

**TAMANHO DE RECIPIENTES NA FORMAÇÃO DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (Fabaceae)**Alan Mario Zuffo¹, Fábio Steiner², Aécio Bush³, Joacir Mario Zuffo Júnior⁴ & Diego Muniz da Silva Santos⁵

1 - Engenheiro agrônomo, Bolsista PNPd da UEMS/Cassilândia-MS, alan_zuffo@hotmail.com

2 - Engenheiro agrônomo, Professor efetivo da UEMS/Cassilândia-MS, steiner@uems.br

3 - Estudante de Engenharia Agrônômica da UEMS/Cassilândia-MS, busch088@yahoo.com.br

4 - Estudante de Engenharia Agrônômica da UNEMAT/Nova Xavantina-MT, zuffojr@gmail.com

5 - Estudante de Engenharia Agrônômica da UEMS/Cassilândia-MS, diegomunizbbr@gmail.com

Palavras-chave:análise de trilha
diâmetro do coleto
produção de mudas
volume de recipiente**RESUMO**

O tamanho do recipiente afeta a qualidade das mudas. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho avaliar a produção de mudas de canafistula em diferentes tamanhos de recipientes, além de realizar análise de trilha para identificar as variáveis de crescimento que caracterizam a qualidade dessa muda. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com sete tamanhos de recipientes (13 x 13 cm; 15 x 15 cm; 13 x 20 cm; 15 x 25 cm; 17 x 22 cm; 17 x 30 cm e 30 x 40 cm), com quatro repetições. As mudas de canafistula crescem melhor em sacos de polietileno com dimensão de 30 x 40 cm. O diâmetro do coleto, o volume radicular, a massa seca das raízes, a massa seca da parte aérea e a massa seca total são as variáveis mais propícias para indicar a qualidade das mudas de canafistula. Por ser de mensuração rápida, simples e não destrutiva, o diâmetro do coleto é a variável mais adequada para identificar mudas de alta qualidade desta espécie.

Keywords:track analysis
root collar diameter
seedling production
container volume**SIZE OF CONTAINERS IN THE *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (Fabaceae) SEEDLINGS FORMATION****ABSTRACT**

The size of the container affects the seedlings quality. Thus, the objective of this study was to evaluate the production of canafistula seedlings in different container sizes, besides performing trail analysis to identify the growth variables that characterize the seedlings quality. The experimental design was a randomized block design with seven container sizes (13 x 13 cm, 15 x 15 cm, 13 x 20 cm, 15 x 25 cm, 17 x 22 cm, 17 x 30 cm, and 30 x 40 cm), with four replicates. The canafistula seedlings have better growth when cultivated in polyethylene containers with dimension of 30 x 40 cm. The root collar diameter, root volume, root dry matter, shoot dry matter, and total dry matter are the most adequate variables to indicate the quality of the canafistula seedlings. However, because it is a rapid, simple and non-destructive measurement variable, the root collar diameter is more adequate to identify high-quality canafistula seedlings.

INTRODUÇÃO

A canafistula [*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert], pertencente à família Fabaceae – Caesalpinioideae, é uma espécie nativa com grande potencial econômico, além de restauração de mata ciliar e recuperação de áreas degradadas (CARVALHO, 2003). A madeira da canafistula é moderadamente pesada (densidade de 0,69 g cm⁻³), sendo utilizada na construção civil. Além disso, a planta também é utilizada para arborização ornamental de praças e rodovias (LORENZI, 2008) e em projetos florestais. Apresenta ocorrência natural da latitude 7° S (Paraíba) a 30° S (Rio Grande do Sul), no Brasil, atingindo o limite Sul a 30°25' S em Artigas, no Uruguai (CARVALHO, 2002).

O sucesso de um projeto florestal, para fins comerciais ou conservacionistas, depende da qualidade da muda produzida (DUTRA et al., 2016), sendo que a escolha do tamanho do recipiente tem grande importância na produção das mudas com qualidade. O tamanho do recipiente adequado para a produção de mudas dependerá da taxa de crescimento da planta, a qual pode variar com a espécie, condições climáticas e do tipo do substrato utilizado (VIANA et al., 2008). Para David et al. (2008), é necessário identificar o tamanho de recipiente ideal para cada espécie, haja vista que os recipientes maiores necessitam de maior quantidade de substrato, fertilizantes e espaço no viveiro. Além dos gastos desnecessários com substratos e da maior utilização de área de viveiro, o uso de recipientes com volume superior ao indicado aumenta os

custos de transporte, manutenção e distribuição das mudas no campo, afetando diretamente a qualidade e o custo final das mudas (OLIVEIRA et al., 2011; CRUZ et al., 2016).

Portanto, é necessário definir o tamanho de recipiente para a produção de mudas de alta qualidade de canafistula, bem como identificar as variáveis que mais se correlacionam com a qualidade das mudas. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho avaliar a produção de mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert] em diferentes tamanhos de recipientes, além de realizar análise de trilha para identificar as variáveis de crescimento que melhor caracterizam a qualidade da muda produzida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Estação Experimental Agronômica da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS, em Cassilândia, MS (19°06'48" de latitude Sul; 51°44'03" de longitude Oeste e altitude média de 470 m). O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco (precipitação no inverno menor que 60 mm), com precipitação anual de 1.520 mm e temperatura média anual de 24,1°C. A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente com o auxílio de uma Estação Meteorológica Automática (Cassilandia-A742) e os dados coletados durante a condução do experimento são mostrados na Figura 1.

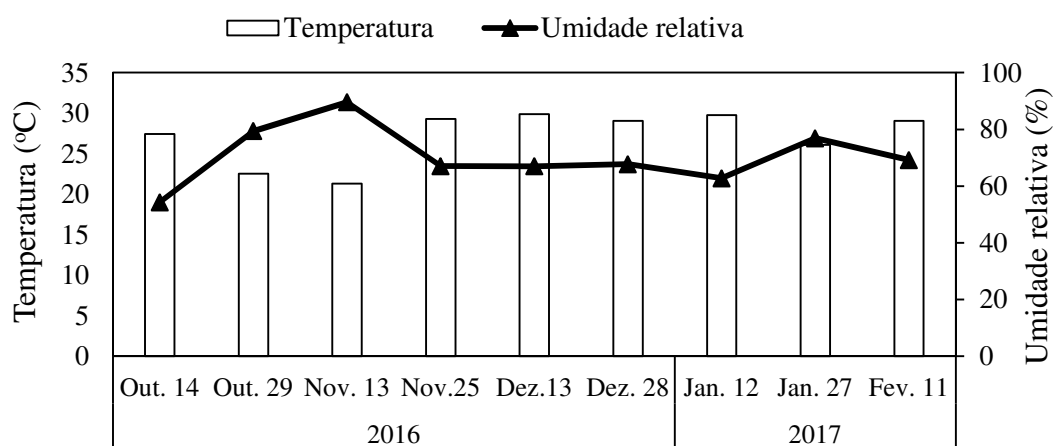


Figure 1. Temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) dentro da casa de vegetação durante o período de emergência da planta e formação das mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert].

Tabela 1. Principais propriedades químicas do substrato utilizado no experimento.

pH	P _{Mehlich-1}	MO	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	V
CaCl ₂	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----						%
6,80	404	34,10	1,20	0,01	1,27	4,30	2,30	9,01	86,80
S-SO ₄		B	Cu		Zn	Fe		Mn	
----- mg dm ⁻³ -----									
18,2		0,45	0,90		12,6	32,0		76,8	

MO: Matéria orgânica. CTC: Capacidade de troca de cátions à pH 7,0. V: Saturação de bases.

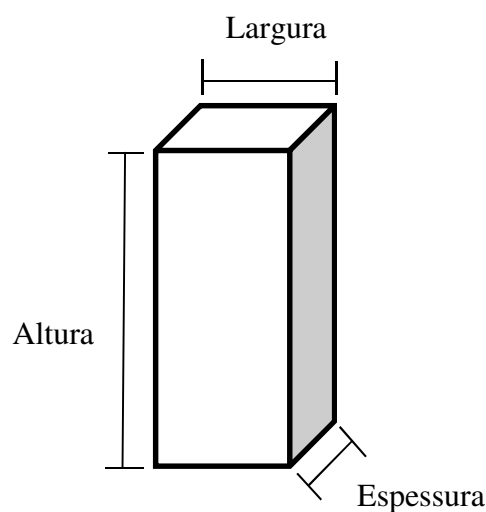
Tabela 2. Dimensões comerciais dos sacos plásticos utilizados no experimento.

Dimensões comerciais	Altura	Largura	Espessura	Volume*	Mudas
	----- cm -----			cm ³	m ²
13 x 13 cm	10	7.5	6.0	450	222
15 x 15 cm	12	8.5	6.0	612	196
13 x 20 cm	17	8.0	5.5	748	227
15 x 25 cm	21	8.5	6.0	1071	196
17 x 22 cm	18	10	7.5	1350	133
17 x 30 cm	26.5	10	7.0	1855	143
30 x 40 cm	34	19	12	7752	44

* Volume calculado a partir da multiplicação das seguintes dimensões: altura x largura x espessura.

A produção de mudas de canafistula foi realizada em substrato contendo solo + esterco de aves na proporção de 1:1 (v:v). O solo utilizado neste estudo foi um Neossolo Quartzarênico, coletado em uma área de pastagem na camada superficial de 0,0-0,20 m de profundidade. A escolha deste solo foi em razão da sua ocorrência predominante na região do Cerrado de Cassilândia (MS). Após a coleta, o solo foi peneirado em malha de 4 mm e caracterizado quanto às suas características químicas, seguindo as indicações da EMBRAPA (2009). A necessidade de correção da acidez do solo foi calculada pelo método da elevação da saturação por base à 70%, o que correspondeu à aplicação de 1,10 g de calcário por dm³ de solo. Utilizou-se o calcário com as seguintes constituições: CaO: 38%; MgO: 11%; PRNT: 85% e PN: 62%. Após a calagem, o solo foi homogeneizado, molhado e mantido incubado por 30 dias. Decorrido esse período, misturou-se o solo com composto de esterco de aves, formando o substrato utilizado. As principais características químicas do substrato estão apresentadas na Tabela 1.

Foram utilizados sete tamanhos de recipientes com as seguintes dimensões comerciais: 13 x 13, 15 x 15, 13 x 20, 15 x 25, 17 x 22, 17 x 30 e 30 x 40 cm (Tabela 2). Os sacos plásticos também foram caracterizados quanto às suas dimensões (Figura 2) quando cheios de substrato, e os resultados são mostrados na Tabela 2.

**Figura 2.** Ilustração das diferentes dimensões dos sacos plásticos mensuradas.

Frutos maduros de canafistula [*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert] foram coletados em diferentes árvores matrizes, em uma área de Cerrado localizada na região Leste do estado de Mato Grosso do Sul, no município de Cassilândia (23°47'40" S, and 54°41'07" W), em agosto de 2016. Após a coleta, as sementes foram previamente selecionadas, levando-se em conta a tamanho e, então, submetidas ao tratamento pré-germinativo para quebra da dormência. As sementes foram embebidas em água quente (95 °C), seguida pela embebição em temperatura ambiente na mesma água por um período de 24h, conforme recomendações de Zuffo et al. (2017). Em seguida, três sementes foram semeadas por recipiente e, após o estabelecimento, realizou-se o desbaste, deixando uma planta por recipiente. O teor de água do substrato foi mantido próximo da capacidade de retenção de água com irrigações diárias. Aos 45 dias após emergência (DAE), realizou-se a aplicação de nitrogênio (ureia - 45% N) na quantidade de 50 mg por dm³ de substrato, via água de irrigação com cerca de 20 ml de água por planta.

Aos 30, 60, 90 e 120 DAE, foram avaliadas: altura de planta - determinada da superfície do solo até à inserção da última folha com auxílio de uma régua milimetrada; diâmetro do coleto - mensurado na altura do colo da planta por meio de leituras com utilização de um paquímetro digital (Clarke-150 mm), com grau de acurácia de ±0,01 mm; relação altura (cm)/diâmetro do coleto (mm) (AP/DC); número de folhas - por meio de contagem visual. Aos 120 dias, também foram avaliados o volume radicular: determinado pelo método de deslocamento de água, utilizando uma proveta de 100 ml graduada em mililitros (ml), portanto, com precisão de ±1,0 cm³. Em seguida, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes, acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa à 65 °C por 72 horas, e pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g para determinação da massa seca da parte aérea e das raízes. A partir dessas avaliações, determinou-se a massa seca total (MST) e calculou-se os índices morfológicos:

relação entre a massa seca da parte aérea/raízes (MSPA/MSR), o quociente de robustez (QR) foi determinado em função da relação entre altura da planta e o diâmetro do coleto (AP/DC), e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Foi calculado em função da altura da planta (AP), do diâmetro do coleto (DC), da massa seca da parte aérea (MSPA) e da massa seca das raízes (MSR), por meio da Equação 1, proposta por Dickson et al. (1960):

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

em que,

MST é a massa seca total (g); AP é a altura da parte aérea (cm); DC é o diâmetro do coleto (mm); MSPA é a massa seca da parte aérea (g) e MSR é a massa seca das raízes (g).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com sete tamanhos de recipientes (13 x 13 cm; 15 x 15 cm; 13 x 20 cm; 15 x 25 cm; 17 x 22 cm; 17 x 30 cm e 30 x 40 cm), com quatro repetições. Cada parcela foi composta por cinco recipientes, totalizando 20 recipientes por tratamento.

Os dados experimentais foram submetidos aos testes de verificação das pressuposições de normalidade e homogeneidade. Não foram atendidas tais pressuposições para volume radicular, massa seca das raízes, massa seca da parte aérea, massa seca total e índice de qualidade de Dickson, cujos dados foram transformados com o uso da função raiz quadrada de $(x + 0,5)$ antes da análise de variância. Após a análise dos dados transformados, verificou-se o atendimento das pressuposições; contudo, os dados foram apresentados na forma original. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativas, as médias foram agrupadas pelo critério de Scott-Knott com 95% de confiabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar[®] versão 5.3 para Windows (Software de Análises Estatísticas, UFPA, Lavras, MG, BRA) (FERREIRA, 2014).

Para mensurar os efeitos diretos e indiretos das características de crescimento sobre a qualidade da muda (IQD), foi realizada a análise de trilha, conforme metodologia desenvolvida por Wright (1921). Para tanto, inicialmente, procedeu-se à análise de correlação de Pearson, para se obter as matrizes de correlação e suas significâncias pelo teste “t”, ao nível de 5% de probabilidade. Os coeficientes de correlação de Pearson foram desdobrados, sendo obtidos os coeficientes em análise de trilha. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Genes[®] versão 5.1 para Windows (Software de Análises Estatísticas, UFV, Viçosa, MG, BRA) (CRUZ, 2013). Antes da análise de trilha, foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade, conforme pormenorizado em Cruz & Regazzi (1997). O grau de multicolinearidade da matriz de correlações, entre as variáveis independentes do modelo de regressão, foi estabelecido com base em seu número de condições, que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação fenotípica. Assim, quando o número de condições é menor que 100, a multicolinearidade é fraca e não ocasiona problema para a análise; quando se situa entre 100 e 1.000, a multicolinearidade é de moderada a forte; e quando é maior que 1.000, ela é severa (MONTGOMERY & PECK, 1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos reportaram que não houve efeito significativo dos diferentes tamanhos de recipientes aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE) para a altura de plantas, o diâmetro de coleto e o quociente de robustez, e aos 120 DAE para o número de folhas nas mudas de canafístula mensuradas (Tabelas 3). Apesar da planta de canafístula apresentar rusticidade e crescimento rápido (LORENZI, 2008), o tamanho do recipiente não mostrou ser fator limitante para o crescimento das mudas de canafístula até aos 60 DAE.

Na avaliação das mudas de canafístula aos 90 e 120 DAE, observou-se que os recipientes com as dimensões de 30 x 40 cm resultaram nos maiores valores de altura de plantas e diâmetro de coleto

(Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Brachtvogel & Malavasi (2010), os quais avaliaram o crescimento inicial de canafístula em função de três volumes de recipientes (sacos plásticos com dimensões de 10 x 15 cm, tubetes de 100 e 180 cm³). Os autores verificaram que as mudas produzidas no saco plástico obtiveram maior altura de plantas e diâmetro do coleto, após a 12^o semana da emergência.

Para a altura de plantas até os 120 DAE, constatou-se incremento diário de 0,22; 0,23; 0,26; 0,32; 0,34; 0,39 e 0,55 cm dia⁻¹ nos recipientes com as dimensões de 13 x 13 cm; 15 x 15 cm; 13 x 20 cm; 15 x 25 cm; 17 x 22 cm; 17 x 30 cm e 30 x 40 cm, respectivamente. Esses resultados evidenciam que, ao longo do desenvolvimento das plantas de canafístula, as mudas cultivadas no recipiente de maior volume, obtiveram o máximo incremento diário. Este fato pode estar relacionado aos recipientes, por limitar o crescimento das plantas conforme a permanência das mudas no viveiro.

Para o quociente de robustez, verificou-se que não houve diferenças significativas entre os recipientes com as dimensões de 15 x 25 cm; 17 x 30 cm e 30 x 40 cm nas avaliações aos 90 e 120 DAE (Tabela 3). Para Thompson (1985), os valores de quociente de robustez acima de 6,0 é indesejável, pois é um indicativo que as mudas estão estioladas e, portanto, têm menos capacidade de sobrevivência no campo após o transplante. Os maiores valores do coeficiente de robustez indicam que as plantas de canafístula direcionam seus fotoassimilados para o crescimento em altura plântula do que para o diâmetro do coleto, contudo, os valores obtidos neste estudo são recomendados.

Na avaliação final (120 DAE), observou-se que os recipientes com as dimensões de 17 x 30 cm e 30 x 40 cm resultaram em plantas com maior número de folhas (Tabela 3). De forma geral, observou-se que o recipiente 30 x 40 cm favoreceu o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas (Figura 3). Assim, pode-se considerar que as plantas neste recipiente tiveram maior volume radicular (Figura 3a), massa seca das raízes (Figura 3b), massa seca da parte aérea (Figura 3c), massa seca total (Figura 3d) e índice de qualidade de Dickson (Figura 3f).

Tabela 3. Valores médios das características de crescimento avaliadas para a altura de plantas, diâmetro de coleto, relação altura de plantas/diâmetro do coleto e número de folhas aos 30, 60, 90 e 120 dias após emergência (DAE) das plantas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert] semeadas em sete recipientes contendo diferentes volumes de substrato. Cassilândia, MS, 2016/2017.

Dimensões (cm)	Época de avaliação			
	30 DAE	60 DAE	90 DAE	120 DAE
----- Altura de plantas (cm) -----				
13 x 13	5,49 ^{ns}	13,08 ^{ns}	21,25±1,13 c	26,25±1,53 d
15 x 15	5,81	14,91	22,91±0,37 c	27,25±0,66 d
13 x 20	6,04	16,50	26,41±0,55 c	31,50±0,54 d
15 x 25	5,76	15,50	29,08±2,49 b	38,62±1,45 c
17 x 22	4,96	17,19	32,12±1,00 b	40,37±1,09 c
17 x 30	6,14	17,08	34,08±0,83 b	46,37±1,43 b
30 x 40	6,18	19,95	50,91±2,23 a	65,75±3,17 a
CV (%)	13,02	14,70	9,38	8,35
----- Diâmetro do coleto (mm) -----				
13 x 13	1,30 ^{ns}	2,65 ^{ns}	5,13±0,31 b	7,55±0,51 c
15 x 15	1,35	3,00	5,66±0,30 b	8,38±0,23 c
13 x 20	1,33	3,25	6,00±0,06 b	9,13±0,36 c
15 x 25	1,30	2,82	5,37±0,64 b	9,10±0,70 c
17 x 22	1,40	3,25	6,61±0,27 b	10,63±0,47 b
17 x 30	1,33	3,38	6,67±0,35 b	10,85±0,42 b
30 x 40	1,21	3,80	8,25±0,79 a	14,37±0,82 a
CV (%)	10,49	13,23	14,29	9,43
----- Quociente de robustez -----				
13 x 13	4,25 ^{ns}	4,96 ^{ns}	4,16±0,26 b	4,65±0,36 b
15 x 15	4,30	4,97	4,07±0,20 b	3,25±0,05 b
13 x 20	4,55	5,07	4,40±0,10 b	3,45±0,09 b
15 x 25	4,40	5,51	5,50±0,26 a	4,28±0,19 a
17 x 22	4,32	5,50	4,86±0,18 b	3,81±0,17 b
17 x 30	4,60	5,05	5,13±0,20 a	4,31±0,31 a
30 x 40	5,09	5,22	5,99±0,67 a	4,65±0,48 a
CV (%)	9,38	7,96	13,04	13,57
----- Número de folhas (unidade) -----				
13 x 13	4 ^{ns}	9 ^{ns}	12 ^{ns}	11±0,20 c
15 x 15	4	9	11	11±0,20 c
13 x 20	4	9	12	12±0,38 b
15 x 25	4	10	13	12±0,20 b
17 x 22	4	10	11	12±0,13 b
17 x 30	4	10	12	13±0,54 a
30 x 40	5	10	11	13±0,32 a
CV (%)	11,27	4,95	18,24	5,15

Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 95% de confiabilidade. CV – Coeficiente de variação. Valores médios (n=4) ± erro padrão da média.

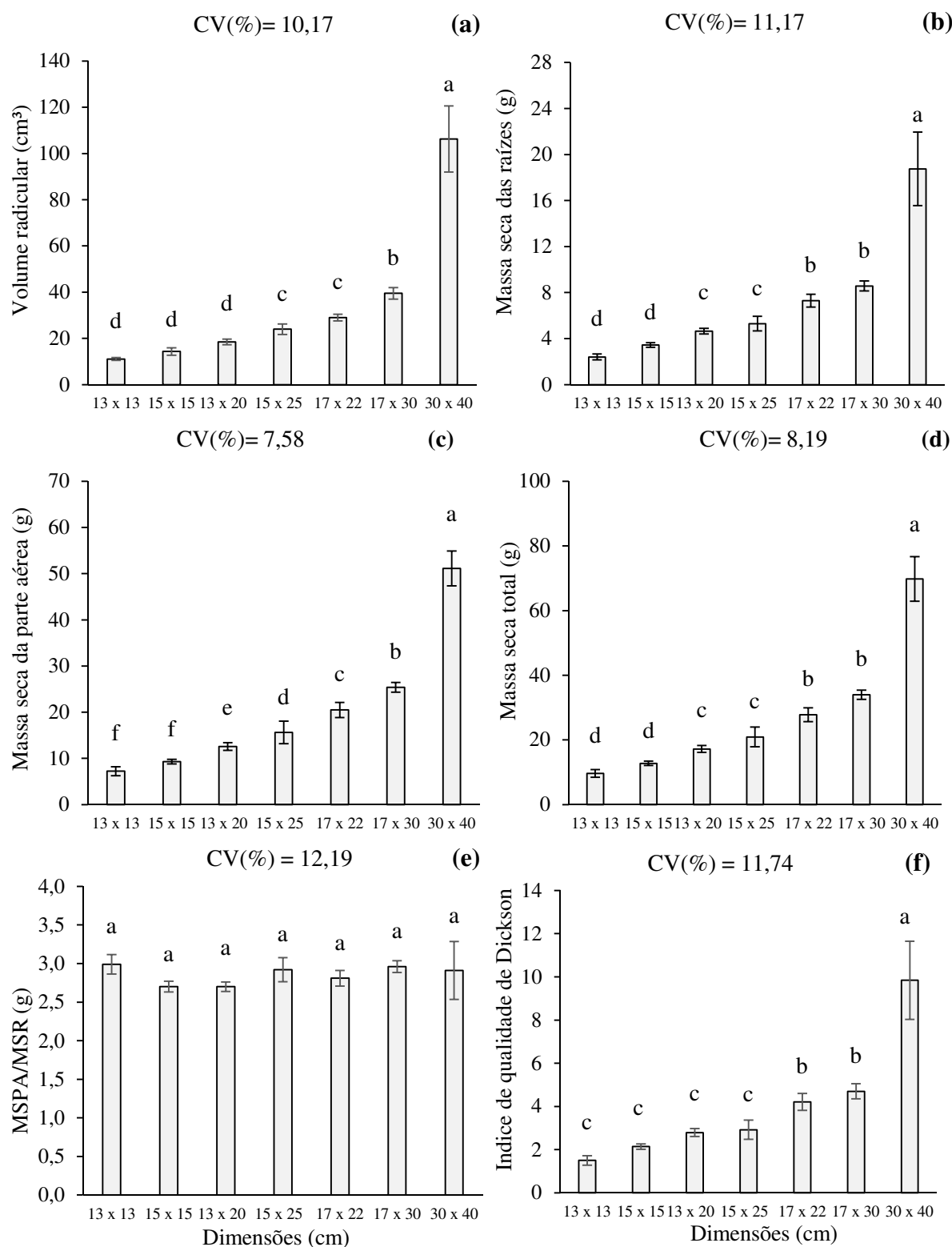


Figura 3. Volume radicular (a), massa seca das raízes (b), massa seca da parte aérea (c), massa seca total (d), relação massa seca da parte aérea/raízes - MSPA/MSR (e), índice de qualidade de Dickson (f) das mudas de canafistula [*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert] semeadas em sete recipientes contendo diferentes volumes de substrato. Barras seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 95% de confiabilidade (média \pm erro padrão da média). Cassilândia, MS, Brasil, 2017.

Apenas para a relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes (Figura 3e) não houve diferença estatística entre os recipientes. Este fato pode estar relacionado ao crescimento balanceado entre os diferentes órgãos da planta nestes recipientes, sendo que não houve alteração na distribuição relativa de massa seca com a variação do tamanho do recipiente. Portanto, estes tamanhos de recipiente resultaram em mudas com o valor da relação MSPA/MSR acima do recomendado, demonstrando que durante a partição de fotoassimilados entre parte aérea e raízes houve maior translocação para a parte aérea.

O sistema radicular das plantas de canafistula, ao serem cultivadas no recipiente com dimensão de 30 x 40 cm (Figura 3a e 3b), obteve maior quantidade de nutrientes devido ao volume do recipiente para ser explorado. Segundo Andrade et al. (2012), os recipientes maiores proporcionam maior área a ser explorada e melhor distribuição espacial do sistema radicular, possibilitando maior absorção de água e nutrientes. Essa variável reflete em forte influência no crescimento e desenvolvimento da planta (TAIZ & ZEIGER, 2009). Dessa forma, os maiores valores para as plantas de canafistula cultivadas no recipiente 30 x 40 cm nas variáveis: volume radicular (Figura 3a), massa seca das raízes (Figura 3b), massa seca da parte aérea (Figura 3c) e massa seca total (Figura 3d) são decorrentes da maior absorção de água e nutrientes, consequentemente maior taxa de fotossíntese e produção de fotoassimilados.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) representa a relação entre a massa seca total da muda e a soma do quociente em robustez e massa seca da parte aérea e radicular (DICKSON et al., 1960), e por envolver vários parâmetros em sua determinação, é considerado um excelente indicador da qualidade das mudas. Em relação às estimativas do IQD, verifica-se que os valores obtidos são superiores aos propostos por Hunt (1990), como valores mínimos de IQD para mudas de qualidade (IQD = 0,2). Contudo, tal trabalho foi realizado com espécies coníferas, bem como o próprio IQD foi desenvolvido tendo como espécie

modelo *pinus* spp. (DICKSON et al., 1960). No presente trabalho, as mudas de canafistula apresentaram IQD de 1.50 a 9.84 (Figura 4b), reportando, portanto, a alta qualidade das mudas produzidas em todos os recipientes. De maneira geral, os maiores valores do IQD indicam mudas de maior vigor e, consequentemente, melhor qualidade. Nesse sentido, o recipiente 30 x 40 cm é o ideal para o cultivo de mudas de canafistula devido a maior média.

Esses resultados se assemelham em parte aos verificados por Brachtvogel & Malavasi (2010), os quais verificaram incremento no número de folhas, massa seca da parte aérea e massa seca total em mudas de canafistula produzidas em recipiente de maior tamanho (10 x 15 cm), quando comparado aos recipientes menores (tubetes 100 e 180 cm³). Os autores também verificaram que não houve diferença estatística dos recipientes na variável IQD, tais resultados divergem dos obtidos neste estudo. Este fato pode ser atribuído à permanência das mudas no viveiro, haja vista que naquele trabalho os autores mantiveram as mudas apenas por 12 semanas, já neste, a avaliação final foi aos 120 DAE.

Os dados dos parâmetros morfológicos e as relações utilizadas para avaliação da qualidade das mudas não devem ser tratados isoladamente para classificação do padrão da qualidade de mudas (FONSECA et al., 2002). Portanto, baseados na altura de plantas, no diâmetro do coleto, no volume radicular, na massa seca das raízes, na massa seca da parte aérea, na massa seca total, no quociente de robustez e no IQD, identificou-se, neste trabalho, que o recipiente com dimensão 30 x 40 cm possui características favoráveis para a produção de mudas de canafistula.

Na multicolinearidade ao utilizar o teste dos autovalores e autovetores da matriz de correlação nas variáveis independentes primárias desse modelo, observou-se que o número de condições é igual a 942321,32 (NC= 942321,32), ou seja, uma multicolinearidade severa. Dessa forma, foi utilizada a regressão em crista (HOERL & KENNARD, 1970) para a estimação dos

coeficientes do modelo e, assim, contornar os efeitos da multicolinearidade. Com isso, adotou-se o valor de $k=0,111$ para a estimação dos coeficientes de trilha (Tabela 4). Devido à presença de multicolinearidade severa, estes mostraram-se instáveis à medida que K aumentou a se estabilizar no valor $k=0,111$.

Para a análise de trilha, seguiu-se modelo desenvolvido por Wright (1921), a fim de compreender melhor as associações entre diferentes variáveis (Tabela 4). Segundo Nogueira *et al.* (2012), para interpretar as correlações, deve-se considerar três fatores: a magnitude, a direção e a significância. O alto valor do coeficiente de determinação (R^2) no modelo da análise de trilha (0,979) e o baixo efeito da variável residual (0,142) demonstraram que o modelo explicativo adotado expressou a relação causa efeito das variáveis primárias e IQD. Dessa forma, verifica-se por meio do R^2 que estas variáveis explicaram 97,9% da variação do IQD.

As variáveis, com correlações positivas com a característica principal e com efeito direto em sentido favorável, demonstram a presença da relação causa e efeito (SILVA *et al.* 2010). Sendo assim, constatou-se que o diâmetro do coleto, o volume radicular, a massa seca radicular, a massa seca aérea e a massa seca total culminaram em efeito direto positivo sobre o índice de qualidade de Dickson. Tais resultados se assemelham em partes aos obtidos por Dardengo *et al.* (2013), os quais verificaram em mudas de café conilon (*Coffea canephora*) que apenas as variáveis massa seca total e diâmetro do coleto exerceram grande efeito direto sobre o índice de qualidade de Dickson. Já o quociente de robustez afeta negativamente o IQD.

Desse modo, ao selecionar as mudas de canafístula com maior diâmetro de coleto, volume radicular, massa seca radicular, massa seca aérea e massa seca total resultará na seleção indireta de mudas com maior IQD. É importante ressaltar que o diâmetro do coleto é variável não destrutiva,

Tabela 4. Estimativas dos efeitos direto e indireto e do coeficiente de determinação (R^2) obtidas pela análise de trilha entre o índice de qualidade de Dickson (IQD), altura da planta (AP), diâmetro do coleto (DC), número de folha (NF), massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca total (MST), coeficiente de robustez (QR) e relação entre a massa seca da parte aérea e raízes (RAR) obtidas nas plantas de canafístula [*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert] semeadas em sete recipientes contendo diferentes volumes de substrato. Cassilândia, MS, Brasil, 2017.

Efeito de IQD	AP	DC	NF	VR	MSR	MSA	MST	QR	RAR
Direto	0,119	0,166	0,017	0,186	0,177	0,170	0,170	-0,153	-0,030
Indireto via AP	-	0,117	0,111	0,115	0,117	0,118	0,117	0,107	0,041
Indireto via DC	0,162	-	0,148	0,159	0,164	0,164	0,164	0,131	0,029
Indireto via NF	0,159	0,152	-	0,142	0,014	0,015	0,015	0,015	0,005
Indireto via VR	0,178	0,178	0,155	-	0,184	0,184	0,184	0,145	0,050
Indireto via MSR	0,173	0,175	0,154	0,176	-	0,177	0,177	0,141	0,043
Indireto via MSA	0,168	0,167	0,150	0,168	0,169	-	0,170	0,140	0,047
Indireto via MST	0,168	0,168	0,150	0,169	0,170	0,170	-	0,139	0,046
Indireto via QR	-0,013	-0,120	-0,013	-0,012	-0,012	-0,012	-0,012	-	-0,009
Indireto via RAR	-0,103	-0,005	-0,009	-0,008	-0,007	-0,008	-0,008	-0,018	-
Total	0,947**	0,989**	0,867**	0,989**	0,999**	0,997**	0,998**	0,785**	0,221 ^{ns}
Coeficiente de Determinação				0,979					
Valor de k usado na análise				0,111					
Efeito da Variável Residual				0,142					

** e * significativo ao nível de 1 e 5% pelo teste t, respectivamente. ^{ns} - não significativo.

dessa forma, é possível selecionar as mudas com qualidade sem destruí-las. A determinação destas variáveis é importante para a qualidade das mudas de canafístula formadas em recipientes com diferentes tamanhos.

CONCLUSÕES

- As mudas de canafístula crescem melhor em sacos polietileno com dimensão de 30 x 40 cm.
- Quando o substrato, o espaço do viveiro e a mão de obra forem fatores limitantes para a produção de mudas de canafístula, os recipientes de 17 x 22 e de 17 x 30 cm podem ser utilizados, todavia, a qualidade da muda será inferior às obtidas no recipiente 30 x 40 cm.
- O diâmetro do coleto, o volume radicular, a massa seca radicular, a massa seca aérea e a massa seca total são as variáveis mais propícias para indicar a qualidade das mudas de canafístula. Com destaque, ao diâmetro do coleto por ser uma variável de mensuração rápida, simples e não destrutiva.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsas de PNPd/Capes e à Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F.R.; PETTER, F.A.; MARIMON JÚNIOR, B.H.; ZUFFO, A.M.; SOUZA, T.R.S.; GONÇALVES, L.G.V. Formação de mudas de mamona em diferentes recipientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Dois Irmãos Recife, v.7, n.2, p.274-279, 2012. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i2a1642>

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**, Viçosa, v.34, n.2, p.223-232, 2010. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622010000200004>

CARVALHO, P.E.R. **Canafístula**. Colombo: Circular Técnica 64, 2002. 15p

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v.35, n.3, p.271-276, 2013. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>

CRUZ, F.R.S.; ANDRADE, L.A.; FEITOSA, R.C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.26, n.1, p.69-80, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821092>

DAVID, M.A.; MENDONÇA, V.; REIS, L.L.; SILVA, E.A.; TOSTAS, M.S.; FREIRE, P.A. Efeito de doses de superfosfato simples e de massa orgânica sobre o crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.3, p.147-152, 2008. <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/3783/3944>

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, Quebec, v.36, n.1 p.10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

DUTRA, T.R.; MASSAD, M.D.; SARMENTO, M.F.Q.; MATOS, P.S.; OLIVEIRA, J.C.

- Fertilizante de liberação lenta no crescimento e qualidade de mudas de Canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Floresta**, Curitiba, v.46, n.4, p.491-498, 2016. <https://doi.org/10.5380/ufpr.v46i4.44570>
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, Embrapa Informática Tecnológica, 2009. 627p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.38, n.2, p.109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542014000200001>
- FONSECA, E.P.; VALÉRI, 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. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622002000400015>
- HUNT, R. **Plant growth curves**. Londres: Edward Arnold, 1990. 75p.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarium. 2008, 640p.
- HOERL, A.E.; KENNARD, R.W. Ridge regression: applications to nonorthogonal problems. **Technometrics**, Washington, v.12, n.1, p.69-82, 1970. <https://doi.org/10.2307/1267352>
- MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **VINING GG. Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 504p.
- NOGUEIRA, A.P.O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L.B.; HAMAWAKI, O.T.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, D.G. MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.6, p.877-888, 2012. www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/14576/11096
- OLIVEIRA, A.B.; MEDEIROS FILHO, S.; BEZERRA, A.M.E. Tempo de cultivo e tamanho do recipiente na formação de mudas de *Copernicia hospita*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.33, n.3, p.533-538, 2011. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i3.5443>
- SILVA, J.I.; VIEIRA, H.D.; VIANA, A.P.; BARROSO, D.G. Desenvolvimento de mudas de *coffea canephora* Pierre ex A. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, Lavras, v.5, n.1, p.38-48, 2010. www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/270
- TAIZ, L.; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.
- THOMPSON, B.E. Seedling morphological evaluation — what you can tell by looking. In: DURYEA, M.L. (ed.). **Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Portland, Oregon, USA: Oregon State University, 1985.
- VIANA, J.S.; GONÇALVES, E.P.; ANDRADE, L.A.; OLIVEIRA, L.S.B.; OLIVEIRA SILVA, E. Crescimento de mudas de *Bauhinia forficata* Link. em diferentes tamanhos de recipientes. **Floresta**, Curitiba, v.38, n.4, p.663-671, 2008. <https://doi.org/10.5380/ufpr.v38i4.13161>
- ZUFFO, A.M.; STEINER, F.; ZUFFO JÚNIOR, J.M.; BUSH, A.; SILVA, J.R.M.; LIMEDE, A.C.; OLIVEIRA, C.E.S. Non-chemical methods to break seed dormancy of canafistula [*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (Fabaceae)]. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n.12, p.1567-1572. <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.12.pne730>
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.20, p.557-585, 1921. http://www.ssc.wisc.edu/soc/class/soc952/Wright/Wright_Correlation%20and%20Causation.pdf