

## Produção de mudas de *chamaecrista desvauxii* com lodo de esgoto e casca de arroz

William M. Delarmelina<sup>1</sup>, Marcos Vinicius W. Caldeira<sup>1</sup>,  
Júlio Cesar T. Faria<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

### RESUMO

Objetivou-se avaliar o potencial da utilização de lodo de esgoto e casca de arroz como componentes no substrato para produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. Foram testados na composição dos substratos: lodo de esgoto, casca de arroz *in natura*, casca de arroz carbonizada e substrato comercial, em diferentes proporções. Aos 150 dias após a semeadura, foram mensuradas as seguintes características: altura, diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, massa seca total, relação massa seca da parte aérea/massa seca do sistema radicular e índice de qualidade de Dickson. A utilização de casca de arroz carbonizada no substrato aumenta o crescimento das mudas, sendo que para produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii* recomenda-se o uso de 40% de lodo de esgoto + 60% de casca de arroz carbonizada.

**Palavras-chave:** Rabo de pitu, qualidade de mudas, resíduos orgânicos.

## Seedling Production of *Chamaecrista desvauxii* with sewage sludge and rice husk

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the potential of sewage sludge and rice husk as a component in the substrate to *Chamaecrista desvauxii* seedlings production. Four compounds were tested in the composition of treatments: sewage sludge, rice husk, carbonized rice, commercial substrate in different proportions. When the seedlings reached 150 days were measured the following characteristics: height, diameter, height/diameter ratio, shoot dry mass, root dry mass, total dry mass, dry mass of shoot/root dry mass ratio, root dry mass/dry mass of shoot ratio and Dickson quality index. The use of carbonized rice in the constitution of the substrate increases the development of seedlings, and for production of *Chamaecrista desvauxii* is recommend the use of 40% sewage sludge + 60% of carbonized rice.

**Keywords:** Rabo de pitu, seedling quality, organic waste.

## INTRODUÇÃO

Com a necessidade de produzir mudas de espécies nativas por causa do aumento do interesse na recuperação de áreas degradadas, os viveiros florestais tendem a viabilizar técnicas para produzir mudas com menor custo e maior qualidade para que o empreendimento de produção se torne mais lucrativo. Neste âmbito, são de grande importância estudos relacionados aos componentes do substrato para produção de mudas e a utilização de resíduos orgânicos e industriais para maximizar a produção e a qualidade das mudas, uma vez que o substrato age no crescimento da planta o que irá determinar a qualidade das mudas (Araújo Neto et al., 2002).

Dentre os materiais que podem ser utilizados como componente do substrato, tem-se o lodo de esgoto. Este material é o resultado do tratamento dos resíduos líquidos urbanos encaminhados às estações de tratamento de esgoto (ETEs), através das redes coletoras. A destinação final do lodo de esgoto que é gerado nas ETEs é um grande problema ambiental para as empresas de saneamento. Uma das aplicações deste resíduo compreende o fornecimento de matéria orgânica na composição de substratos para a formação de mudas frutíferas e florestais, dentre outras (Kratz, 2011; Trazzi, 2011).

O uso de materiais orgânicos na composição dos substratos melhora a permeabilidade, contribui para a agregação de partículas minerais e para a correção da acidez. Um material bastante utilizado é o resíduo gerado a partir do processamento do arroz, na qual as cascas correspondem a aproximadamente 20% do peso dos resíduos. Nos últimos anos, a casca de arroz passou a ser intensamente utilizada como substrato para o crescimento de plantas, por apresentar elevada disponibilidade e características favoráveis ao crescimento vegetal.

A casca de arroz pode ser utilizada como substrato tanto na forma *in natura* (Medeiros et al., 2007; Hax et al., 2006) quanto carbonizada (Trigueiro & Guerrini 2003), misturada a outros materiais. Apresenta baixa capacidade de retenção de água, drenagem rápida e eficiente, proporcionando boa oxigenação para as raízes, elevado espaço de aeração ao substrato, resistência à decomposição, relativa estabilidade de estrutura, baixa densidade e pH próximo à neutralidade (Mello, 2006).

A *Chamaecrista desvauxii* (Benth.) ocorre na Argentina, Brasil e Paraguai. No Brasil encontra-se registro na Bahia, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rondônia, São Paulo e Santa Catarina (Bortoluzzi, 2007), ocorre na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. Trata-se de um gênero eminentemente florestal, embora ocorra apenas ou preferencialmente a sol pleno. Embora as espécies de *Chamaecrista* não sejam muito estudadas, algumas são usadas como fixadoras de nitrogênio no solo, sendo indicadas na recuperação de áreas degradadas (Faria et al., 1989).

Portanto, o estudo teve como objetivo avaliar o potencial da utilização de lodo de esgoto e da casca de arroz *in natura* e carbonizada como componentes no substrato para produção de mudas de *Chamaecrista*

*desvauxii*.

## MATERIAL E MÉTODOS

A produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*, vulgarmente conhecida como Rabo de pitu foi realizada em casa de sombra no Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado na Rodovia Cachoeiro-Alegre, km 06 (Área Experimental I) no município de Alegre-ES. O clima da região enquadra-se no tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen, sendo a temperatura média anual de 24,1°C, com máximas diárias de 31°C e mínimas de 20,2°C e precipitação anual média de 1104 mm (Maia et al., 2007).

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi doado pela Foz do Brasil S.A. (ETE de Cachoeiro de Itapemirim-ES), A casca de arroz carbonizada e o substrato comercial foram doados pela Fibria S.A. (Unidade Aracruz-ES). A casca de arroz *in natura* foi adquirida através de doações de produtores agrícolas do município de Muniz Freire - ES.

Na Tabela 1, encontram-se os teores de metais pesados presentes no lodo de esgoto. De acordo com a resolução CONAMA – 375/2006, esse material está apto para uso em ambientes agrícolas.

Antes de ser utilizado na formulação dos substratos, o lodo de esgoto passou por peneira com malha de 3,0 mm.

Os tratamentos consistiram em diferentes proporções de: lodo de esgoto (LE), casca de arroz *in natura* (CA *in natura*), casca de arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial (SC - 60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus mais terra vegetal).

O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado, constituído de dez tratamentos, em seis repetições, com oito plantas por repetição (Tabela 2). Para garantir o bom suprimento de nutrientes nas mudas, todos os tratamentos receberam fertilização de base: 750g de sulfato de amônio; 1667g de superfosfato simples e 172g de cloreto de potássio por metro cúbico de substrato (Gonçalves et al., 2000).

Os componentes e os substratos que compõem os tratamentos foram analisados quimicamente antes da montagem do experimento, segundo a metodologia da Embrapa (1997) (Tabela 3). As análises foram realizadas no laboratório de Recursos Hídricos/DCFM/CCA-UFES.

As análises físicas realizadas em cada tratamento corresponderam à determinação da densidade do substrato, macroporosidade, microporosidade e porosidade total (Tabela 4). Para isso, foram separados três tubetes de cada tratamento, preenchidos com suas respectivas formulações. Esses substratos permaneceram na casa de sombra durante 150 dias, passando por condições iguais às que as mudas se desenvolveram. Após esse período de tempo, os tubetes foram identificados, serrados com serra de arco, formando anéis de altura por volta de 5 cm e contidos com tecido tipo “filó” de malha fina enlaçados com elástico de borracha.

No Laboratório, os anéis foram saturados, colocados em placas de cerâmica e submetidos à pressão de -6 kPa

**Tabela 1.** Análise química do lodo de esgoto de filtro anaeróbico oriundo da estação de tratamento de esgoto de Cachoeiro de Itapemirim, ES.

**Table 1.** Chemical analysis of sewage sludge from the anaerobic filter originating from the sewage treatment plant in Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Análises	Resultados Analíticos <sup>1</sup>	Resolução nº 375/2006 CONAMA <sup>2</sup>
Arsênio	< 0,5 mg dm <sup>-3</sup>	41 mg kg <sup>-3</sup>
Bário	156 mg dm <sup>-3</sup>	1.300 mg kg <sup>-3</sup>
Cádmio	< 0,053 mg dm <sup>-3</sup>	39 mg kg <sup>-3</sup>
Chumbo	29 mg dm <sup>-3</sup>	300 mg kg <sup>-3</sup>
Cobre	98 mg dm <sup>-3</sup>	1.500 mg kg <sup>-3</sup>
Cromo	26 mg dm <sup>-3</sup>	1.000 mg kg <sup>-3</sup>
Molibdênio	3,5 mg dm <sup>-3</sup>	50 mg kg <sup>-3</sup>
Níquel	11 mg dm <sup>-3</sup>	420 mg kg <sup>-3</sup>
Selênio	< 0,5 mg dm <sup>-3</sup>	100 mg kg <sup>-3</sup>
Zinco	409 mg dm <sup>-3</sup>	2.800 mg kg <sup>-3</sup>
Fósforo Total	4.128 mg dm <sup>-3</sup>	-
pH (Suspensão a 5%)	5,2 mg dm <sup>-3</sup>	-
Enxofre	1,3 %	-
Nitrogênio Total Kjeldahl	5646 mg dm <sup>-3</sup>	-
Nitrogênio Amoniacal	60 mg dm <sup>-3</sup>	-
Carbono Orgânico Total	16 %	-
Potássio	1.623 mg dm <sup>-3</sup>	-
Sódio	399 mg dm <sup>-3</sup>	-

<sup>1</sup> Resultados fornecidos pela Foz do Brasil S.A.; <sup>2</sup> Limites máximos de concentração exigido pelo CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006).

<sup>1</sup> Results provided by Foz do Brazil S.A.; <sup>2</sup> Maximum concentration limits required by CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006).

**Tabela 2.** Composição dos tratamentos para produção de mudas de *C. desvauxii*.

**Table 2.** Composition of substrates for *C. desvauxii* production.

Tratamento	LE <sup>1</sup> (%)	CAC <sup>2</sup> (%)	CA in natura <sup>3</sup> (%)	SC <sup>4</sup> (%)
T1	100	-	-	
T2	80	-	20	
T3	60	-	40	
T4	40	-	60	
T5	20	-	80	
T6	80	20	-	
T7	60	40	-	
T8	40	60	-	
T9	20	80	-	
T10				100

<sup>1</sup> Lodo de esgoto, <sup>2</sup> Casca de arroz carbonizada, <sup>3</sup> Casca de arroz in natura, <sup>4</sup> Substrato comercial.

no extrator de Richards, até atingir a drenagem máxima da água proporcionada por esta pressão (Embrapa, 1997). Os parâmetros físicos foram determinados de acordo com as seguintes fórmulas:

- Microporosidade (%) = [(A-B) / C] x 100
- Microporosidade (%) = [(B-D-E) / C] x 100
- Porosidade total (%) = Microporosidade + Microporosidade
- Densidade aparente do substrato = (D-E) / C

Em que:

A = massa do substrato saturado;

B = massa do substrato drenado (-6 kPa);

C = volume do anel;

D = massa do substrato seco;

E = massa do anel.

As sementes de *Chamaecrista desvauxii* foram adquiridas da Reserva Natural Vale em Sooretama, ES. As sementes passaram por um processo de quebra de dormência em ácido sulfúrico (95-97%) por dez minutos. Posteriormente, foram desinfestadas com peróxido de hidrogênio (30%) por dois minutos e em seguida lavadas com água destilada.

As mudas foram produzidas em tubetes com capacidade para 120 cm<sup>3</sup> de substrato, que por sua vez foram acondicionados em bandejas de polipropileno com capacidade de 54 tubetes, sendo estas bandejas dispostas

**Tabela 3.** Teores totais de macro e micronutrientes, matéria orgânica (MO) e relação C/N dos substratos formulados para produção de mudas de *C. desvauxii*.

**Table 3.** Total content of macro and micronutrients, organic matter (MO) and C/N ratio of substrates formulated w for *C. desvauxii* production.

Substrato	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO	C
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>					g kg <sup>-1</sup>	
CAC <sup>1</sup>	4,6	1,1	6,5	2,1	1,0	0,06	44	506	492	8	6,0	320,5	185,8
CA in natura <sup>2</sup>	5,6	2,6	3,1	2,0	1,2	0,30	36	1335	332	2	2,5	360,0	210,0
T1 <sup>3</sup>	13,3	2,5	0,8	8,9	2,4	0,14	231	17480	157	53	8,0	65,5	38,67
T2	15,8	6,9	1,3	8,4	2,2	2,60	411	21325	164	60	7,6	240,0	240,1
T3	13,3	5,2	1,7	8,2	1,6	2,20	254	15925	181	37	5,0	260,0	259,3
T4	10,2	4,5	1,8	5,5	1,5	1,70	228	13200	200	35	5,8	300,0	299,8
T5	8,8	2,9	2,5	3,2	1,1	1,00	122	7050	237	17	5,2	330,0	330,0
T6	13,0	2,9	1,3	8,2	2,1	0,17	247	17200	185	58	6,0	97,2	55,9
T7	9,8	2,8	1,6	6,2	1,9	0,19	209	17280	184	43	6,0	130,6	75,4
T8	10,5	2,3	2,7	4,0	1,7	0,11	183	12560	277	37	5,0	170,4	98,7
T9	7,0	1,7	3,6	5,5	1,6	0,11	241	11040	322	28	16,0	241,1	139,3
T10 <sup>4</sup>	8,8	1,6	1,2	8,3	4,1	0,06	44	9200	199	10	14,0	145,9	84,5

<sup>1</sup>Casca de arroz carbonizada, <sup>2</sup>Casca de arroz in natura, <sup>3</sup>Lodo de esgoto, <sup>4</sup>Substrato comercial.

em canteiros suspensos a 80 cm do solo, na casa de vegetação. A sementeira foi direta, sendo semeadas três sementes por recipiente. Aproximadamente 20 dias após a germinação, foi feito o desbaste, deixando uma muda por recipiente.

Aos 150 dias após a sementeira foram mensurados: a altura (H), o diâmetro do coleto (DC), a relação entre a altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHD), a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca do sistema radicular (MSR), a massa seca total (MST), a relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca do sistema radicular (RMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

O diâmetro do coleto foi obtido com paquímetro digital com precisão de 0,01 milímetros e a altura com régua milimetrada, tomando-se como padrão a gema

terminal. A massa seca da parte aérea e a massa seca do sistema radicular foram determinadas por meio da pesagem das respectivas partes vegetais, após a secagem do material por um período de aproximadamente 72 h em estufa de circulação de ar forçada a 70 °C. O índice de qualidade de Dickson foi obtido pela fórmula de Dickson et al. (1960):

$$IQD = \frac{MST_{(g)}}{H_{(cm)}/DC_{(mm)} + MSPA_{(g)}/MSR_{(g)}}$$

Em que:

MST (g) = Massa seca total;

H (cm) = Altura;

DC (mm) = Diâmetro do coleto;

MSPA (g) = Massa seca da parte aérea;

MSR (g) = Massa seca da raiz.

As características morfológicas analisadas foram

**Tabela 4.** Valores médios de volume total de poros (VTP), macroporosidade (Macrop), microporosidade (Microp) e densidade aparente (DENS) dos tratamentos formulados.

**Table 4.** Mean values of total pore volume (VTP), macroporosity (Macrop) and microporosity (Microp) and density (DENS) of substrates formulated.

Tratamento	VTP (%)	Macrop (%)	Microp (%)	DENS (g cm <sup>-3</sup> )
T1	75	23	52	0,21
T2	73	20	53	0,18
T3	65	17	48	0,13
T4	69	16	53	0,11
T5	63	15	48	0,05
T6	65	24	41	0,52
T7	68	37	31	0,47
T8	74	50	24	0,39
T9	73	50	23	0,33
T10	75	29	46	0,32

submetidas à análise estatística e para comparação de médias dos tratamentos utilizou-se o teste Scott-Knott, a nível de 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado efeito significativo ( $P < 0,01$ ) dos tratamentos formulados sobre o crescimento das mudas de *C. desvauxii*. De um modo geral, os substratos contendo casca de arroz carbonizada (CAC) proporcionaram maiores médias em todas as características avaliadas (H, DC, RHD, MSPA, MSR, MST, IQD). As tabelas 5 e 6 mostram que há um aumento no crescimento das mudas quando se utiliza maiores quantidades em volume de casca de arroz carbonizada, principalmente na mistura com 80% de CAC + 20% de LE.

Apesar dos tratamentos T8 (40% LE + 60% CAC) e T9 (20% LE + 80% CAC) apresentarem baixos níveis de nutrientes quando comparados aos tratamentos com casca de arroz *in natura*, estes obtiveram maior crescimento das características avaliadas. Infere-se, portanto que as características físicas que a CAC é capaz de fornecer ao substrato (Trazzi, 2011; Saidelles et al., 2009) influenciaram positivamente o ganho em altura, diâmetro do coleto e de massa seca total das mudas de *C.*

*desvauxii*. Os tratamentos com os maiores crescimentos das características avaliadas (T8 e T9) obtiveram, respectivamente, valores de volume total de poros (VTP) iguais a 74 e 73 (Tabela 4), próximos aos considerados adequados por Gonçalves & Poggiani (1996), que indicam a escala de valores entre 75 e 85% como ideais.

Resultados semelhantes ao presente estudo foram observados com *Apuleia leiocarpa* em que, as características analisadas (H, DC, MSPA, MSR, MST) mostraram um maior padrão de crescimento à medida que aumentou a adição de CAC no solo, com ponto de máximo atingindo a mistura de 50% de CAC (Saidelles et al., 2009). Tanto Vallone et al. (2004) para mudas de caféiro como Aguiar et al. (1992) para mudas de *Eucalyptus grandis*, recomendam o uso de 60 a 70% de CAC em substituição ao substrato comercial para o melhor crescimento das mudas na fase de viveiro.

Os valores encontrados para a altura foram superiores nos tratamentos com casca de arroz carbonizada e foram maiores aos valores encontrados por Trazzi (2011), em que as mudas de *Tectona grandis* apresentaram valores médios de altura entre 10,13 e 35,86 cm nos tratamentos que o lodo de esgoto estava associado à casca de arroz carbonizada em proporções iguais as do presente estudo. Macedo et al. (2011) ao avaliarem o crescimento no viveiro de mudas de *Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sandwith

**Tabela 5.** Altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação altura/diâmetro (RHD) das mudas de *C. desvauxii* aos 150 após a semeadura.

**Table 5.** Height (H), stem diameter (DC) and plant height/stem diameter ratio (RHD) of *C. desvauxii* seedlings at 150 after sowing.

Tratamento	H (cm)	DC (mm)	RHD
T1 (100% LE)	54,85 c	2,91 b	18,84 a
T2 (80%LE+20%CA in natura)	53,23 c	2,98 b	17,86 a
T3 (60%LE+40%CA in natura)	38,17 d	2,39 c	15,97 b
T4 (40%LE+60%CA in natura)	30,05 e	1,87 d	16,07 b
T5 (20%LE+80%CA in natura)	14,11 f	1,06 e	13,31 c
T6 (80%LE+20%CAC)	37,55 d	2,08 d	18,05 a
T7 (60%LE+40%CAC)	57,16 b	2,92 b	19,57 a
T8 (40%LE+60%CAC)	62,87 a	3,27 a	19,22 a
T9 (20%LE+80%CAC)	62,37 a	3,45 a	18,08 a
T10 (Substrato comercial)	9,86 g	0,82 f	12,02 c
F	**	**	**
CV%	8,74	13,62	13,25

\*\*significativo ( $P < 0,01$ ), pelo Teste F.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ( $P > 0,05$ ).

em diferentes substratos, observaram que as maiores médias para altura das mudas foram observados no substrato contendo casca de arroz carbonizada.

Entretanto, por se tratar de uma característica que pode ser facilmente influenciada por práticas silviculturais, tais como adubações e espaçamento, recomenda-se a análise combinada da altura com outras características, como: diâmetro do coleto, relação massa seca das raízes/massa seca da parte aérea para determinação do melhor resultado para a altura (Gomes et al., 2002).

O diâmetro do coleto, segundo Sturion & Antunes (2000), está associado a uma maior sobrevivência e crescimento das mudas em campo. Os tratamentos que apresentaram maior diâmetro foram o T8 e o T9 com médias de 3,27 e 3,45 mm, respectivamente. Kratz (2011) estudando as características morfológicas da *Mimosa scabrella* obteve resultados semelhantes em relação a esse estudo afirmando que apenas o tratamento contendo 10% de lodo de esgoto + 20% de fibra de coco + 70% de casca de arroz carbonizada apresentou bom crescimento no diâmetro das mudas.

O valor resultante da divisão da altura da parte aérea pelo seu respectivo diâmetro do coleto exprime o equilíbrio de crescimento, relacionando essas duas importantes características morfológicas em apenas um índice, o quociente de robustez (Carneiro, 1995). Nota-se que o RHD situou-se na faixa de 12,03 a 19,67, o que

segundo Carneiro 1995 acarreta em mudas de qualidade inferior por considerar valores entre 5,4 e 8,1 como intervalo de balanceamento entre ambas as características.

Resultados que demonstram equilíbrio entre a média de H e DC, que segundo Carneiro (1995) deve situar-se entre 5,4 a 8,1, foram relatados por Marques et al. (2009), em que os melhores índices (5,8 e 6,7) foram encontrados em mudas produzidas no cambissolo e argissolo para mudas de *Piptadenia gonoacantha* em vasos plásticos de 1,5 dm<sup>3</sup>/vaso.

Porém, no estudo realizado por Sperandio et al. (2011) testando a resposta de dois clones de *E. urophylla* x *E. grandis* à diferentes substratos (Substrato 1: 35% de casca de arroz carbonizada, 35% de vermiculita e 30% de fibra de coco; Substrato 2: 100% de substrato comercial com igual composição ao do presente estudo), verificou-se que a RHD variou de 9,00 a 9,82, sendo maior que os limites propostos por Carneiro (1995). Portanto, essa relação varia de acordo com a espécie, tipo e proporção de substrato, volume do recipiente, adubação e idade de avaliação das mudas (Souza et al., 2008; Caldeira et al., 2008; Pereira et al., 2010; Souza et al., 2010; Fenilli et al., 2010).

A falta de subsídio de literatura científica para se realizar o presente estudo com *C. desvauxii* pode ter acarretado em resultados não satisfatórios no experimento que, provavelmente, influenciaram as

**Tabela 6.** Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (RMSPAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *C. desvauxii* aos 150 após a semeadura. **Table 6.** Dry mass of shoot (MSPA), dry mass of roots (MSR), total dry mass (MST), dry mass ratio of shoot/root dry mass (RMSPAR) and Dickson quality index (IQD) of *C. desvauxii* seedlings at 150 after sowing.

Tratamento	MSPA(g planta <sup>-1</sup> )	MSR (g planta <sup>-1</sup> )	MST (g planta <sup>-1</sup> )	RMSPAR	IQD
T1 (100% LE)	1,908 b	0,807 c	2,715 c	2,36 a	0,12 c
T2 (80%LE+20%CA <i>in natura</i> )	1,911 b	1,007 b	2,918 c	1,90 b	0,15 c
T3 (60%LE+40%CA <i>in natura</i> )	1,142 c	0,725 c	1,870 d	1,57 c	0,11 c
T4 (40%LE+60%CA <i>in natura</i> )	0,783 d	0,535 d	1,321 e	1,46 c	0,07 d
T5 (20%LE+80%CA <i>in natura</i> )	0,388 e	0,532 d	0,921 f	0,73 d	0,06 d
T6 (80%LE+20%CAC)	1,297 c	0,635 c	1,932 d	2,04 a	0,09 c
T7 (60%LE+40%CAC)	1,779 b	1,105 b	2,887 c	1,61 b	0,14 c
T8 (40%LE+60%CAC)	2,300 a	1,837 a	4,140 a	1,25 c	0,21 a
T9 (20%LE+80%CAC)	2,366 a	1,199 b	3,565 b	1,97 a	0,18 b
T10 (Substrato comercial)	0,376 e	0,385 d	0,761 f	0,98 d	0,06 d
F	**	**	**	**	**
CV%	29,05	40,84	23,86	38,53	29,10

\*\*significativo (P<0,01), pelo teste F.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott (P>0,05).

médias de RHD, pois os acentuados valores das médias dos quocientes de robustez podem ter sido ocasionados pelo longo período de dias (150 dias) em que as mudas foram cultivadas nas diferentes formulações, provocando crescimento excessivo da parte aérea. Além disso, a pequena capacidade em volume dos tubetes utilizados no estudo pode ter influenciado negativamente o incremento em diâmetro do coleto e raízes das mudas de *C. desvauxii*, o que resultou em mudas com pouca robustez.

Para a massa seca da parte aérea, as maiores médias foram observadas nos tratamentos T8 (2,300 g) e T9 (2,366 g) com a utilização de maior proporção de CAC (Tabela 6). Em contrapartida, a menor produção de massa seca da parte aérea foi verificada nos tratamentos com casca de arroz in natura com médias variando de 0,388 a 1,911. Trigueiro & Guerrini (2003) observaram que mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias, produzidas no substrato comercial (60% de composto de casca de pinus, 15% de vermiculita e 25% de húmus mais terra vegetal) apresentaram maior massa seca da parte aérea (1,23 g), quando comparadas às mudas produzidas nos demais tratamentos contendo lodo de esgoto (LE) e CAC nas seguintes proporções de LE:CAC (80:20, 70:30, 60:40, 50:50 e 40:60). No entanto, as informações encontradas por Kratz (2011) corroboram com o presente estudo, pois a autora observou para mudas de *E. benthamii* aos 120 dias de idade, que as maiores produções de massa seca da parte aérea ocorreram nos tratamentos com 80 e 90% de CAC associada ao lodo de esgoto em tubetes de 55 cm<sup>3</sup>.

A massa seca das raízes tem sido reconhecida por diferentes autores como um dos mais importantes e melhores parâmetros para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (Gomes et al., 2002). Trigueiro (2002) observou que à medida que diminuiu a proporção de lodo de esgoto no substrato, ocorreu um efeito positivo no acúmulo de massa seca de raiz até a proporção 50/50 (lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada) em mudas de *Pinus taeda*, obtendo-se, desta maneira, uma muda com maior probabilidade de sobrevivência no campo. Esses dados são semelhantes ao presente estudo, porém o efeito positivo para incremento da raiz foi até a utilização de 60% de CAC.

A casca de arroz in natura demonstrou-se prejudicial ao incremento de massa tanto da parte aérea quanto da raiz. Em consequência disso os valores de massa seca total foram menores quando se utilizou CA in natura associada ao lodo de esgoto (tabela 6). Diferentes estudos mostram que substratos ricos em MO propiciam um melhor crescimento das mudas com boa formação do sistema radicular e melhor balanço nutricional (Gonçalves & Poggiani, 1996; Caldeira et al., 2007). Porém, no presente estudo os substratos mais ricos em MO não proporcionaram aumento na massa seca de raízes.

Caldeira et al. (2008) avaliando a produção de mudas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius Raddi*) em diferentes substratos concluem que a relação massa seca da parte aérea e raiz nas mudas deve ser de 2:1. Os autores ainda complementam que é importante analisar essa relação quando as mudas vão para o campo, pois a massa seca da parte aérea das mudas não deve ser muito superior que a da raiz em função dos possíveis problemas

no que se refere à absorção de água para a parte aérea. Infere-se que valores muito altos para RMSPAR são prejudiciais para o crescimento das mudas em campo pelo fato de ocorrer um desproporcional incremento da massa seca da parte aérea em relação ao incremento das raízes. Com isso, infere-se que os tratamentos com médias próximas a 2,0 (T1 T2 T6 T7 T9) os que demonstraram maior equilíbrio de crescimento entre a parte aérea e a raiz.

O índice de qualidade de Dickson tem sido apontado por muitos pesquisadores como um índice variável, sendo a variação de acordo com a espécie, do substrato, do manejo das mudas no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que a muda foi avaliada (Caldeira et al., 2000; Caldeira et al., 2007; Caldeira et al., 2008; Saidelles et al., 2009). Para o IQD as médias variaram de 0,06 a 0,21, sendo que as piores médias foram verificadas nos tratamentos com CA in natura e no tratamento com substrato comercial (T10).

Embora a CA in natura possua altos teores de nutrientes (Tabela 3), o material não sofreu decomposição e mineralização dos nutrientes no curto período de produção de mudas. Tabajara & Colônia (1986) afirmam que a casca de arroz, quando carbonizada, apresenta alta capacidade de drenagem, fácil manuseio, peso reduzido, pH levemente alcalino, forma floculada, livre de patógenos e nematóides, teor adequado de K e Ca que são dois macronutrientes essenciais para o crescimento vegetal. Mello (2006) também afirma que as propriedades da casca de arroz quando carbonizada são superior quando comparado com a forma in natura devido às características anteriormente citadas.

Nota-se que o índice de qualidade de Dickson foi influenciado positivamente pela CAC, estando as melhores mudas na formulação com 40% de LE + 60% de CAC, uma vez que, quanto maior o índice de qualidade de Dickson, melhor a qualidade das mudas (Gomes et al., 2002).

Segundo Fonseca et al. (2002) o IQD é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são consideradas a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade. Também segundo, Fonseca et al. (2002) as mudas com maiores índices de qualidade de Dickson apresentam maiores valores de massa seca total, e menores valores da relação massa seca da parte aérea/sistema radicular e da relação altura/diâmetro do coleto.

Considerando que a espécie utilizada no presente estudo é utilizada para recuperação de áreas degradadas deve-se considerar como seu principal objetivo o de recobrimento do solo e produção de biomassa seca. Para atender esta demanda as mudas devem possuir as melhores produções de MSPA, MSR, MST e maior robustez avaliada com o IQD. Com base nisso, as mudas do tratamento T8 (40% de LE + 60% de CAC) apresentaram o melhor resultado.

## CONCLUSÕES

A utilização do lodo de esgoto e da casca de arroz, seja carbonizada ou *in natura*, influenciou significativamente as características morfológicas relacionadas à qualidade das mudas de *Chamaecrista desvauxii*.

Para produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii* em tubetes de 120 cm<sup>3</sup> recomenda-se o uso de 40% de lodo de esgoto + 60% de casca de arroz carbonizada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar IB, Ismael JJ, Banzatto DA, Valeri SV, Alvarenga SF, Corradine L. Efeitos da composição do substrato para tubetes no comportamento de *Eucalyptus grandis* hill ex Maiden no viveiro e no campo. *Circular Técnica IPEF* 1992; 180: 1-10.

Araújo Neto SE, Ramos JD, Mendonça V, Gontijo RCA, Pio R, Martins PCC. Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo em diferentes substratos e recipientes. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura* [CD-ROM]; 2002, Belém, Pará: SBF, 2002.

Bortoluzzi RL da C, Miotto STS e Reis A. Novos registros de *Chamaecrista Moench* e *Senna Mill.* (Leguminosae-Caesalpinioideae-Cassieae) na flora sul-brasileira. *Série Botânica* 2007; 62(1-2): 121-130.

Caldeira MVW, Rosa GN, Fenilli TAB, Harbs RMP. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria* 2008; 9(1): 27-33.

Caldeira MVW, Marcolin M, Moraes E, Schaad SS. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius Raddi*, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. *Ambiência* 2007; 3(3): 311-323.

Caldeira MVW, Schumacher MV, Barichello LR, Voget HLM, Oliveira LS. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. *Revista Floresta* 2000; 28(1): 19-30.

Carneiro JGA. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba-PR: UFPR/UENF/FUPEF; 1995.

Dickson A, Leaf AL, Hosner JF. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle* 1960; 36: 11-13.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solo*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

Faria SM, Lima HC, Ribeiro RD, Castilho AF, Henriques JC. Occurrence of nodulation in the Leguminosae. *New*

*Phytologist* 1989; 111: 607-619.

Fenilli TAB, Schorn LA, Nasato SK. Utilização do pó de fumo no substrato para produção de mudas de tucaneira. *Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais* 2010; 8(2): 183-190.

Fonseca EP, Valéri SV, Miglioranza E, Fonseca NAN, Couto L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore* 2002; 26(4): 515-523.

Gomes JM, Couto L, Leite HG, Xavier A, Garcia SLR. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore* 2002; 26(6): 655-664.

Gonçalves JLM, Poggiani F. Substratos para produção de mudas florestais. In: *Resumos do Congresso Latinoamericano de Ciência do Solo*, 13, 1996. Águas de Lindóia, SP. Águas de Lindóia: SLCS: SBCS

Gonçalves JLM, Santarelli EG, Moraes Neto SP, Manara MP. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: *Gonçalves JLM; Benedetti V. (Ed.). Nutrição e fertilização florestal*; 2000; Piracicaba: IPEF. p.309-350.

Hax FC, Oliveira Filho LI de, Tavares LC, Martins D de S, Morselli TBGA. Produção de mudas de rúcula (*Eruca sativa* Mill) em substrato a base de casca de arroz in natura e vermicomposto bovino. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Minhocultura*, III. 2006 Pelotas, RS.

Henry CL, Cole DW, Harrison RB. Use of municipal sludge to restore and improve site productivity in forest: the pack forest sludge research program. *Forest ecology and management* 1994; 66: 137-149.

Hunt GA. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: *Target Seedling Symposium, Meeting Of The Western Forest Nursery Associations, General Technical Report RM-200, 1990, Roseburg. Proceedings...* Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. 218-222.

Kratz D. *Substratos renováveis para produção de mudas de Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage e mimosa scabrella Benth* [dissertação]. Curitiba, Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná; 2011.

Macedo MC, Rosa YBCJ, Rosa Junior EJ, Scalon SPQ; Tatará MB. Produção de mudas de ipê-branco em diferentes substratos. *Revista Cerne* 2011; 17(1): 95-102.

Maia AR, Lopes JC, Teixeira CO. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. *Revista Ciência e Agrotecnologia* 2007; 31(3): 678-684.



- Marques LS, Paiva HN de, Neves JCL, Gomes JM, Souza PH. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. *Revista Árvore* 2009; 33(1): 81-92.
- Medeiros CAB; Rodrigues LT; Terra S. Casca de arroz e sua carbonização para utilização em substratos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. *Circular Técnica* Embrapa Clima Temperado 2008.
- Mello RP. *Consumo de água do lírio asiático em vaso com diferentes substratos* [dissertação]. Santa Maria. Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria; 2006.
- Pereira PC, Melo B, Freitas RS, Tomaz MA, Teixeira IR. Tamanho de recipientes e tipos de substrato na qualidade de mudas de tamarindeiro. *Revista Verde* 2010; 5(3): 136 - 142.
- Rodríguez-Trejo DA, Duryea ML. Seedling quality indicators in *Pinus palustris* Mill. *Agrociencia* 2003; 37(3): 299-307.
- Saidelles FLF, Caldeira MVW ; Schirmer WN, Sperandio HV. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. Semina. *Ciências Agrárias* 2009; 30(1): 1173-1186.
- Silva FC, Boaretto AE, Berton RS, Zotelli HB, Pexe CA, Mendonça E. Cana-de-açúcar cultivada solo adubado com lodo de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 1998; 33(1): 1-8.
- Sperandio HV, Caldeira MVW, Gomes DR, Silva AG, Gonçalves EO. Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes substratos. *Engenharia Ambiental* 2011; 8(4): 214-221.
- Souza PH, Paiva HN, Neves JCL, Gomes JM, Marques LS. Crescimento e qualidade de mudas de *Senna macranthera* (collad.) Irwin et Barn. em resposta à calagem. *Revista Árvore* 2010; 34(2): 233-240.
- Souza PH, Paiva HN, Neves JCL, Gomes JM, Marques LS. Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas de *Machaerium nictitans* (Vell.) Benth. *Revista Árvore* 2008; 32 (2): 193-201.
- Sturion JA, Antunes JBM. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.). *Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais*. Colombo: Embrapa Florestas, 2000: 125-150.
- Tabajara SM & Colônia EJ (1986) Casca de arroz e meio ambiente. *Revista Lavoura Arrozeira* 1986; 39: 10-12.
- Trazzi, PA. Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis* Linn F [dissertação]. Alegre, ES: Mestrado em Ciências Florestais Universidade Federal do Espírito Santo: 2011.
- Trigueiro RM. *Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto* [Dissertação]. Botucatu, SP: Mestrado em Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”; 2002.
- Trigueiro RM, Guerrini IA. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. *Scientia Forestalis* 2003; 64: 150-162.
- Vallone HS, Guimarães RJ, Souza CAS, Carvalho JA, Ferreira RS, Oliveira S. Substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada para a produção de mudas de cafeiro em tubetes na presença de polímero hidrorretentor. *Ciência Agrotécnica* 2004; 28(3): 598-604.