

CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Caesalpinia echinata* EM FUNÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS

Paulo Cesar Lima Marrocos¹, Tayla Ribeiro Marrocos², George Andrade Sodré¹, Katia Curvelo¹, Dan Erico Lobão¹, Raul René Valle¹

¹CEPLAC/CEPEC, km 22, Rod Ilhéus - Itabuna, Caixa Postal 7, 5600-970 - Ilhéus, Bahia, Brasil.
marrocos@ceplac.gov.br; sodre@ceplac.gov.br; katiacurvelo@ceplac.gov.br; dan@ceplac.gov.br; raul@ceplac.gov.br.

²Engenheira Ambiental - Rua Rio Almada, 94, Góes Calmon, 45605-375 - Itabuna, Bahia, Brasil.
taylamarrocos@hotmail.com

Um componente básico na produção de mudas é o meio de cultivo, portanto, é necessário avaliar e selecionar substratos que atendam as exigências da espécie e sejam de fácil aquisição. Este estudo avaliou efeitos de substratos sobre o crescimento de mudas de *Caesalpinia echinata* (pau-brasil). Os tratamentos foram: T₁: solo; T₂: composto da casca de cacau (CCC); T₃: solo + composto da casca de cacau 1:1 (v/v); T₄: solo + composto da casca de cacau 1/3 + 2/3 (v/v). O arranjo experimental foi em blocos ao acaso, com nove repetições e dez plantas por unidade experimental. Foram avaliadas: altura e diâmetro à altura do coleto aos quatro, seis e oito meses após o plantio. O material vegetal foi coletado e pesado obtendo-se a área foliar e a massa seca. Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias classificadas pelo teste de Tukey a $p < 5\%$. Houve maior variação de macronutrientes nas folhas apicais do que nas basais em função do substrato, com exceção do P e do K, disponibilizados em maiores proporções no CCC. O crescimento de mudas foi maior em solo e nas misturas solo:CCC. O substrato CCC não deve ser usado, de forma isolada, na produção de mudas de *C. echinata*.

Palavras-chave: pau-brasil, composto de casca de cacau, espécie arbórea nativa.

Growth of *Caesalpinia echinata* seedlings as a function of different substrates.

One basic component in seedling production is the cropping media; therefore, it is necessary to evaluate and select substrates that meet the species requirements and are easy to obtain. This study evaluated the effect of substrates on growth of *Caesalpinia echinata* (Brazilian wood) seedlings. The treatments were: T₁: soil, T₂: cacao husks compost (CCC), T₃: soil + cacao husks compost 1:1 (v/v), T₄: soil + cacao husks compost 1/3 + 2/3 (v/v). The experimental layout was a randomized block design with nine replications and 10 plants per experimental unit. The evaluated variables were: height and stem diameter at four, six and eight months after planting; plant material was harvested and dry mass weights and leaf area obtained. Data were subjected to analysis of variance, means were ranked by Tukey's test at $p < 5\%$. There was higher variation of macronutrients in the apical than in the baseline leaves as a function of substrate, with the exception of P and K, available in large proportion in CCC. Seedling growth was higher in soil and soil:CHC mixtures. CHC should not be used alone in the production of *C. echinata* seedlings.

Key words: Brazilian wood, cacao husks compost, native tree species.

Introdução

A baixa qualidade das mudas de espécies florestais disponibilizadas no mercado consumidor, na maioria das vezes, é devido aos baixos investimentos na sua produção. Pesquisas sobre a qualidade do substrato para produção de espécies ameaçadas de extinção, principalmente em áreas que representem riscos ecológicos, caso da floresta atlântica, são essenciais para definir alternativas que pressupõem alta produtividade sem comprometer a qualidade das mudas.

A *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) é considerada uma das espécies arbóreas da Mata Atlântica sob maior pressão antrópica, consequência de uma exploração irracional ao longo de 500 anos que gerou drástica diminuição populacional, fragmentação e redução excessiva de seu habitat natural. Espécie mundialmente conhecida pela qualidade e elevado valor comercial de sua madeira, encontra-se atualmente restrita a pequenas populações naturais, o que a torna uma espécie em risco de extinção (Lobão, 2007). Por ter sido o primeiro e mais importante produto de exportação nos primórdios da história do Brasil foi oficialmente declarada Árvore Nacional em 1978 (Lei 6.607 de 07/12/1978). Apesar do desconhecimento quanto à precisão do grau de pressão antrópica exercida sobre a espécie, sabe-se que em muitas áreas de ocorrência natural foi erradicada, evidenciando a necessidade em garantir sua sobrevivência em bases sustentáveis (CEPLAC, 2004).

De acordo com Gonçalves e Poggiani (1996), a boa formação de mudas destinadas à implantação de povoamentos florestais, para a produção de madeira e/ou povoamentos mistos para fins de conservação e recuperação de áreas degradadas, está relacionada com o nível de eficiência dos substratos utilizados.

Diversos materiais de origem vegetal e animal têm sido utilizados no preparo de compostos orgânicos para produção de mudas. A escolha do substrato, no que se refere a sua formulação, deve ser feita em função da disponibilidade de materiais, das características físicas e químicas, do peso e do custo (Toledo, 1992). É necessário, portanto, testar substratos de fácil aquisição, alternativos a outros compostos comerciais que, geralmente, elevam o custo

de produção (Gomes et al., 1991).

O sucesso dos programas de implantação, revitalização e formação de florestas de alta produção ocorre quando os métodos e sistemas empregados pelos viveiristas priorizarem a qualidade das mudas a serem plantadas. Portanto, além da resistência às condições adversas encontradas no campo e no pós-plantio, as mudas deverão sobreviver e, por fim, produzir árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável (Oliveira et al., 2008).

A *C. echinata* em condições naturais, por ser uma espécie climássica, deposita suas sementes na serapilheira, germinando em meio com matéria orgânica, o que fornece condições para o desenvolvimento satisfatório da plântula. Portanto, isto sugere a necessidade de colocar no substrato matéria orgânica (Curvelo et al., 2008). Adicionalmente, pesquisas devem ser realizadas para definir o tipo e a proporção a serem utilizadas.

Nesse contexto, a análise das influências exercidas no desenvolvimento das mudas em viveiro pelos resíduos empregados é de grande importância na produção de mudas, visto que, seus resultados podem subsidiar o manejo adequado para o sucesso da atividade. Este trabalho avaliou o crescimento de mudas de *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) em função da composição do substrato utilizado.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa do Cacau (Cepec/Ceplac) localizado em Ilhéus, Bahia, Brasil, a uma altitude média de 30 metros acima do nível do mar, inserida na bacia hidrográfica do rio Cachoeira. Mudas seminais de *C. echinata* Lam. foram cultivadas em casa de vegetação, em sacos plásticos de 2,2 dm³, com os seguintes tratamentos: T₁ = solo; T₂ = composto da casca de cacau (CCC); T₃ = solo + composto da casca de cacau 1:1 (v/v); T₄ = solo + composto da casca de cacau 1/3 + 2/3 (v/v). No tempo zero, foram coletadas amostras do solo utilizado (Nitossolo Háptico Eutrófico) e do composto da casca de cacau para análise (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo e do composto da casca de cacau utilizados para a produção das mudas de *Caesalpinia echinata*

Substrato	pH	K cmol _c dm ³	Ca	Mg	P mg dm ³	Fe	Zn	Cu	Mn
Solo ¹	5,3	0,12	8,5	4,2	8,0	100	4,4	6,7	211
CCC ²	5,2	1620	128	276	204	0,04	0,15	-	0,73

¹Ca e Mg = Extrator KCl 1M; K, P, Fe, Zn, Cu e Mn = Extrator Mehlich 1. ² Extrato de Saturação – 1:1,5 (v:v) – (mg L⁻¹)

Foi realizada adubação em solo e no substrato, com adição de 100g de P₂O₅/m³ e, após as plantas terem atingido 10 cm, fez-se aplicação quinzenal, via água de irrigação, de adubação à base de NPK (2,5g/L de 20-0-20) nos dois primeiros meses e mensal a partir daí por diante, equivalente a 50% da recomendação de Barros e Stringheta (1999) para plantas ornamentais arbóreas e arbustivas. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com nove repetições, sendo a unidade experimental composta por dez sacos plásticos de 2,2 dm³ contendo uma muda de *C. echinata* cada um. Foram avaliadas as variáveis: altura da planta (AP) e diâmetro à altura do coleto (DC), aos dois, quatro, seis e oito meses.

Após o período experimental, o material vegetal foi coletado, separado em folhas (apical e basal), caule e raízes, sendo então mensurada a área foliar (AF). O material coletado foi lavado em água deionizada e seco em estufa com circulação forçada de ar a 70° C, até atingir peso constante. Em seguida, o material foi pesado determinando a massa seca de folhas (MSF), caule (MSC), e raízes (MSR). A massa seca total (MST) foi determinada pela soma dos componentes da planta. O material foi moído em moinho Willey até passar em peneira com 20 mesh de abertura de malha e mineralizado para determinação de N via digestão sulfúrica.

Para a determinação dos demais elementos as amostras foram digeridas em mistura nítro-perclórica. As determinações de N foram feitas pelo método de Kjeldahl (Jackson, 1958), o P foi dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C, descrito por Braga e Defelipo (1974), e o K, por fotometria de emissão de chama; Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe por espectrofotometria de absorção atômica. Foram utilizados testes de hipótese para comparação das inclinações, dos interceptos e da identidade dos modelos até 10% de significância, com uso do procedimento PROC REC do pacote estatístico

SAS® (Freire e Santos Filho, 1989). Os demais dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância, também com uso do pacote estatístico SAS®.

Resultados e Discussão

Para a variável AP, a comparação das inclinações das retas revelou menor incremento das mudas de *C. echinata* no tratamento T₂. Não houve diferença entre os interceptos, enquanto que, em relação à identidade dos modelos, a análise revelou, também, diferenças entre o tratamento T₂ e os demais (Figura 1; Tabela 2). Para o DC, a análise da inclinação das retas revelou diferenças significativas entre os tratamentos T₃ e T₂ e, não houve diferença significativa entre os interceptos. O teste de identidade dos modelos revelou diferenças significativas entre o tratamento T₂ e os demais, de forma que se pode representar os tratamentos T₁, T₃ e T₄ com um único modelo (Figura 2; Tabela 2).

Para as variáveis AF, MSF, MSC, MSR e MST, o teste de médias revelou que o tratamento T₂ teve menor área foliar e menor acúmulo de massa seca que os demais tratamentos (Tabela 3). Os resultados da análise foliar de macronutrientes (Tabela 4) mostraram que houve maior variação em função do substrato nas folhas apicais do que nas basais, com exceção do P e do K, disponibilizados em maiores proporções no CCC. Diferenças significativas, nos teores de micronutrientes, foram observadas entre folhas apicais e basais de *C. echinata* crescendo em solo (Tabela 5).

Apesar de *C. echinata* se estabelecer, em condições naturais, em solos com alto teor de matéria orgânica, o tratamento T₂ (apenas matéria orgânica), apresentou o menor crescimento das mudas. Pode-se perceber, também, que embora as misturas de substratos não tenham sido estatisticamente diferentes do solo, há tendência de maior crescimento das mudas de *C.*

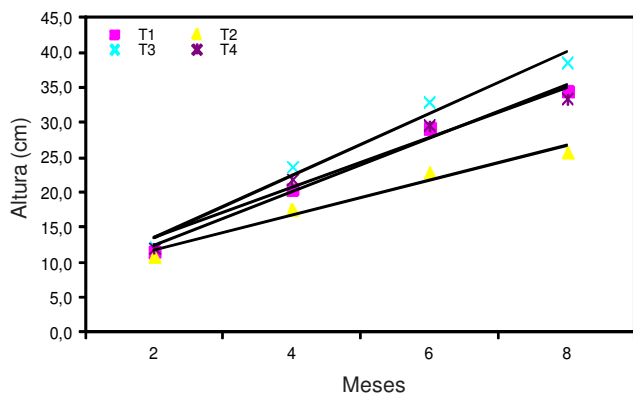


Figura 1. Altura da planta (AP), de mudas de *Caesalpinia echinata*, em função dos diferentes substratos ao longo de oito meses. T₁ = solo, T₂ = composto da casca de cacau, T₃ = solo + composto da casca de cacau 1:1 (v/v), T₄ = solo + composto da casca de cacau 1/3 +2/3 (v/v).

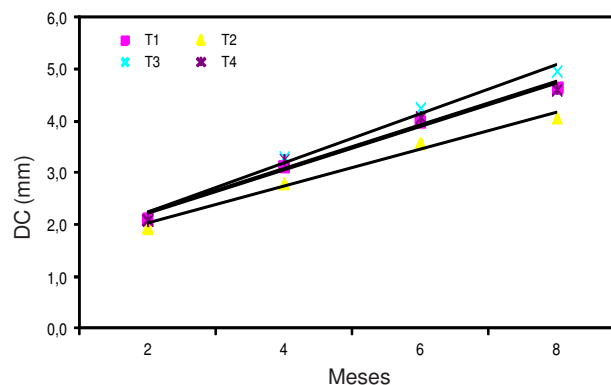


Figura 2. Evolução do diâmetro a altura do coleto (DC), de mudas de *Caesalpinia echinata*, em função dos diferentes substratos ao longo de oito meses. T₁ = solo, T₂ = composto da casca de cacau, T₃ = solo + composto da casca de cacau 1:1 (v/v), T₄ = solo + composto da casca de cacau 1/3 +2/3 (v/v).

Tabela 2. P-Valor dos testes de Inclinação das Retas (IR), do Intercepto (I) e da Identidade dos Modelos (IM) para a variável altura da planta (AP) e diâmetro a altura do coleto (DC), de mudas de *Caesalpinia echinata*, em função dos diferentes substratos, ao longo de oito meses

Tratamentos ¹	Altura da planta			Diâmetro à altura do coleto		
	IR	I	IM	IR	I	IM
1 - 2	0,0401	0,4934	0,0069	0,1790	0,8707	0,0352
1 - 3	0,3545	0,9622	0,0970	0,3842	0,8707	0,2294
1 - 4	0,6183	0,5837	0,8523	0,7223	0,6277	0,8610
2 - 3	0,0089	0,5225	0,0004	0,0436	0,7454	0,0030
2 - 4	0,0897	0,8869	0,0073	0,3014	0,7454	0,0253
3 - 4	0,1718	0,6158	0,8323	0,2335	0,5203	0,8610

¹T₁ = solo; T₂ = composto da casca de cacau; T₃ = solo + composto da casca de cacau 1:1 (v/v); T₄ = solo + composto da casca de cacau 1/3 +2/3 (v/v).

Tabela 3. Área foliar (AF), matéria seca de folha (MSF), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca de total (MST), encontradas em mudas de *Caesalpinia echinata* crescendo em diferentes substratos

Tratamentos ¹	AF	MSF	MSC	MSR	MST
	cm ²	g			
T1	500,19 A	2,64 A	1,32 A	0,39 A	4,34 A
T2	247,04 B	1,28 B	0,63 B	0,20 B	2,10 B
T3	631,35 A	3,39 A	1,67 A	0,51 A	5,57 A
T4	491,05 A	2,67 A	1,28 A	0,40 A	4,35 A
CV (%)	27,41	27,14	28,06	34,09	27,06

T₁ = solo; T₂ = composto da casca de cacau; T₃ = solo + composto da casca de cacau 1:1 (v/v); T₄ = solo + composto da casca de cacau 1/3 +2/3 (v/v).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 4. Teores de macronutrientes encontrados em folhas de mudas de *Caesalpinia echinata* crescendo em solo e em composto da casca de cacau (CCC)

Folha	Macronutrientes									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Solo	CCC	Solo	CCC	Solo	CCC	Solo	CCC	Solo	CCC
	g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
Apical	30,8Ba	36,2Aa	2,3Ba	6,1Ab	18,8Aa	20,4Aa	11,0Ab	14,8Ab	1,8Bb	2,4Ab
Basal	22,7Ab	23,9Ab	1,4Ba	9,9Aa	10,1Bb	13,7Ab	26,8Aa	29,2Aa	2,7Aa	3,0Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 5. Teores de micronutrientes encontrados em folhas de mudas de *Caesalpinia echinata*, crescendo em solo e em composto da casca de cacau (CCC)

Folha	Micronutrientes							
	Fe		Zn		Cu		Mn	
	Solo	CCC	Solo	CCC	Solo	CCC	Solo	CCC
	mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
Apical	216,5Ab	254,8Aa	45,9Bb	66,6Aa	23,3Aa	21,8Aa	50,0Ab	59,8Aa
Basal	371,4Aa	302,5Aa	61,3Aa	74,5Aa	24,1Aa	22,1Aa	80,9Aa	75,0Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

echinata com redução da proporção de CCC e isso sugere que, nas misturas, devem ser utilizadas menores proporções de CCC (Figuras 1 e 2; Tabela 3). Percebe-se claramente a dinâmica do processo de retranslocação de nutrientes em função da sua mobilidade no floema (Tabela 4), com exceção do P, disponibilizado em grande proporção no CCC, sendo observados teores foliares mais elevados de P em *C. echinata* quando comparados com os resultados disponibilizados, a maioria das plantas (Taiz e Zeiger, 2004). Merece destaque o fato da relação Ca:Mg na folha permanecer praticamente inalterada nos diferentes substratos, aproximadamente de seis e 10 vezes, nas folhas apicais e basais, respectivamente (Tabela 4), isso se deve, provavelmente, a forte regulação das concentrações de Ca no tecido vegetal por Taiz e Zeiger (2004).

Detecta-se que o substrato solo + composto de casca de cacau (tratamento T₃), apesar de não apresentar diferença significativa, mostrou uma tendência de melhor comportamento das variáveis analisadas. Por outro lado, outros fatores podem estar influenciando o comportamento da mudas de *C. echinata* nos diferentes substratos. Roweder et al. (2012) estudando o uso de

diferentes substratos e ambiências na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de *Cedrela odorata* (cedro rosa), concluíram que o húmus de minhoca favoreceu o desenvolvimento das plântulas independentemente do ambiente, já o substrato casca de coco não favorece o desenvolvimento das plântulas em ambientes com 50% e 0% de sombra. Desse modo, pesquisas podem ser desenvolvidas com o objetivo de testar o substrato solo + composto da casca de cacau utilizando variações na incidência de luz.

Conclusões

O crescimento de mudas de pau-brasil foi maior em solo com boa fertilidade e na mistura solo + composto da casca de cacau. A mistura solo + composto da casca de cacau mostrou uma tendência de melhor comportamento.

O substrato composto da casca de cacau não deve ser usado, de forma isolada, na produção de mudas de *Caesalpinia echinata*.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Edmundo Dias de Andrade pela dedicação na condução dos ensaios de campo e, a Lindolfo Pereira dos Santos Filho pela valiosa contribuição nas análises estatísticas.

Literatura Citada

- BARROS, N. F. de; STRINGHETA, A. C. O. 1999. Plantas ornamentais arbóreas e arbustivas. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez, V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa, MG, CFSEMG. p.273-276.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. 1974. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Revista Ceres* 21:73-85.
- CEPLAC. Programa pau-brasil, Ilhéus: Ceplac, 2004. Disponível em: <http://www.arvorenacional.com.br>. Acesso em 14 de junho de 2012.
- CURVELO, K.; LOBÃO, D. E.; MARROCOS, P.; VALE, R. R. 2008. Manual técnico: plantio e manejo de pau-brasil. CEPLAC - Programa Pau-brasil, Ilhéus, BA. 26p.
- FREIRE, E.S.; SANTOS FILHO, L.P. dos. 1989. Procedimento estatístico para comparação de modelos lineares. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 20p.
- GOMES, J. M. et al. 1991. Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden, em Win-Strip. *Revista Árvore* 15(1):35-41.
- GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANE, F. 1996. Substrato para produção de mudas. In: Congresso Latino Americano de Ciências do solo, Águas de Lindóia, 1996. Anais. Águas de Lindóia, SBSCS. CD-ROM.
- JACKSON, M. L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. 1958. In: Soil chemical analysis. Englewood Chiffis: Prentice-Hall. pp.183-204.
- LOBÃO, D. E. V. P. 2007. Agroecossistema Cacaueiro da Bahia: cacau-cabruca e fragmentos florestais na conservação de espécies arbóreas. Tese Doutorado. Jaboticabal, UNESP. 98p.
- OLIVEIRA, R. B. et al. 2008. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. *Revista Ciência Agrotécnica* 32(1):122-128.
- ROWEDER, C.; NASCIMENTO, M. de S.; SILVA, J. da B. 2012. Uso de diferentes substratos e ambiência na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cedro. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias* 5(1):27-46.
- SAS Institute INC. 1982. SAS User's Guide: statistics, 1982 ed. Cary, NC, SAS Institute INC. 584p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2004. Fisiologia vegetal. 3 ed. Porto Alegre, Artmed. PPI. 719p.
- TOLEDO, A, R. M. 1992. Efeito de substratos na formação de mudas de laranjeira (*Citrus sinensis*) em vaso. Dissertação Mestrado. Lavras, UFLA. 88p.