIVEIRA, F. E. M.; SILVA, F. F.; ARAÚJO, J. C. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (Angico-Vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira-Vermelha). **Ciência Florestal**, v. 25, p. 841-852, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509820582>

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rígida* (Benth) Brenan). **Revista Árvore**, v. 28, p. 149-155, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000100019>

SILVA, G. R.; VIÉGAS, I. J. M.; SILVA JÚNIOR, M. L.; GAMA, M. A. P.; OKUMURA, R. S.; FRAZÃO, D. A. C.; MATOS, G. S. B.; SOUZA JÚNIOR, J. C.; LIMA, E. V.; GALVÃO, J. R. Growth and mineral nutrition of mahogany (*Swietenia macrophylla*) seedlings subjected to lime in Yellow Alic Latosol. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, p. 1297-1303, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.10.pne599>

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; SILVA, A. A.; PRADA NETO, I.; PAULA, R. C. Mortalidade, crescimento e solução do solo em eucalipto com aplicação de fertilizante de liberação lenta. **Cerne**, v. 21, p. 476-481, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201521031860>

SIMÕES, P. H. O.; PALHETA, L. F.; COSTA, T. C.; NOGUEIRA, G. A. S.; NASCIMENTO, V. R.; SOUZA, A. I. A. F.; ARAÚJO, D. G.; PAULA, M. T.; RODRIGUES, M. R.; OLIVEIRA NETO, C. F.; BRITO, A. E. A.; OKUMURA, R. S. Ecophysiological aspects of *Tachigali vulgaris* seedlings using different sources and doses of nitrogen. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, p. 1512-1518, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.09.PNE1266>

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVES, E. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, v. 23, p. 401-409, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509810551>

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Ash content, carbon and C/N ratio in paricá in function of NPK fertilization. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 333-341, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820150519>

VILLACÍS, J.; ARMAS, C.; HANG, S.; CASANOVES, F. Selection of adequate species for degraded areas by oil-exploitation industry as a key factor for recovery forest in the Ecuadorian Amazon. **Land Degradation & Development**, v. 27, p. 1771-1780, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2511>

YE, H. M.; LI, H. F.; WANG, C. S.; YANG, J.; HUANG, G.; MENG, X.; ZHOU, Q. Degradable polyester/urea inclusion complex applied as a facile and environment-friendly strategy for slow-release fertilizer: Performance and mechanism. **Chemical Engineering Journal**, v. 381, p. 122-135, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122704>

ZANATTA, T. P.; CANTARELLI, E. B.; FONTANA, D.; BREZOLIN, P.; TRENTIN, C.; DELLA FLORA, D.; WERNER, C. J. Análise do desenvolvimento inicial de mudas de *Tabebuia impetiginosa* submetidas a diferentes tipos de substratos. **Revista Instituto Florestal**, v. 28, p. 103-109, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.24278/2178-5031.201628202>