

Fino de carvão vegetal em substrato para produção de mudas de *Dipteryx odorata*

Fine coal in substrate for *Dipteryx odorata* seedlings

FREITAS, Aroldo Felipe de¹; SOUZA, Luiz Augusto Gomes de²; CARDOSO, Irene Maria³; PAIVA, Haroldo Nogueira de⁴

1 Doutorando em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG - Brasil, afelipefreitas@yahoo.com.br; 2 Coordenação de Sociedade, Ambiente e Saúde do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus/AM - Brasil, souzalag@inpa.gov.br; 3 Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG - Brasil, irene@ufv.br; Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG - Brasil, hnpaiva@ufv.br

RESUMO: Conduziu-se experimento em viveiro avaliando o efeito da adição de fino de carvão vegetal em substrato sobre a qualidade de mudas de cumaru (*Dipteryx odorata*). Os tratamentos foram: substrato 3:2:0,5 (v:v) com solo argiloso, areia e carvão e substrato 3:2:0,5 (v:v) com solo argiloso, areia e esterco bovino combinado com 0, 0,5, 1,0 e 1,5 parte de carvão. A altura (H) e diâmetro do coleto (D) foram medidos bimensalmente e aos 191 dias pesou-se a massa seca aérea (MSA) e radicular (MSR) e avaliou-se a taxa de sobrevivência. Por meio destes dados calculou-se o Incremento Médio Mensal do caule e coleto, as relações MSA/MSR e H/D e o Índice de Qualidade de Dickson. Apenas a sobrevivência foi influenciada pelos tratamentos. Os resultados sugerem que a mistura 3:2:0,5 de solo, areia e esterco (v:v) pode ser substituída pela 3:2:0,5:1,0 ou 3:2:0,5:1,5 de solo, areia, esterco e carvão sem prejuízos às mudas.

PALAVRAS-CHAVE: crescimento, espécie florestal, viveiro, cumaru, Fabaceae.

ABSTRACT: We evaluated the effect of the addition of fine coal in a substratum on the quality of cumaru (*Dipteryx odorata*) seedlings in a nursery. Treatments were 3:2:0.5 (v:v) of clay soil, sand and charcoal and a base mixture of 3:2:0.5 (v:v) of clay soil, sand and manure and its combination with 0, 0.5, 1.0 and 1.5 part of charcoal. The diameter (D) of the collect and the height (H) of the seedlings were measured every two months after the transplanting and at 191 days dry aerial mass (MSA) and root mass (MSR) were assessed, and survival rate was evaluated. The monthly medium increment of H and D, MSA/MSR, Dixon's index of quality, H/D and survival were calculated. Only survival was change by the treatments. The results suggest that 3:2:0.5 mixture of soil, sand and manure (v:v) may be replaced by 3:2:0.5:1.0 or 3:2:0.5:1.5 of soil, sand, manure and charcoal without damage to seedlings.

KEY WORDS: growth, forest species, nursery, cumaru, Fabaceae.

Introdução

Cumarú (*Dipteryx odorata*) é uma árvore da Amazônia brasileira importante por possuir madeira nobre. Sua madeira é apreciada em usos que demandam resistência mecânica às intempéries e à deterioração por ataque de cupins e fungos xilófagos. As sementes dessa espécie contêm o óleo essencial chamado cumarina e a exploração desse óleo pela indústria química tem potencial para viabilizar extrativismo não madeireiro (LORENZI, 2002).

Neste cenário de potencial econômico e social dessa espécie amazônica, há necessidade de desenvolver tecnologias para restabelecer a presença de cumarú em áreas onde houve desflorestamento e enriquecimento à diversidade em áreas onde ela não está mais presente em função da exploração madeireira predatória. No estabelecimento ou recuperação de áreas florestais, a formação de mudas vigorosas e de boa qualidade condiciona grande parte do sucesso do plantio definitivo (HERNANDEZ et al., 2013).

Uma das condições que favorecem o bom desenvolvimento das mudas são a quantidade e qualidade dos insumos, mas também é importante que estes insumos sejam de fácil disponibilidade e baixo custo (TRAZZI et al., 2012). O uso de adubação orgânica é apontado como alternativa à adubação mineral, principalmente porque a adubação mineral pode ter maior preço, seus componentes não tem origem renovável e, usada inadequadamente, tem possibilidade de contaminação de cursos de água (SCHUMACHER et al., 2001).

A utilização do fino do carvão (“moinha”) pode contribuir com a viabilização econômica da produção de mudas, pois é um subproduto rejeitado após a seleção do carvão de maiores dimensões que será comercializado e com isso possui baixo custo. O fino do carvão possui potencial para aumentar o pH e adicionar nutrientes ao solo (OGUNTUNDE et al., 2004; MORALES, 2010), incrementar a porosidade e

capacidade de retenção de água do substrato (TRYON, 1948; ZANETTI et al., 2003), melhorar o desenvolvimento de mudas arbóreas (CHIDUMAYO, 1994; SOUCHIE et al., 2011), além de facilitar a proliferação de microrganismos benéficos (RONDON et al., 2007; STEINER et al., 2008; FREITAS, 2013).

O carvão possui grupos carboxílicos aromáticos estáveis que diminuem a degradação química e microbiana da matéria orgânica e promovem maior retenção de nutrientes (GLASER et al., 2001). Na região amazônica o carvão é componente essencial do solo eutrófico antropogênico classificado como Terra Preta de Índio, que é originado pela deposição sistemática de resíduos carbonizados vegetais e animais (FALCÃO; BORGES, 2006). A Terra Preta de Índio é reconhecidamente preferida pela agricultura familiar devido à capacidade de manter sua alta fertilidade sob as condições edafoclimáticas amazônicas, mesmo após longo período de uso em plantios de milho, frutas e vegetais em geral (MAJOR et al., 2010; NAVARRETE et al., 2010). Estudos mostram que o resíduo carbonizado é o responsável pela manutenção da fertilidade da terra preta (GLASER et al., 2001).

Alguns resíduos, como a casca de arroz carbonizada, são utilizados na produção de mudas (ARAUJO; PAIVA SOBRINHO, 2011). Entretanto, há poucos estudos sobre os efeitos da adição de resíduos do carvão vegetal oriundo da carbonização de espécies madeireiras e os benefícios que podem causar na produção de mudas arbóreas. A hipótese deste trabalho foi a de que o carvão de espécies lenhosas pode melhorar as características químicas e físicas de substratos para a produção de mudas de qualidade, qualidade esta verificada por meio de avaliações biométricas das plantas.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da adição do fino de carvão produzido a partir da carbonização de madeira misturada ao substrato para a produção de mudas da espécie

leguminosa arbórea cumaru.

Material e métodos

A pesquisa foi conduzida durante os anos de 2011 e 2012 no Campus do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) V-8 em áreas de sementeira e viveiro da Coordenação de Sociedade, Ambiente e Saúde - CSAS/INPA, em Manaus, AM. Segundo a classificação de Köppen, o clima de Manaus é "Afi", clima tropical chuvoso, com precipitação média anual de 2.325 mm, temperatura 26,6 °C e umidade relativa do ar ao longo do ano entre 84 % e 90 % (INPE, 2013).

A área de produção de mudas é constituída por sementeira em bancadas de madeira dentro de um galpão aberto lateralmente e com cobertura de telha de barro. A estrutura do viveiro é de ferro, com cobertura de sombrite com 50% de luz incidente, chão cimentado e área de 8 x 11 m.

Os propágulos de cumaru [*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., Fabaceae, Faboideae, Dipteryxaceae] procederam de árvores matrizes cultivadas na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA, BR 174, Km 46, Manaus, AM. A coleta dos frutos ocorreu sob a copa das matrizes na fase de dispersão plena. As sementes foram extraídas mecanicamente dos frutos com auxílio de bastão de madeira no Laboratório de Microbiologia do Solo do INPA e secos ao ar por 48 h. As sementes foram mantidas submersas em água por um período de 24 h para promover a embebição. Em seguida foram semeadas em linhas, empregando-se como sementeiras caixas plásticas drenadas com 40 x 80 cm preenchidas com areia lavada. Na fase de germinação a irrigação foi diária.

O solo argiloso e o esterco bovino curtido foram coletados na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizada na BR 174, Km 35, Manaus, AM. O solo argiloso foi coletado até 10 cm de profundidade em área com Latossolo Amarelo sob pastagem

abandonada (VIEIRA et al., 2011). A areia adquirida foi a utilizada como material de construção. O fino de carvão, subproduto da carbonização de espécies arbóreas, foi adquirido de produtor rural autorizado pelo órgão ambiental na BR 174, Ramal ZF-1, na Comunidade Nova Canaã, município de Manaus.

Após o transporte até a sede do INPA, cada componente do substrato foi seco em sombra por 48 h. Em seguida peneirados em malha de cinco mm e uma amostra de cada componente isolado foi separada para análise química. No preparo das misturas a combinação de componentes obedeceu uma proporção de base volumétrica (v:v). A mistura básica de substrato empregada na definição dos tratamentos foi solo argiloso, areia e composto de esterco bovino, na base de 3:2:0,5 (v:v) recomendada para leguminosas arbóreas (SOUZA, 1992).

Os seguintes tratamentos foram aplicados:

- T1) substrato 3:2:0,5 de solo argiloso, areia e carvão (Sc)
- T2) substrato 3:2:0,5 de solo argiloso, areia e esterco (Se)
- T3) substrato 3:2:0,5:0,5 de solo argiloso, areia, esterco e carvão (S0,5ce)
- T4) substrato 3:2:0,5:1 de solo argiloso, areia, esterco e carvão (S1,0ce)
- T5) substrato 3:2:0,5:1,5 de solo argiloso, areia, esterco e carvão (S1,5ce)

Após homogeneização das misturas, foi efetuada sua distribuição em recipientes plásticos de polipropileno, separando-se uma amostra de cada tipo de substrato para análise laboratorial. Os recipientes eram devidamente drenados, com dimensão de 13 x 27 cm, 11 cm de diâmetro após preenchimento e capacidade para 2 kg de substrato. As plântulas foram transplantadas para os recipientes pela técnica de raiz nua após

emissão do primeiro par de folhas definitivas na sementeira. Durante o experimento, os substratos foram irrigados regularmente nos dias sem chuva e as plantas espontâneas removidas manualmente.

O crescimento das plantas em altura (H) e diâmetro do coleto (D) foi mensurado com auxílio de régua e paquímetro digital um dia após o transplante e aos 59, 127 e 191 dias. Como altura foi considerada a medida entre o coleto e o meristema apical da muda. Foram efetuadas estimativas do incremento médio mensal (IMM) em altura e diâmetro do coleto, segundo Benincasa (1988), obedecendo à formulação:

$$\text{IMM} = \{h_2 - h_1 / [(t_2 - t_1) - 1]\} \times 30 \text{ dias}$$

Onde: h_1 e t_1 correspondem à altura inicial no tempo inicial e a altura final é h_2 no tempo final t_2 . A fórmula foi repetida para as medidas de diâmetro do coleto.

A última avaliação das mudas ocorreu 191 dias após o transplante, quando as mesmas foram extraídas inteiras após destorroamento do substrato. Em seguida foram lavadas, seccionadas na altura do coleto e submetidas à secagem em estufa à 65°C por 72 h. Após a secagem foram determinadas as massas secas aérea (MSA), do caule e radicular (MSR). O peso das folhas foi determinado pela subtração do peso do caule na MSA. A matéria seca total (MST) foi obtida pela soma da MSA e MSR.

A análise das características químicas dos componentes isolados e dos substratos foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas - LTSP/INPA em Manaus. Foi determinado o pH dos substratos em água (1:2,5) e teores disponíveis de Ca, Mg e Al em solução extratora de KCl 1N (EMBRAPA, 1997). O teor de C foi determinado pelo método Walkley-Black (MENDONÇA; SILVA, 2001) e o teor de matéria orgânica foi estimado a partir do teor de C (teor de

C x 1,72). O K foi determinado por fotometria de chama, P extraído e determinado por espectrofotometria. Zn e Fe foram extraídos em solução Mehlich-1 e quantificados em leitor por absorção atômica.

Com os valores obtidos também foi calculada as relações MSA/MSR, H/D, taxa de sobrevivência e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960) seguindo a fórmula:

$$\text{IQD} = \text{MST (g)} / [\text{H(cm)/D(mm)}] + [\text{MSA(g)/MSR(g)}]$$

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e dez repetições. A análise dos resultados foi feita com o programa Estat (UNESP, versão 2002) empregando-se análise de variância e teste de Tukey para comparações entre médias.

Resultados e discussão

Composição química dos substratos

Foram verificadas diferenças contrastantes nas características químicas dos componentes que, conseqüentemente, influenciaram as características dos substratos (Tabela 1). O menor pH do carvão, em comparação aos outros componentes dos substratos, tendeu a elevar progressivamente a acidez com o incremento em carvão, aumentando também os índices de acidez potencial dos substratos. O aumento da acidez pela adição de carvão divergiu dos registros na literatura sobre aumento do pH pela adição do carvão ao solo (TRYON, 1948; OGUNTUNDE et al., 2004). Entretanto, Morales (2010) alerta que a adição de fino do carvão pode limitar o crescimento das plantas devido a diminuição do pH.

O conteúdo de matéria orgânica e nutrientes presentes no carvão e esterco foi praticamente equiparado, assim como a posterior melhoria pela adição desses componentes aos substratos. Com a adição de maiores níveis de carvão observou-se

Tabela 1. Características químicas dos componentes isolados e das misturas substrato empregadas na formação de mudas de *Dipteryx odorata*.

Amostras ²	pH H ₂ O	MO ¹ g kg ⁻¹	H+Al	Ca	Mg	P	K	Fe	Zn
			--- cmol _c kg ⁻¹ ---			----- mg kg ⁻¹ -----			
Componentes									
Solo									
argiloso	5,1	8,3	0,11	838	235	2,4	24	137	1,5
Areia	6,8	0,4	0	115	7	7,8	17	29	5,5
Esterco	6,4	50,6	0	3340	372	2915	1076	81	52,9
Carvão	4,4	179	2,68	3245	334	35,5	510	10	7,9
Misturas substrato²									
S _c	5,6	29,5	0,05	689	66	95,0	31	212	9,3
S _e	6,0	19,1	0,07	558	49	78,8	42	268	10,1
S _{0,5ce}	6,1	26,8	0,07	578	54	69,2	32	254	7,9
S _{1,0ce}	5,7	30,1	0,13	701	70	92,0	31	202	8,5
S _{1,5ce}	5,2	31,7	0,16	859	87	89,0	51	201	9,2

¹ MO = Matéria Orgânica.

² Misturas substrato em volume/volume: S_c = solo, areia e carvão (3:2:0,5), S_e = solo, areia e esterco (3:2:0,5), S_{0,5ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:0,5), S_{1,0ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:1), S_{1,5ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:1,5).

aumento da matéria orgânica, tendência de aumento do Ca e Mg e diminuição do Fe. No caso de P e K não houve tendência de aumento ou diminuição dos teores seguindo a variação das quantidades de carvão no substrato. Assim, o carvão cumpre o requisito de que o componente orgânico deve contribuir para a melhoria das propriedades químicas e físicas do substrato, disponibilizando nutrientes e melhorando a porosidade para as mudas na fase viveiro (ARAUJO; PAIVA SOBRINHO, 2011).

Influência dos substratos na produção de mudas

Os diferentes substratos utilizados para a produção de mudas de cumaru não influenciaram a altura e diâmetro do coleto durante o período experimental (Tabela 2). Foi verificada desuniformidade um dia após o transplante na

altura das plantas. Já na segunda avaliação, aos 59 dias, estas diferenças não mais se manifestaram, permanecendo assim até os 191 dias quando as mudas estavam prontas para o plantio definitivo, com média de altura de 34,8 cm. A ausência de diferença estatística entre as alturas nos substratos S_e e S_c, onde as mudas apresentavam médias de 35,0 e 35,4 cm, respectivamente, sugere que o carvão pode substituir o esterco em S_e sem afetar o crescimento das mudas em altura.

As médias do diâmetro apresentaram maior homogeneidade que a altura um dia após o transplante e mantiveram-se sem diferenças estatísticas entre tratamentos durante o ensaio. Ao final de 191 dias de envehecimento, as mudas de cumaru apresentavam em média 5,7 mm de diâmetro (Tabela 2). Para essa variável, embora não tenha havido diferenças estatísticas entre os

Tabela 2. Efeito de doses de carvão na composição de substrato na altura, diâmetro e crescimento de mudas de *Dipteryx odorata*, produzida sob enviveiramento¹.

Misturas substrato ²	Dias após a repicagem				IMM ³
	1	59	127	191	
	----- altura (cm) -----				cm mês ⁻¹
S _c	17,0 ab	26,0 a	32,2 a	35,4 a	3,2 a
S _e	15,0 b	28,7 a	32,7 a	35,0 a	2,9 a
S _{0,5ce}	16,1 b	27,8 a	33,1 a	35,6 a	3,1 a
S _{1,0ce}	19,7 a	28,4 a	34,1 a	37,2 a	2,8 a
S _{1,5ce}	16,3 b	24,4 a	28,6 a	30,6 a	2,3 a
	----- diâmetro (mm) -----				mm mês ⁻¹
S _c	4,3 a	4,6 a	6,0 a	6,2 a	0,3 a
S _e	4,2 a	4,3 a	5,5 a	5,8 a	0,3 a
S _{0,5ce}	3,9 a	4,0 a	5,2 a	5,3 a	0,2 a
S _{1,0ce}	4,0 a	4,3 a	5,5 a	5,8 a	0,3 a
S _{1,5ce}	3,9 a	4,1 a	5,0 a	5,2 a	0,2 a

¹ Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

² Misturas substrato em volume/volume: S_c = solo, areia e carvão (3:2:0,5), S_e = solo, areia e esterco (3:2:0,5), S_{0,5ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:0,5), S_{1,0ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:1), S_{1,5ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:1,5).

³ IMM = Incremento Médio Mensal.

substratos, a maior média do diâmetro, com 6,2 mm, foi alcançada na mistura S_c.

Para a biomassa seca não houve diferença estatística entre as plantas desenvolvidas em diferentes substratos (Tabela 3), apesar de a análise química revelar maiores teores de alguns nutrientes no esterco do que no carvão. Os dados de biomassa seca média das folhas, caule e raiz apresentados por Uchida e Campos (2000) para mudas de cumaru aos cinco meses após a repicagem com 50% de luminosidade foram menores que os das plantas nos tratamentos do presente experimento (Tabela 3). Havendo assim maior acúmulo de biomassa nas plantas, melhor formação de sistema radicular para captação de nutrientes e aparato fotossintético para as futuras condições de campo. Na maioria dos casos, o presente experimento apresentou valores de biomassa que chegaram quase ao dobro dos

publicados por Uchida e Campos (2000), indicando que as plantas do presente experimento possuíam qualidade superior quanto à biomassa das plantas do trabalho científico dos referidos autores.

Trevisan (2008) testou a resposta biométrica de cumaru a três substratos, sendo um Latossolo Amarelo, outro Terra Preta de Índio e, por último, uma mistura de Latossolo Amarelo, areia e Terra Preta de Índio. O autor obteve, aos 180 dias, valores similares de altura, diâmetro, IMM (Tabela 2) e da partição da biomassa seca ao do presente experimento aos 191 dias (Tabela 3). Atestando novamente a viabilidade da produção de mudas com os substratos utilizados no presente experimento.

Os valores da relação MSA/MSR apresentaram média de 2,72, variando entre 2,33 em S_{1,5ce} e 3,04 em S_{0,5ce}, mas sem diferença estatística (Tabela 4). Para a relação MSA/MSR o valor 2,0 foi

Tabela 3. Efeito de doses de carvão em substrato na biomassa de folhas, caule, raízes e total seca de mudas de *Dipteryx odorata*, aos 191 dias de enviveiramento¹.

Misturas substrato ²	-----Biomassa seca (g)-----			
	Folha	Caule	Raízes	Total
S _c	3,38 a	3,71 a	2,75 a	9,86 a
S _e	4,35 a	4,39 a	3,29 a	12,02 a
S _{0,5ce}	3,29 a	3,58 a	2,28 a	9,14 a
S _{1,0ce}	4,24 a	4,32 a	3,02 a	11,58 a
S _{1,5ce}	2,72 a	3,25 a	2,81 a	8,77 a

¹ Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

² Misturas substrato em volume/volume: S_c = solo, areia e carvão (3:2:0,5), S_e = solo, areia e esterco (3:2:0,5), S_{0,5ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:0,5), S_{1,0ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:1), S_{1,5ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:1,5).

convencionado como sendo o valor almejado para o equilíbrio entre o crescimento da parte aérea em relação à radicular (GOMES; PAIVA, 2006). O valor da relação MSA/MSR igual a 2,83, encontrado nas plantas de cumaru por Uchida e Campos (2000) no tratamento com 50% de luminosidade foi mais elevado e, portanto, menos favorável do que a média de 2,72 dos tratamentos do presente experimento (Tabela 4).

O valor médio da relação H/D no presente experimento foi de 6,0, variando entre 5,7 e 6,2, sendo menores do que nas plantas de cumaru produzidas em trabalho de Uchida e Campos (2000), onde a H/D foi igual a 6,88. Gomes e Paiva (2006) afirmam que a relação H/D também é conhecida como quociente de robustez e, quanto menor esse índice, maiores as chances dessas mudas obterem sucesso no plantio definitivo.

Os resultados dos índices H/D e MSA/MSR confirmam que as mudas no presente experimento apresentaram crescimento adequado da parte aérea e da parte aérea em relação à raiz, resultando em maior robustez e sucessivamente maior possibilidade de sobrevivência e estabelecimento após o plantio definitivo. Os valores das mudas de Uchida e Campos (2000)

para esses índices servem como parâmetros de comparação e, possivelmente, podem ser explicados por características físico-químicas menos favoráveis do substrato usado, composto por solo, areia, esterco de galinha e palha de arroz na proporção 12:4:0,5:1 (v:v).

O IQD teve valor médio de 1,17, variando entre 1,06 em S_{1,5ce} e 1,40 em S_e. O IQD é um indicador de qualidade das mudas e no presente experimento foi superior ao valor de 0,69 do IQD apresentado por Azevedo et al. (2010) avaliando o crescimento de mudas de *Simarouba amara* em viveiro. A qualidade das mudas do presente experimento também superou os valores do IQD das mudas de cumaru com 0,70 em Uchida e Campos (2000) e foi similar ao IQD de 1,30 de Trevisan (2008).

Em relação à sobrevivência, não houve mortalidade nas misturas S_e, S_{1,0ce} e S_{1,5ce}, sendo esse resultado melhor do que a sobrevivência de 90 % obtida e considerada alta por Trevisan (2008) para mudas de cumaru. Esperava-se melhoria na qualidade das mudas pela adição de carvão no substrato, conforme observado em mudas de seis espécies arbóreas nativas do Zambí (CHIDUMAYO, 1994) e na espécie arbórea brasileira *Tachigali vulgaris* (SOUCHIE et al.,

Fino de carvão vegetal em substrato para produção de mudas de *Dipteryx odorata*

Tabela 4. Efeito de doses de carvão no substrato na qualidade e taxa de sobrevivência de mudas de *Dipteryx odorata*, aos 191 dias de enviveiramento¹.

Misturas substrato ²	Relação parte aérea/raiz	Relação altura/diâmetro	Índice de Qualidade de Dickson	Taxa de sobrevivência (%)
S _c	2,50 a	6,2 a	1,08 a	83,3
S _e	2,81 a	5,9 a	1,40 a	100,0
S _{0,5ce}	3,04 a	6,1 a	1,00 a	91,6
S _{1,0ce}	2,95 a	6,0 a	1,29 a	100,0
S _{1,5ce}	2,33 a	5,7 a	1,06 a	100,0

¹ Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

² Misturas substrato em volume/volume: S_c = solo, areia e carvão (3:2:0,5), S_e = solo, areia e esterco (3:2:0,5), S_{0,5ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:0,5), S_{1,0ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:1), S_{1,5ce} = solo, areia, esterco e carvão (3:2:0,5:1,5).

2011). Entretanto, alguns dos tratamentos tiveram resultados semelhantes aos de Chidumayo (1994), que não encontrou efeito da adição de carvão no desenvolvimento da espécie *Isoberlinia angolensis* e outros tratamentos semelhantes aos de Zanetti et al. (2003), que não obtiveram benefícios, ao contrário, obtiveram prejuízos com altos teores de carvão em substrato para produção de limoeiro cravo (*Citrus limonia* Osbeck). Assim, o sucesso do uso do carvão no substrato está condicionado à espécie testada (TRYON, 1948). O efeito da adição de fino do carvão também pode estar relacionado com o material de origem do carvão, pois Santos et al. (2013) analisaram quimicamente diferentes tipos de materiais carbonizados e verificaram diferenças na concentração de elementos químicos nos carvões produzidos com diferentes espécies vegetais.

Na composição de substratos, além da qualidade, deve ser considerada à facilidade de acesso e custo de seus componentes (TRAZZI et al., 2012). Os dados aqui apresentados sugerem que o produtor de mudas de cumaru que possui grande disponibilidade de carvão e pouca oferta de esterco poderá utilizar o carvão para diminuir o esterco na combinação Se, desde que siga as

proporções S_{1,0ce} ou S_{1,5ce}. Isto porque não houve diferença estatística entre os substratos com ou sem uso de esterco nos parâmetros biométricos avaliados, na produção de biomassa e nos índices de qualidade das mudas.

Conclusões

A mistura 3:2:0,5 de solo argiloso, areia e esterco (v:v) pode ser substituída pela 3:2:0,5:1,0 ou 3:2:0,5:1,5 de solo argiloso, areia, esterco e carvão sem prejuízos à qualidade da produção de mudas de cumaru (*Dipteryx odorata*).

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Referências Bibliográficas

- ARAUJO, A.P.; PAIVA SOBRINHO, S., Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (VELL.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.581-588, 2011.
- AZEVEDO, I.M.G. et al. Estudo do crescimento e

- qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v.40, n.1, p.157-164, 2010.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 41p.
- CHIDUMAYO, E.N. Effects of wood carbonization on soil and initial development of seedlings in miombo woodland, Zambia. **Forest Ecology and Management**, v.70, p.353-357, 1994.
- DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry chronicle**, Mattawa, v.36, n.1, p.10-13, 1960.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- FALCÃO, N.P.S.; BORGES, L. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão havaí (*Carica papaya* L.). **Acta Amazonica**, Manaus, v.36, n.4, p.401-406, 2006.
- FREITAS, A.F. Adição de carvão vegetal no substrato para formação de mudas de leguminosas arbóreas. Manaus, 2013. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- GLASER, B. et al. The Terra Preta phenomenon – a model for sustainable agriculture in the humid tropics. **Naturwissenschaften**, Berlin v.88, n.1, p.37-41, 2001.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2006. 116p.
- HERNANDEZ, W. et al. Propagação vegetativa do Jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) KUNTZE) por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.5, p.955-967, 2013.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Capturado em 28 jan. 2013. Online. http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_br_asil.shtml.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 381p.
- MAJOR, J. et al. Weed dynamics on Amazonian Dark Earth and adjacent soils of Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zurich, v.11, p.1-12, 2005.
- MENDONÇA, E.S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: Método de análises**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.
- MORALES, M.M. Efeito do biocarvão sobre o comportamento da matéria orgânica e do fósforo em solo degradado. Botucatu, 2010. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”.
- NAVARRETE, A.A. et al. A Molecular Survey of the Diversity of Microbial Communities in Different Amazonian Agricultural Model Systems. **Diversity**, Chicago, v.2, p.787-809, 2010.
- OGUNTUNDE, P. et al. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and textures of soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.39, n.4, p.295-299, 2004.
- RONDON, M.R. et al. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.43, p.699-708, 2007.
- SANTOS, R.C. et al. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.491-502, 2013.
- SCHUMACHER, M.V. et al. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, p.149-155, 2004.
- SOUCHIE, F.F. et al. Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva & H.C. Lima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.4, p.811-821, 2011.
- SOUZA, L.A.G. Seleção em solos ácidos de *Bradyrhizobium* para leguminosas arbóreas e efeito do composto usado no substrato para produção de mudas noduladas. Porto Alegre, 1992. 110p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- STEINER, C. et al. Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly xanthic Ferrasol. **Pedobiologia**, Austria, v.51, p.359-366, 2008.
- TRAZZI, P.A. et al. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba, v.42, n.3, p.621-630, 2012.
- TREVISAN, E.F. Avaliação de diferentes substratos para a produção de mudas de três espécies aromáticas da Amazônia. Manaus,

Fino de carvão vegetal em substrato para produção de mudas de *Dipteryx odorata*

2008. 35p. Monografia (Conclusão de Curso de Engenharia Florestal) - Universidade Estadual do Amazonas.

TRYON, E.H. Effect of Charcoal on Certain Physical, Chemical, and Biological Properties of Forest Soils. **Ecological Monographs**, Washington, v.18, p.81-115, 1948.

UCHIDA, T.; CAMPOS, M.A.A. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. - Fabaceae), cultivadas em viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v.30, n.1, p.107-114, 2000.

VIEIRA, E.P.; SOUZA, L.A.G. Inoculação com rizóbios em mudas de acapu do igapó e saboarana. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v.54, n.1, p.54-62, 2011.

ZANETTI, M. et al. Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação de porta-enxerto limoeiro 'cravo' em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.508-512, 2003.