



ARTIGO ORIGINAL

Produção de mudas de *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. em diferentes substratos

Seedling production of Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth. in different substrates

Isaías Porfírio Guimarães¹
Francisco Elder Carlos Bezerra Pereira¹
Salvador Barros Torres^{1,2*}
Clarisse Pereira Benedito¹
Francisca Gleiciane da Silva¹

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Laboratório de Análise de Sementes, Av. Francisco Mota, 572, Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, RN, Brasil

²Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, Secretaria de Estado da Agricultura, da Pecuária e da Pesca – SAPE, 59059-900, Natal, RN, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: sbtorres@ufersa.edu.br

PALAVRAS-CHAVE

Espécie arbórea
Esterco bovino
Composto orgânico

KEYWORDS

Arboreal species
Cattle manure
Organic compound

RESUMO: O uso de substratos é um fator de extrema importância na produção de mudas de espécies florestais, sobretudo por proporcionar o seu rápido desenvolvimento. A presente pesquisa teve o objetivo de avaliar o efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Os tratamentos foram constituídos de substratos obtidos de cinco misturas, nas seguintes proporções: S1 (solo + areia – 2:1); S2 (solo + esterco – 2:1); S3 (esterco + solo – 2:1); S4 (esterco + areia – 2:1) e S5 (solo). Os parâmetros analisados foram emergência, altura da parte aérea, comprimento do sistema radicular, diâmetro do coleto, número de folhas, índice de clorofila, massa seca de caule, folhas e raiz, e massa seca total. O substrato mais indicado para produção de mudas de *Pithecellobium dulce* foi o S4 resultante da mistura de esterco bovino com areia na proporção 2:1.

ABSTRACT: The use of substrates is an extremely important factor in the production of seedlings of forest species, especially because it promotes their rapid development. In this study, we aimed to assess the effect of different substrates in the production of seedlings of *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Treatments consisted of five mixtures of substrates with the following proportions: S1 (soil + sand – 2:1); S2 (soil + manure – 2:1); S3 (manure + soil – 2:1); S4 (manure + sand – 2:1); and S5 (soil). The parameters analyzed were emergence; aerial part length; root system length; diameter of the connecting point between root and stem; number of leaves; chlorophyll index; dry mass of stem, leaves and root; and total dry mass. Substrate S4, mixture of cattle manure with sand in the proportion of 2:1, was the most suitable for the production of *Pithecellobium dulce* seedlings.

1 Introdução

A espécie arbórea *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. pertence à família Fabaceae e é popularmente conhecida como ingá-doce, guamã-americano ou guamuchil; é uma árvore nativa do México, de porte médio, que pode atingir até 10 m de altura, e encontra-se distribuída em diversas partes do mundo, sobretudo nos trópicos americanos (LORENZI, 2003). Apresenta propriedades múltiplas, como produção de madeira, sombreamento, quebra-vento, potencial forrageiro, controle de erosão, fixação de nitrogênio, produção de néctar e medicinal (HERMÁNDEZ et al., 2010).

Nos últimos anos, a produção e a produtividade de mudas de espécies florestais têm se tornado uma atividade de extrema importância, para recomposição e recuperação de áreas degradadas. O seu uso para fins paisagísticos de praças e ruas também vem ganhando destaque no cenário nacional, particularizando as milhares de mudas produzidas anualmente para atender à demanda brasileira por produtos florestais, tanto por empresas como por silvicultores em geral. No entanto, para que essa produção de mudas tenha resultados satisfatórios, é necessário que alguns cuidados sejam considerados, principalmente no que se refere à composição dos substratos, objetivando, assim, alcançar o máximo rendimento (FRADE JUNIOR et al., 2011).

Substrato é qualquer material usado com a finalidade de servir de base para o desenvolvimento de uma planta até a sua transferência para o viveiro ou para a área de produção, podendo ser compreendido não apenas como suporte físico, mas também como fornecedor de nutrientes para a muda; pode, ainda, ser de origem vegetal, animal ou mineral, e é constituído por uma parte sólida e pelo espaço poroso, o qual é ocupado por água ou ar (BRAUM et al., 2009; PASQUAL et al., 2001).

No processo de produção de mudas, o substrato interfere diretamente na qualidade das plantas, em virtude da variação das propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo. As características de estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e grau de contaminação por patógenos, dentre outras, variam de acordo com o material utilizado na composição do substrato e podem afetar a germinação e o estabelecimento da plântula. Portanto, é importante a escolha da composição ideal do substrato (SILVA et al., 2011).

O uso de substratos na produção de mudas de espécies arbóreas é de fundamental importância, uma vez que muitos estudos vêm sendo desenvolvidos nesse sentido, sobretudo visando a obter melhores condições de desenvolvimento e formação de mudas de qualidade. Assim, em virtude da magnitude da importância do substrato, deve-se priorizar a qualidade dos substratos que serão utilizados, porque, dependendo do tipo e das proporções, os mesmos podem trazer benefícios para o desenvolvimento das plantas, originando mudas mais vigorosas, com grande potencial de sobrevivência no campo.

Além do tipo de substrato, deve-se considerar, em especial, a espécie que está sendo estudada, pois é necessário verificar, para cada espécie, qual o melhor substrato ou a melhor combinação de substrato a ser utilizada (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 1995). Muitas pesquisas têm sido realizadas com diferentes espécies arbóreas e substratos

na produção de mudas de espécies arbóreas: *Genipa americana* L. (COSTA et al., 2005), *Acacia* sp (CUNHA et al., 2006), *Hancornia speciosa* Gomes (SILVA et al., 2009), *Zizyphus joazeiro* Mart. (BRAGA JUNIOR; BRUNO; ALVES, 2010), *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (DANTAS et al., 2011) e *Gleditschia amorphoides* Taub. (BORTOLINI et al., 2012).

Apesar de inúmeras pesquisas com o uso de substratos orgânicos na produção de mudas de espécies florestais, para *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., em particular, não foram encontradas, na literatura, informações referentes a esse assunto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes substratos na produção e no desenvolvimento inicial de mudas de *P. dulce*.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no viveiro de produção de mudas do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), no período de junho a agosto de 2012, em Mossoró-RN (19° 05' S, 51° 56' W e altitude de 471 m). Os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, registrados no interior da casa de vegetação, durante o período de condução do experimento, foram de 26,1 °C e 65,8%, respectivamente.

Os frutos com as sementes foram coletados diretamente no chão, sob oito árvores matrizes de *P. dulce* existentes no município de Mossoró-RN, nos meses de junho e julho de 2012. As sementes foram extraídas manualmente dos frutos, limpas e colocadas para secar à sombra. Em seguida, foram expurgadas com fosfato de alumínio durante 72 horas, acondicionadas em embalagens de papel e armazenadas em câmara fria (10-12 °C e 40% UR), até o início dos trabalhos.

Antes da semeadura, as sementes foram escarificadas manualmente, com uso de lixa n.º 80 na região oposta à micrópila (RAZZ; CLAVERO, 2003). A semeadura foi realizada em sacos plásticos de polietileno, com capacidade para 0,5 kg, na profundidade de 1 cm, colocando uma semente por recipiente. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, com 20 plantas cada. Os tratamentos foram constituídos de cinco misturas de substratos: S1 (solo + areia – 2:1); S2 (solo + esterco – 2:1); S3 (esterco + solo – 2:1); S4 (esterco + areia – 2:1), e S5 (solo).

O solo utilizado foi coletado no *campus* central da UFERSA, em Mossoró, sendo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 2006). Foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm para avaliações físicas e químicas no Laboratório de Análise de Solo da UFERSA (Tabela 1). Os substratos de cada tratamento foram secos à temperatura ambiente e, posteriormente, peneirados em peneiras tamis com malha de 2 mm.

As irrigações foram realizadas de forma manual e diariamente (manhã e tarde), até a finalização do experimento. No final do experimento, aos 70 dias após a semeadura, foram realizadas as seguintes avaliações das plantas: a) emergência, calculada usando-se a fórmula proposta nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009): $E = (N/A) \cdot 100$, sendo E (emergência), N (número total de sementes germinadas e

Tabela 1. Análises químicas dos substratos.

| Substratos ² | pH | CE (dS m ⁻¹) | mg kg ⁻¹ | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|--------------------------|---------------------|-----|------|------|----|-----|------|--------|-------|-------|-------|
| | | | NA | K | Mg | Ca | Al | N | P | Cu | Fe | Mn | Zn |
| S1 | 7,8 | 0,205 | 10 | 3,5 | 1,61 | 1,51 | 0 | 0,3 | 0,56 | 0,0034 | 0,005 | 0,004 | 0,002 |
| S2 | 7,7 | 0,158 | 10 | 3,7 | 1,31 | 2,14 | 0 | 0,4 | 0,34 | 0,0551 | 0,005 | 0,003 | 0,004 |
| S3 | 7,9 | 0,232 | 10 | 1,9 | 2,78 | 2,82 | 0 | 0,5 | 0,33 | 0,0656 | 0,004 | 0,004 | 0,003 |
| S4 | 7,8 | 0,145 | 5,7 | 1,8 | 2,54 | 2,61 | 0 | 0,8 | 0,32 | 0,0812 | 0,006 | 0,004 | 0,004 |
| S5 | 7,7 | 0,159 | 8,1 | 3,1 | 1,73 | 2,76 | 0 | 0,3 | 0,29 | 0,0035 | 0,004 | 0,002 | 0,002 |

Método de extração: 1:2 (Holanda). Métodos de determinação: N-(amoniacoal e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S: ICP-OES; nitrogênio total (Kjeldahl); Métodos de determinação: Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES. ²S1: solo + areia (2:1); S2: solo + esterco (2:1). S3: esterco + solo (2:1). S4: esterco + areia (2:1). S5: solo.

A (número total de sementes colocadas para germinar); b) comprimento da parte aérea, obtido com o auxílio de uma régua graduada, medindo-se as plântulas da parte central da parcela e obtendo-se o valor médio dividindo-se o somatório pelo número de plantas. A altura da plântula foi tomada da base do colo à extremidade da folha mais alta (NAKAGAWA, 1994), sendo os resultados expressos em centímetros; c) comprimento da raiz principal, realizado com base nas mensurações obtidas a partir da região de transição entre a raiz e o caule até a extremidade da raiz principal, sendo os resultados expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1994); d) número de folhas, considerando a contagem de todas as folhas das plântulas selecionadas para avaliação; e) massa seca da parte aérea, raiz e caule, obtida após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingir massa constante, sendo, em seguida, pesada em balança analítica (0,01 g). A massa obtida, para cada tratamento, foi dividida pelo número de plântulas e os resultados expressos em g plântula⁻¹; f) índice de clorofila, determinado por meio de leitura direta em um clorofilômetro (Chlorophyll Content Meter, CCM-200, da companhia OptSciences®), sendo considerada, para avaliação, uma das folhas do último par de folhas completamente expandido de cada planta; g) diâmetro do coleto, obtido com o auxílio de um paquímetro digital marca DIGIMESS, na base do colo da planta, tendo seus resultados expressos em milímetros.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o *software* Sisvar® (FERREIRA, 2008).

3 Resultados e Discussão

Para a característica ‘emergência’ (Figura 1A), todos os substratos, com exceção do substrato 5 (solo), apresentaram valores estatisticamente semelhantes, com porcentagens de emergência acima de 80%. Esse comportamento se justifica porque os substratos, quando combinados, proporcionam maior aeração, propiciando melhora em suas características físicas e favorecendo, assim, um bom desenvolvimento da muda. Avaliando-se o efeito de diferentes substratos na emergência e no vigor de plântulas de mulungu, Guimarães et al. (2011) verificaram que os substratos, quando constituídos por três componentes na mistura, proporcionaram mudas mais desenvolvidas, enquanto que substratos com apenas um componente acarretaram mudas com menor crescimento. Em plântulas de ipê amarelo [*Handroanthus*

caraiiba (Mart.) Mattos], foram verificados baixos valores de germinação (35%) em substrato composto por solo e areia (1:1) (GARCIA; CAMILA; BRENO, 2012). Já para a emergência de plântulas de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), em diferentes substratos, verificou-se que a germinação foi de aproximadamente 90%, quando se utilizou a terra vegetal como substrato (BRAGA JUNIOR; BRUNO; ALVES, 2010).

As médias de comprimento da parte aérea diferiram significativamente ($p < 0,01$) entre os substratos testados (Figura 1B). Os substratos que proporcionaram incremento no crescimento das mudas foram os dos tratamentos S4 (34,6 cm) e S2 (28 cm), seguidos dos tratamentos S1 (27 cm) e S3 (26,8 cm). O menor valor para essa característica foi observado no tratamento S5 (solo), que apresentou um valor médio de 5,5 cm. Avaliando-se o efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, Araújo e Paiva Sobrinho (2011) verificaram resultados semelhantes, com menores valores observados quando o substrato era constituído apenas por solo.

O maior comprimento da parte aérea foi observado no tratamento S4 (esterco + areia – 2:1) e esse resultado se justifica pela presença de esterco no substrato, pois é sabido que o mesmo apresenta uma rápida mineralização. O esterco bovino, quando bem curtido, contribui significativamente para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do substrato, além de fornecer vários nutrientes essenciais para as plantas. Este aumenta a capacidade de troca catiônica, a capacidade de retenção de água, a porosidade do solo e a agregação do substrato (SCHORN; FORMENTO, 2003). O comprimento da parte aérea apresenta boa contribuição para a avaliação da qualidade de mudas, sendo esta característica fácil e viável de mensuração, sobretudo por se constituir em um método não destrutivo das plantas (GOMES et al., 2002).

Em termos absolutos, verificou-se maior comprimento da raiz para o tratamento S2 (39,7 cm), seguido dos tratamentos S1 (39,5 cm), S4 (36,6) e S3 (35,2 cm) (Figura 1C). Braga Junior, Bruno e Alves (2010), em plântulas de juazeiro, avaliando 21 tipos de substratos, encontraram diferentes comprimentos de raiz, com variação de 10 a 22 cm. Diferentemente dos resultados desta pesquisa, esses autores verificaram menores comprimentos de raízes em plantas desenvolvidas em substratos compostos por areia e esterco bovino nas proporções 3:1, 1:1 e 1:3.

Quanto ao diâmetro do coleto (Figura 1D), constatou-se, novamente, menor valor para as plantas do tratamento S5 (solo),

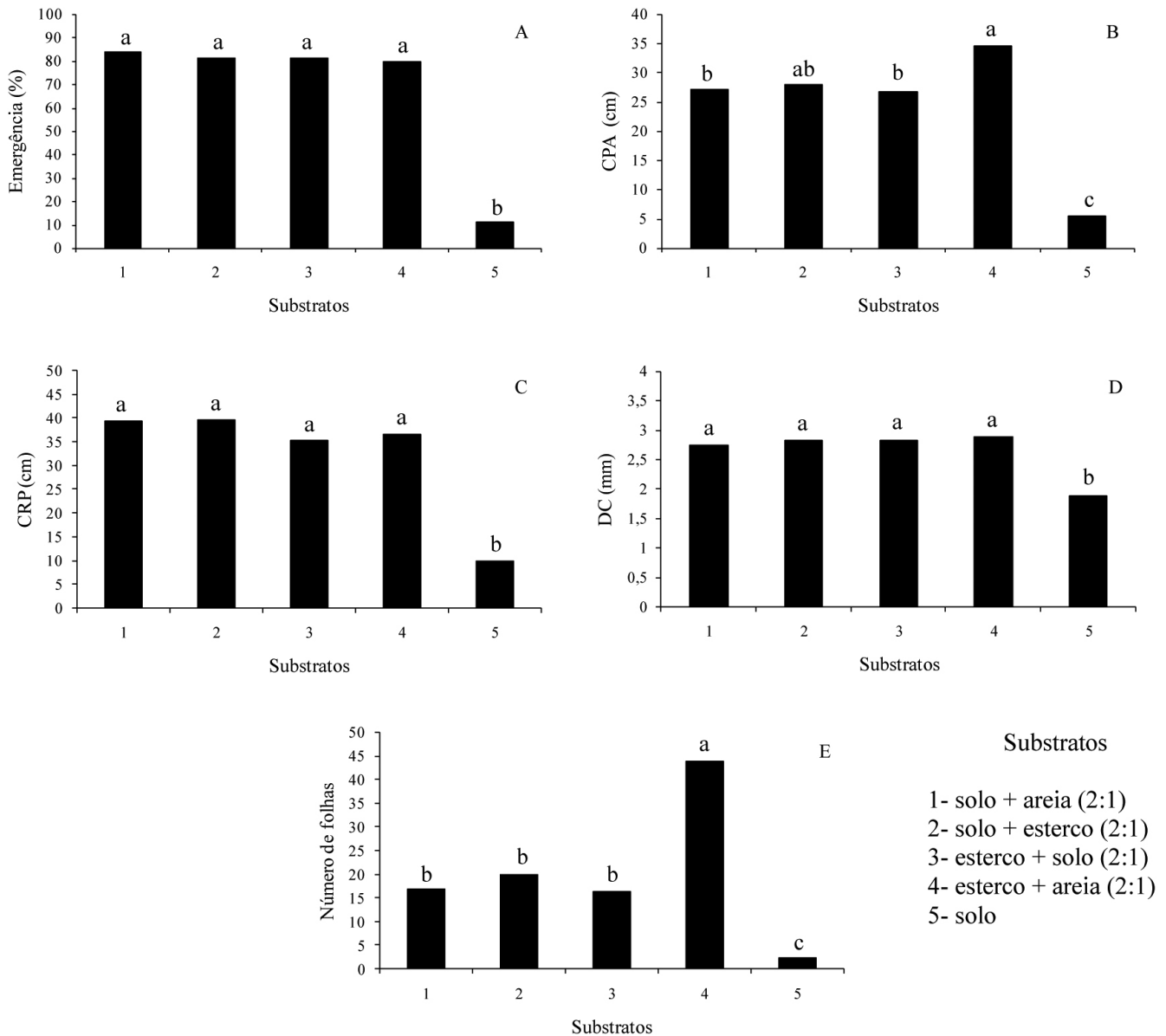


Figura 1. Parâmetros avaliados em plântulas de *Pithecellobium dulce* em diferentes substratos. (A) Emergência; (B) comprimento da parte aérea-CPA; (C) comprimento da raiz primária-CRP; (D), diâmetro do coleto-DC; (E) número de folhas.

enquanto que os demais tratamentos apresentaram valores médios de diâmetro estatisticamente semelhantes entre si. As médias para essa variável oscilaram de 1,9 mm (tratamento S5) a 2,9 mm (tratamento S4). Dentro de uma mesma espécie, as plantas com maior diâmetro apresentam maior sobrevivência, por apresentarem capacidade de formação e de crescimento de novas raízes (BRAGA JUNIOR; BRUNO; ALVES, 2010). O diâmetro do coleto, sozinho ou combinado com a altura, é uma das melhores características para se avaliar a qualidade da muda, pois quanto maior o diâmetro, melhor será o equilíbrio do crescimento com a parte aérea, principalmente quando se exige rusticificação das mudas (GOMES; PAIVA, 2011). Em estudos realizados com mudas de *Gleditschia amorphoides* (sugará), Bortolini et al. (2012) verificaram incremento no diâmetro do coleto em substratos que continham esterco

bovino, superando inclusive o substrato comercial e a cama de aviário combinado com serragem. O diâmetro do coleto é avaliado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo, enfatizando que mudas de *Acacia mangium* de boa qualidade devem apresentar diâmetro do coleto maior que 2 mm (DANIEL et al., 1997). O diâmetro do coleto adequado às mudas de espécies florestais de qualidade está entre 5 e 10 mm (SCREMIN-DIAS et al., 2006).

Na presente pesquisa, com exceção do tratamento S5, as mudas de *P. dulce* apresentaram valores médios de diâmetro do coleto dentro dos limites estabelecidos por Daniel et al. (1997), entretanto fora dos limites propostos por Scremin-Dias et al. (2006).

Para a característica ‘número de folhas’ (Figura 1E), foram observados valores superiores em plantas desenvolvidas no

tratamento S4 (44 folhas). Nos tratamentos S3, S2 e S1, os valores são estatisticamente semelhantes entre si. Outras pesquisas realizadas com espécies arbóreas apresentaram resultados positivos para a variável ‘número de folha’, quando usado esterco na composição do substrato, como os observados por Araújo e Paiva Sobrinho (2011) em mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*); Costa et al. (2005) em mudas de mudas de jenipapo (*Genipa americana*); Silva et al. (2009) em mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*), e Dantas et al. (2011) em mudas de catingueira-verdadeira (*Caesalpinia pyramidalis*).

Em relação à massa seca do caule (Figura 2A), as médias oscilaram de 0,33 a 6,45 g/planta. O maior valor para este parâmetro foi encontrado no tratamento S4, seguido de valores médios menores e decrescentes nos tratamentos

S3, S1, S2 e S5. Observou-se que os substratos formados pela combinação com esterco bovino em maior proporção, apresentaram valores médios superiores de massa seca do caule. A principal característica do esterco bovino não está somente no fato de ele ser um fornecedor de nutrientes para as plantas, mas sim por contribuir para melhorar as condições físicas, químicas e biológicas da mistura, de maneira que ele possa funcionar como um bom substrato para o crescimento e o desenvolvimento de mudas de espécies florestais (GOMES; PAIVA, 2011). Em estudo realizado com diferentes substratos em três espécies arbóreas, Paiva Sobrinho et al. (2010) verificaram que a adição de esterco bovino ou casca de arroz ao solo afetaram negativamente o desenvolvimento das mudas.

Para a massa seca das folhas (Figura 2B), observou-se que, no tratamento S4, os valores apresentaram-se estatisticamente

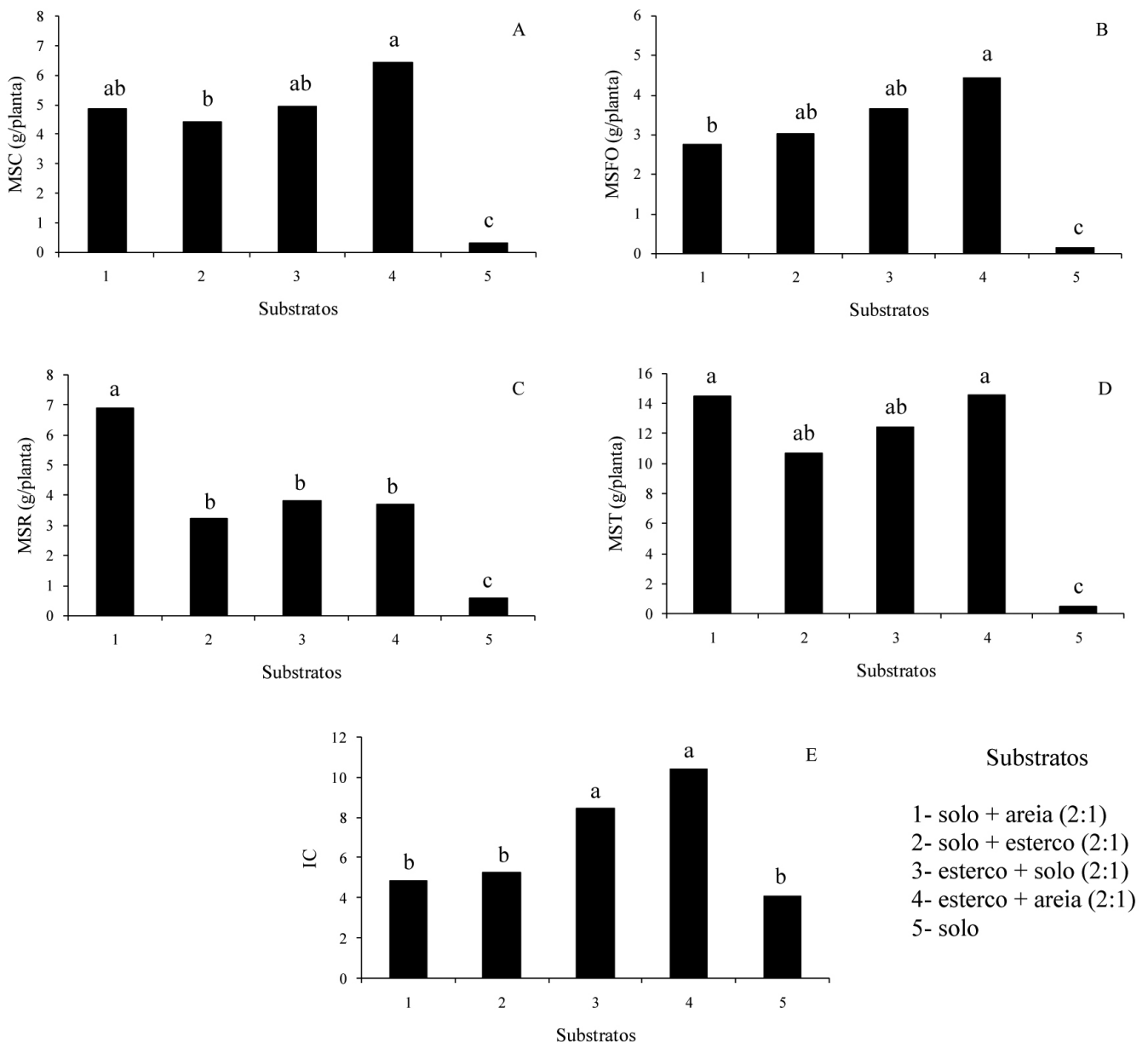


Figura 2. Massa seca do caule-MSC (A); massa seca das folhas-MSFO (B); massa seca da raiz-MSR(C); massa seca total-MST(D), e índice de clorofila-IC (E) de 15 plântulas de *Pithecellobium dulce*.

semelhantes aos dos tratamentos S2 e S3. Entretanto, apesar dessa igualdade estatística, pôde-se verificar uma superioridade nos valores absolutos do tratamento S4 em comparação com os valores dos demais tratamentos. Testando-se diferentes sombreamentos e substratos em mudas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), Dantas et al. (2009) verificaram que tanto o solo isolado como a mistura de solo com areia mais esterco proporcionaram valores estatisticamente semelhantes. Assim, recomendam que o substrato utilizado para produção de mudas de catingueira deve conter material de solo coletado na Caatinga. Corroborando com os resultados desta pesquisa, Cunha et al. (2006) verificaram resultados positivos no desenvolvimento de mudas de *Acacia mangium* e *A. auriculiformis* quando o substrato utilizado continha esterco bovino em sua composição.

Observou-se menor valor de massa seca da raiz no tratamento S5 (0,57 g/planta) e maior valor no tratamento S1 (6,9/planta), enquanto que, para os demais tratamentos, as médias apresentaram valores estatisticamente similares. Resultados semelhantes de massa seca da raiz também foram verificados por Araújo e Paiva Sobrinho (2011), na produção de mudas de tamboril (*E. contortisiliquum*).

A massa seca da raiz apresentou baixos valores quando o substrato utilizado foi apenas solo, porém houve incremento para essa variável quando o esterco bovino foi um dos componentes do substrato (Figura 2C). Incrementos significativos de massa seca em mudas de três espécies arbóreas utilizando apenas solo como substrato foram verificados por Paiva Sobrinho et al. (2010). Por outro lado, houve redução na massa seca de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Camb.) em função da adição de esterco ao substrato (ARTUR et al., 2007). Essas contradições ocorrem porque cada espécie arbórea responde de forma diferente em cada tipo de substrato e, dependendo das proporções dos substratos aplicados, as respostas podem afetar de maneira positiva ou negativa o desenvolvimento da muda.

Resultados semelhantes aos parâmetros 'massa seca do caule, das folhas e da raiz' foram encontrados para massa seca total (Figura 2D). As mudas de *P. dulce* apresentaram, para massa seca total, valores entre 0,48 e 14,57 g/planta, sendo o maior incremento observado no tratamento S4. Avaliando-se o efeito de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp, Cunha et al. (2006) verificaram que o esterco bovino, quando combinado com outros substratos, promoveu incremento na massa seca total, corroborando com os resultados observados na presente pesquisa. Valores superiores de massa seca total de plântulas de *Erythrina velutina* Willd foram encontrados em substratos formados pela combinação de areia + Hortimix (1:1) e areia + vermiculita + Hortimix (1:1:1), utilizados por Guimarães et al. (2011), que constataram que os substratos, quando combinados, apresentaram um incremento de massa seca total na ordem de 5 g/planta, enquanto o substrato isolado (areia 100%) apresentou incremento de 3 g/planta.

Em relação ao índice de clorofila das folhas de *P. dulce*, os tratamentos S3 e S4 apresentaram as maiores médias, 8,5 e 10,5, respectivamente (Figura 2E). Os menores valores foram observados nos tratamentos S1, S2 e S5. Portanto, o que pode ter influenciado essa redução nos índices, provavelmente, decorre de os substratos apresentarem maiores teores de

potássio e menores teores de nitrogênio e magnésio. O potássio, quando em excesso, pode provocar falta de magnésio e cálcio, concorrendo para que haja dificuldade no processo de absorção desses elementos. O magnésio ocupa posição central na molécula de clorofila, funciona como ativador de muitas enzimas e ajuda na absorção do fósforo (MALAVOLTA; PIMENTEL-GOMES; ALCARDE, 2002).

Em todas as variáveis analisadas, o tratamento S5 (solo) apresentou os menores valores, provavelmente pela sua fertilidade apresentar-se um pouco menor em relação à dos demais tratamentos ou, ainda, pelas suas características físicas. O tipo de argila pode ter influenciado a germinação em razão da expansividade das partículas. No solo irrigado, a argila se reidrata, depois se expande e desagrega, formando um leito centimétrico em toda superfície exposta, comportamento este que pode ter dificultado a penetração de oxigênio, essencial à germinação. Outro fato que pode ter influenciado foi a umidade do solo, tendo-se observado que o solo, quando irrigado, apresentava-se encharcado, mantendo-se úmido por um bom período. Essa umidade pode ter favorecido o aparecimento de micro-organismos fúngicos, que comprometeram a germinação e, conseqüentemente, todos os outros parâmetros avaliados.

O excesso de água é prejudicial tanto pela quantidade em si como pela redução do arejamento do solo ou do substrato. Além disso, muita água pode causar efeitos inibitórios na germinação, por causa do aumento na demanda de oxigênio, diminuindo a solubilidade (BENJAMIM, 1990). O impedimento mecânico causa mudanças na morfologia das raízes, interna e externamente, que crescem menos e são mais compactas, semelhantes às raízes de solos compactados. As raízes menores são mais rasas, menos prolíficas e exploram menos volume de solo para obter água e nutrientes (NICOLAS; CANTILIFFE, 1996).

4 Conclusões

O substrato esterco bovino com areia, na proporção 2:1, mostrou-se ser o mais indicado para a produção de mudas de *Pithecellobium dulce*.

Referências

- ARAÚJO, A. P.; PAIVA SOBRINHO, S. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. *Revista Árvore*, v. 35, n. 3, p. 581-588, 2011. Suplemento 1. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000400001>
- ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C.P.; FERREIRA, M. E.; BARRETO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000600011>
- BENJAMIM, L. R. Variation in times of seedlings emergence within populations: a feature that determines individual growth and populations. *Advances in Agronomy*, v. 44, p. 1-25, 1990.
- BORTOLINI, M. F.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; FORTES, A. M. T. Crescimento de mudas de *Gleditschia amorphoides* Taub. produzidas em diferentes substratos. *Ciência Florestal*, v. 22, n. 1, p. 35-46, 2012. <http://dx.doi.org/10.5902/198050985077>

- BRAGA JUNIOR, J. M.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U. Emergência de plântulas de *Zizyphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae) em função de substratos. *Revista Árvore*, v. 34, n. 4, p. 609-616, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000400005>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Laborat%C3%B3rio/Sementes/Regras%20para%20Análise%20de%20Sementes.pdf>.
- BRAUM, H.; ZONTA, J. H.; LIMA, J. S. S.; REIS, E. F.; SILVA, D. P. Desenvolvimento inicial do café conillon (*Coffea canephora* Pierre) em solos de diferentes texturas com mudas produzidas em diferentes substratos. *IDESIA*, v. 27, n. 3, p. 35-40, 2009. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292009000300006>
- COSTA, M. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; ALBRECHT, J. M. F.; COELHO, M. F. B. Substratos para produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 35, n. 1, p. 19-24, 2005. <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/2280>
- CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. *Revista Árvore*, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000200007>
- DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOISI, A. A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A. M.; PINHEIRO, E. R.; SOUZA, E. F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium*. *Revista Árvore*, v. 21, n. 2, p. 163-168, 1997.
- DANTAS, B. F.; LOPES, A. P.; SILVA, F. F. S.; BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. L.; ARAGÃO, C. A. Produção de mudas de catingueira-verdadeira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) em função de substratos e luminosidades. *Científica*, v. 39, n. 1/2, p. 34-43, 2011. Disponível em: <<http://www.cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/267/Artigo%20Completo>>.
- DANTAS, B. F.; LOPES, A. P.; SILVA, F. F. S.; LÚCIO, A. A.; BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. L.; ARAGÃO, C. A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. *Revista Árvore*, v. 33, n. 3, p. 413-423, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000300003>
- EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. *Propagação de plantas frutíferas de clima temperado*. 2. ed. Pelotas: UFPel, 1995. 178 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Simposium*, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.
- FRADE JUNIOR, E. F.; ARAÚJO, J. A.; SILVA, S. B.; MOREIRA, J. G. V.; SOUZA, L. P. Substratos de resíduos orgânicos para produção de mudas de ingazeiro (*Inga edulis* Mart.) no vale do Juruá-Acre. *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 13, p. 959-969, 2011. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/substratos%20de%20residuos.pdf>>.
- GARCIA, S. F.; CAMILA, O.; BRENO, M. S. S. Emergência de plântulas de *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bureau. *Ciência Rural*, v. 42, n. 8, p. 1419-1422, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000800014>
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. *Viveiros florestais: propagação sexuada*. Viçosa: Editora UFV, 2011. 116 p.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000600002>
- GUIMARÃES, I. P.; COELHO, M. F. B.; BENEDITO, C. P.; MAIA, S. S. S.; NOGUEIRA, C. S. R.; BATISTA, P. F. Efeito de diferentes substratos na emergência e vigor de plântulas de mulungu. *Bioscience Journal*, v. 27, n. 6, p. 932-938, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/12306/8121>>.
- HERMÁNDEZ, J. E. H.; GUERRA, F. J. F.; RONQUILLO, J. C. C.; BARROS, O. A. V. E.; OLIVERA, R. M. P. PÉREZ, F. X. P.; MARTÍNEZ, G. D. M. Evaluación de vainas y hojas de árboles forrajeros por la técnica de producción de gas *in vitro*. *Zootecnia Tropical*, v. 23, n. 3, p. 421-426, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000300013&lng=es&nrm=iso&tlang=es>.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 2003. 382 p.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. *Aubos e adubações*. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no crescimento de plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.) *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.
- NICOLAS, S.; CANTILIFFE, D. J. Increasing cell size and reducing medium compression enhance lettuce transplant quality and field production. *HortScience*, v. 31, n. 2, p. 184-189, 1996.
- PAIVA SOBRINHO, S.; LUZ, P. B.; SILVEIRA, T. L. S.; RAMOS, D. T.; NEVES, L. G.; BARELLI, M. A. A. Substratos na produção de mudas de três espécies arbóreas do cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 2, p. 238-243, 2010. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v5i2a741>
- PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R.; SILVA, C. R. R. *Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 137 p.
- RAZZ, R.; CLAVERO, T. Efecto de la escarificación, remoyo y tiempos de almacenamiento sobre la germinación de *Pithecellobium dulce*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, v. 20, n. 2, p. 180, 2003.
- SCHORN, L. A.; FORMENTO, S. *Silvicultura II: produção de mudas florestais*. FURB: Blumenau, 2003. 55 p.
- SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. R. H.; SOUZA, P. R. *Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual*. Campo Grande: Editora UFMS, 2006. 59 p.
- SILVA, E. A.; MARUYAMA, W. I.; OLIVEIRA, A. C.; BARDIVIESSO, D. M. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, n. 3, p. 925-929, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000300043>
- SILVA, E. A.; OLIVEIRA, A. C.; VANDER, M.; SOARES, F. M. Substrato na produção de muda de mangabeira em tubetes. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 2, p. 279-285, 2011. <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i2.9042>