

Desenvolvimento e nutrição de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais com base em substrato orgânico

Development and nutrition of forest species from different successional groups based on organic substrate

Sandra Mara **KREFTA**¹; Sandiane Carla **KREFTA**^{1,2}; Kemely Alves **ATANAZIO**³; Eleandro José **BRUN**¹ & Suelen Pietrobon **FACCHI**⁴

RESUMO

A busca por mudas de boa qualidade, produzidas de maneira ecologicamente correta, vem crescendo cada vez mais. Com isso, cresce também a necessidade de obter informações sobre substratos adequados para as espécies de grupos sucessionais diferentes. O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o desenvolvimento e a nutrição de mudas de espécies florestais (capixingui, bracatinga, angico-preto, amendoim-bravo e monjoleiro) de diferentes grupos sucessionais com base em substrato orgânico. Para tanto, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições, compostos de 10 plantas cada um: T1) 100% substrato comercial (100SC) testemunha; T2) 33,3% de solo (S), 33,3% de areia (A) e 33,3% de cama de aviário (CA); T3) 25S25A50CA; T4) 17S:17A:66CA; T5) 100CA. Constatou-se que os melhores resultados, para as variáveis analisadas (emergência, altura da parte aérea, diâmetro do colo, número de folhas, massa seca da raiz e da parte aérea, assim como acúmulo de nutrientes), foram obtidos nos substratos com proporções acima de 50% de CA.

Palavras-chave: espécies nativas; mudas florestais; resíduo agroindustrial.

ABSTRACT

The search for good-quality seedlings, produced in an ecologically correct way, has been growing. With this, there is also a progressive need to obtain information on suitable substrates for species from different successional groups. The present work was conducted with the objective of evaluating the development and nutrition of seedlings of forest species (*capixingui*, *bracatinga*, *angico-preto*, wild peanut and *monjoleiro*) from different successional groups based on organic substrate. For that, a completely randomized design was used with five treatments and five replications, composed of 10 plants each: T1) 100% commercial substrate (100SC) control; T2) 33.3% soil (S), 33.3% sand (A) and 33.3% poultry litter (CA); T3) 25S25A50CA; T4) 17S:17A:66CA; T5) 100CA. It was found that the best results, for the analyzed variables (emergence, height of the aerial part, diameter of the stem, number of leaves, dry mass of the root and aerial part, as well as accumulation of nutrients), were obtained in the substrates with proportions above 50% of poultry litter.

Keywords: native species; forest seedlings; agro-industrial residues.

Recebido em: 15 jun. 2020

Aceito em: 14 nov. 2021

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Estrada para Boa Esperança, km 4, Comunidade São Cristóvão – CEP: 85660-000, Dois Vizinhos, PR, Brasil.

² Autora para correspondência: sandra_krefta@hotmail.com.

³ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), Lages, SC, Brasil.

⁴ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UTFPR, Apucarana, PR, Brasil.

INTRODUÇÃO

As características nutricionais das plantas são estudadas ao longo dos anos como forma de relacionar o perfil nutricional do vegetal com suas propriedades ecológicas e as condições de desenvolvimento às quais é submetido (BÜNCHEN *et al.*, 2013). Por análises do substrato, entre outras, é possível obter dados sobre a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas, e, por meio de análises foliares e radiculares, também denominadas de análises de tecidos, pode-se caracterizar o estado nutricional do vegetal (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

De modo geral, espécies arbóreas com crescimento lento e boa adaptação a solos ou substratos pobres respondem ao fornecimento de nutrientes com baixa eficiência, entretanto as espécies arbóreas com altas taxas de crescimento exibem maior sensibilidade à baixa disponibilidade nutritiva, podendo apresentar estagnação do crescimento (SANTOS *et al.*, 2008).

Uma maneira barata e eficaz de se obter substratos com boa qualidade nutritiva é mediante materiais orgânicos gerados como resíduos de processos produtivos agroindustriais (ARAÚJO, 2010). No oeste catarinense e no sudoeste paranaense, esses resíduos ganham destaque por causa da ampla expansão da produção de aves confinadas, o que origina a cama de aviário, caracterizada pela capacidade de fornecimento de muitos nutrientes para as plantas, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (LUZ *et al.*, 2009).

Todavia, a capacidade de absorção dos vegetais e a concentração e a eficiência dos nutrientes nos vegetais não dependem só do substrato e podem apresentar variações em função de outros fatores, tais como: estágio vegetativo, idade da planta, eficiência do sistema radicular, condições climáticas, local, disponibilidade hídrica, grupo sucessional e espécie (PAVINATO & ROSOLEM, 2008). Sendo assim, evidencia-se a importância da obtenção de conhecimento sobre cada um desses fatores como forma de avaliar a necessidade e a época de aplicações de fertilizantes, bem como indicar espécies florestais adequadas para cada carência (CORRÊA & BENTO, 2010).

Entre as finalidades florestais, a recuperação de áreas degradadas remete-se à intervenção humana em prol do ecossistema (BRASIL, 2020), porém as pesquisas voltadas à recuperação florestal têm se destinado pouco a aspectos relacionando a nutrição mineral de plantas a substratos, fundamentando-se, com maior intensidade, em delineamento de mudas e aspectos botânicos e silviculturais (SORREANO *et al.*, 2012). Diante da carência de estudos nessa área, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e a nutrição de mudas de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais com base em substratos orgânicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Viveiro Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Dois Vizinhos, situado na região sudoeste do Paraná, a 25°42' de latitude Sul e 53°08' de longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 509 m.

Segundo a classificação de Köppen, a região possui clima do tipo Cfa, ou seja, clima subtropical úmido mesotérmico, caracterizado pela presença de verões quentes, com temperaturas superiores a 22°C, e invernos com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C. As geadas são pouco frequentes, e a época com maior índice de pluviosidade coincide com os meses de verão, no entanto não existe estação seca definida e as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, alcançando média de 2.250 mm/ano (ALVARES *et al.*, 2013).

As sementes utilizadas no presente trabalho foram coletadas de matrizes superiores localizadas na própria região onde o experimento foi conduzido, tendo assim procedência conhecida.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (Tabela 1), compostos de cinco repetições, e cada repetição contendo 10 unidades (plantas) para cada uma das espécies estudadas.

Tabela 1 – Tratamentos e proporções de materiais utilizados para a produção de mudas florestais.

Tratamento	SC (%)	S (%)	A (%)	CA (%)
T1	100	0	0	0
T2	0	33,33	33,33	33,33
T3	0	25	25	50
T4	0	17	17	66
T5	0	0	0	100

SC: substrato comercial; S: solo; A: areia; CA: cama de aviário.

A mistura dos materiais empregados na composição dos tratamentos, com exceção do T1, foi realizada com solo proveniente de um latossolo do horizonte B, com areia de textura média e cama de aviário curtida por seis meses após a sua retirada do local de origem, e peneiraram-se todos os elementos (malha de 3 mm). Evidencia-se que os tratamentos foram caracterizados quimicamente pelo Laboratório de Análises de Solos e Plantas da UTFPR, *Campus Pato Branco*.

As mudas foram conduzidas em tubetes de seção circular, com capacidade volumétrica individual de 125 cm³. Testaram-se cinco formulações de substratos. Todas as formulações receberam a mesma adubação de lenta liberação (três meses) na concentração (%) de NPK 15-08-12, correspondente a 10 kg/m³ de substrato.

Antes da aplicação da adubação nos substratos, estes tiveram uma amostra retirada para análise. Os resultados dessa análise encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Teores disponíveis de macronutrientes e características químicas dos tratamentos formulados com cama de aviário, solo, areia e substrato comercial.

Variáveis	T1	T2	T3	T4	T5
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	77,73	13,40	26,80	26,80	53,61
pH (CaCl ₂)	4,20	5,90	5,50	5,60	5,50
P (mg dm ⁻³)	529,80	223,75	565,73	371,65	737,15
K (cmol _c dm ⁻³)	4,45	2,43	3,23	3,88	4,95
Ca (cmol _c dm ⁻³)	21,61	3,52	11,27	9,41	18,80
Mg (cmol _c dm ⁻³)	15,37	1,63	2,86	4,88	9,89
SB (cmol _c dm ⁻³)	41,43	7,58	17,36	18,17	33,64
V (%)	70,63	71,98	80,22	82,07	87,04
CTC	58,66	10,53	21,64	22,14	38,65
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,94	0	0	0	0
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	17,23	2,95	4,28	3,97	5,01
Saturação por Al (%)	2,22	0	0	0	0

T1: 100%SC; T2: 33,3% de solo, 33,3% de areia e 33,3% de cama de aviário; T3: 25S25A50CA; T4: 17S17A66CA; T5: 100CA; SB: soma de bases; V: saturação por bases; CTC: capacidade de troca catiônica; H + Al: hidrogênio + alumínio.

Os resultados expostos na Tabela 2 mostram que somente T2 (33S33A33CA) apresentou baixo teor de matéria orgânica; os demais tratamentos alcançaram teores que variaram de médio a alto. Em relação ao pH, somente T1 (100SC) atingiu pH considerado muito baixo, ao contrário dos tratamentos com cama de aviário, que demonstraram pH mais elevado e em condições mais adequadas para a nutrição de plantas, segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS, 2004), valores considerados entre ideais e ligeiramente ácidos (KÄMPF & FERMINO, 2000).

O teor de P disponível mostrou-se inferior no T2 (33S33A33CA), seguido do T4 (17S17A66CA), sendo ambos considerados baixos, apesar da maior proporção de cama de aviário no último substrato.

Para os demais substratos, os teores de P são avaliados como adequados (KÄMPF & FERMINO, 2000).

Os teores de K apresentaram-se baixos apenas no substrato com menor proporção de cama de aviário T2 (33S33A33CA), estando, nos demais casos, na faixa tida como adequada (3-10 cmol_c dm⁻³) (KÄMPF & FERMINO, 2000).

Quanto ao Ca, notou-se que todos os substratos apresentaram teores elevados, com exceção do T2 (33S33A33CA), que teve teor considerado médio (KÄMPF & FERMINO, 2000). Por sua vez, o Mg apresentou teor baixo nos tratamentos T2 (33S33A33CA) e T3 (25S25A50CA), sendo considerado adequado e crescente de acordo com a proporção da cama de aviário nos substratos (KÄMPF & FERMINO, 2000).

A saturação por bases revelou-se elevada em todos os substratos. O T1 (100SC) foi o único tratamento que mostrou a ocorrência de saturação por Al (%), mesmo esta sendo vista como baixa. A capacidade de troca catiônica (CTC) foi considerada baixa somente no substrato com a menor proporção de cama de aviário T2 (33S33A33CA), estando em conformidade com a faixa adequada nos demais materiais (KÄMPF & FERMINO, 2000; SBCS, 2004).

A Tabela 3 contém as características das cinco espécies arbóreas estudadas, que são distintas quanto aos grupos sucessionais. O critério de seleção das espécies deu-se pelo fato de elas ocorrerem naturalmente na região analisada e expressarem diferentes grupos ecológicos entre si, sendo base para programas de revegetação de áreas degradadas e plantios florestais mistos com finalidade econômica.

Tabela 3 – Caracterização das espécies florestais estudadas.

Nome comum	Nome científico	Família	Grupo sucessional
Capixingui	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	P
Bracatinga	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Fabaceae	P
Amendoim-bravo	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Fabaceae	P
Monjoleiro	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Fabaceae	SI
Angico-preto	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Fabaceae	SI

P: pioneira; SI: secundária Inicial.

Após o preparo dos tratamentos, realizou-se a semeadura. Para tanto, algumas espécies passaram pelo processo de quebra de dormência das sementes por meio de métodos já amplamente conhecidos para elas:

- capixingui: banho de água quente a aproximadamente 80°C por 5 minutos;
- bracatinga: imersão em água quente a 80°C e permanência fora do aquecimento por 18 horas;
- amendoim-bravo: punção das sementes com estilete na parte oposta ao local da emissão da radícula;
- monjoleiro: permanência de suas sementes na água em temperatura ambiente por 2 horas.

Na semeadura, foram colocadas oito sementes em cada tubete para capixingui, cinco sementes/tubete para bracatinga, quatro sementes/tubete para amendoim-bravo, oito sementes/tubete para monjoleiro e oito sementes/tubete para angico-preto. Esses valores variaram em função do tamanho e do potencial de germinação da semente, visando à otimização da emergência (LORENZI, 1998).

Após a semeadura, os tubetes foram levados para a casa de vegetação, onde todas as espécies permaneceram por 70 dias, seguindo depois para a casa de sombra, em que ficaram até o 90.º dia, período em que a muda normalmente já pode ser inserida em áreas degradadas, estando apta, portanto, a desempenhar sua função em processos de restauração florestal, os quais, de acordo com a Society for Ecological Restoration (SER, 2004), se caracterizam por auxiliar a recuperação de um ecossistema degradado, danificado ou destruído. Na saída para a casa de sombra, realizou-se o espaçamento das mudas (duas vezes o espaçamento inicial) de todas as espécies.

As mudas foram submetidas à irrigação, três vezes ao dia, com o fornecimento de água até próximo à capacidade de campo do substrato, constatada por observação visual e detecção manual do umedecimento do substrato.

Após a semeadura, realizou-se diariamente a análise de emergência durante um mês, e foram consideradas plantas emersas aquelas que apresentavam o hipocótilo acima do nível do substrato. Depois dessa atividade, selecionou-se a plântula mais vigorosa presente nos tubetes que continham mais de uma planta emersa, sendo desbastada as demais. Essa atividade foi realizada quando se constatou que cada muda tinha pelo menos dois pares de folhas definitivas cada uma.

Ao 90.º dia de desenvolvimento das mudas, fizeram-se mensurações das variáveis: altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (Dc) e número de folhas (Nf). Também se procedeu a análises destrutivas de massa seca das partes aérea e radicular, em cinco plantas por repetição, escolhidas por sorteio. Essas mudas foram separadas em parte aérea e parte radicular, sendo esta última lavada em peneira com malha de 1 mm em água corrente e posteriormente relavada em água destilada, tomando-se o cuidado de evitar qualquer perda de material, com uso de pinça e lupa.

Depois disso, puseram-se a parte aérea e a parte radicular das mudas para secar em estufa de circulação e renovação de ar, a 65°C, até atingirem peso constante. As amostras da parte aérea e da parte radicular foram moídas em moinho de faca e analisadas quanto ao teor de nutrientes no Laboratório de Análises de Solos e Plantas da UTFPR, *Campus Pato Branco*, por meio da metodologia de Tedesco *et al.* (1995).

De posse de todos os dados, realizaram-se análises estatísticas quanto à variância (ANOVA) e teste de comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) com o auxílio do *software* ASSISTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à emergência de plântulas de capixingui, bracatinga, amendoim-bravo, monjoleiro e angico-preto podem ser observados, para os diferentes substratos, na Tabela 4. Nota-se que, para nenhuma das espécies estudadas, foi possível constatar diferença significativa entre os tratamentos, situação que demonstra que a cama de aviário como substrato tem capacidade de suporte similar à dos substratos comerciais para emergência de plântulas dessas espécies florestais.

Além disso, a ausência de diferença estatística também pode ser explicada pelo fato de essas espécies serem pouco exigentes em relação à fertilidade do solo, necessitando, no entanto, de boas condições de umidade para emergência (CARVALHO, 2003), o que foi proporcionado aos substratos por meio da irrigação eficiente e da capacidade de manutenção da umidade por parte dos substratos testados.

Tabela 4 – Emergência (%) de plântulas de cinco espécies florestais em diferentes substratos orgânicos*.

Espécie	Tratamento					Média geral	CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5		
Capixingui	34,78a	35,78a	31,78a	33,6a	34,76a	34,14	22,11
Bracatinga	48,0a	49,2a	39,6a	44,4a	50,0a	46,24	28,64
Amendoim-bravo	67,5a	56,5a	61,5a	68,5a	57,5a	25,04	12,99
Monjoleiro	16,0a	12,5a	11,5a	15,5a	12,5a	13,60	34,44
Angico-preto	16,0a	18,4a	10,4a	10,8a	10,4a	13,20	37,67

T1: 100%SC; T2: 33,3 % de solo, 33,3% de areia e 33,3% de cama de aviário; T3: 25S25A50CA; T4: 17S17A66CA; T5: 100CA; CV: coeficiente de variação; *médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($< 0,05$).

Na Tabela 5, podem ser observados os valores de diâmetro de colo (mm) nos diferentes tratamentos, aos 90 dias de desenvolvimento das mudas. Para capixingui, bracatinga e monjoleiro, não foram constatadas diferenças significativas. Já para amendoim-bravo e angico-preto, os

tratamentos diferenciaram-se significativamente e, em ambos, os melhores resultados foram encontrados para o tratamento composto em sua totalidade por cama de aviário, mesmo havendo diferenças estatísticas desse tratamento somente em relação ao composto de 66,6% (amendoim-bravo) e ao composto de 50% de cama de aviário (angico-preto).

Camargo *et al.* (2011), com produção de mudas de *Jatropha curcas* L., mostraram que os menores valores de diâmetro de colo também foram encontrados para as plantas que se desenvolviam com substrato composto de 100% de cama de aviário, coincidindo assim com os dados do presente estudo.

Mesmo assim, discrepâncias de resultados são possíveis de ocorrer quando se trata do uso de cama de aviário como substrato, as quais podem ser explicadas pelo fato de que este precisa estar completamente curtido para apresentar bons resultados, pois, do contrário, de acordo com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina (Epagri, 1995), é capaz de retardar o desenvolvimento das mudas em função de elevadas taxas de amônia que podem ser liberadas.

Tabela 5 – Desenvolvimento em diâmetro de colo (mm) de mudas de cinco espécies florestais em diferentes substratos orgânicos, aos 90 dias após a emergência*.

Espécie	Tratamento					Média geral	CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5		
Capixingui	2,44a	2,07a	2,62a	2,34a	2,50a	2,32	18,79
Bracatinga	1,34a	1,96a	0,87a	0,98a	0,85a	1,20	8,47
Amendoim-bravo	2,32a	2,18ab	2,13ab	1,94b	2,38a	2,19	7,81
Monjoleiro	2,63a	2,15a	2,27a	2,53a	2,23a	2,36	13,59
Angico-preto	4,66ab	4,40ab	4,23b	4,55ab	5,07a	4,58	8,21

T1: 100%SC; T2: 33,3% de solo, 33,3% de areia e 33,3% de cama de aviário (CA); T3: 25S25A50CA; T4: 17S17A66CA; T5: 100CA; CV: coeficiente de variação; *médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (< 0,05).

Os resultados encontrados para a altura das mudas, aos 90 dias após emergência, podem ser observados na Tabela 6. Assim como na variável emergência de plântulas, não foi possível detectar diferenças estatísticas para a altura das cinco espécies nos diferentes tratamentos.

Frade Júnior *et al.* (2011) com *Inga edulis* Mart. mostraram que as mudas da referida espécie apresentaram bom desenvolvimento em altura quando submetidas a tratamentos compostos de substratos comerciais e de substratos com até 30% de cama de aviário. Os autores citados perceberam que proporções maiores que 30% dificultavam o desenvolvimento das mudas, o que não pôde ser notado no presente trabalho.

Em contrapartida, pesquisa de Bortolini *et al.* (2012) com mudas de *Gleditschia amorphoides* demonstrou que os resultados alcançados para o crescimento da mencionada espécie em substrato comercial, aos 90 dias, foram equivalentes aos achados em substratos que continham resíduo animal, o que coincide com os dados deste estudo.

Tabela 6 – Desenvolvimento em altura (cm) de mudas de cinco espécies florestais em diferentes substratos orgânicos, aos 90 dias após a emergência*.

Espécie	Tratamento					Média geral	CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5		
Capixingui	12,48a	8,20a	9,38a	10,59a	10,04a	10,14	22,70
Bracatinga	7,38a	6,80a	6,78a	8,06a	6,89a	7,18	18,87
Amendoim-bravo	17,49a	17,03a	16,89a	17,68a	15,37a	16,81	7,45
Monjoleiro	38,88a	34,95a	38,65a	41,81a	36,58a	38,17	18,92
Angico-preto	16,22a	17,44a	19,92a	16,92a	18,77a	17,85	32,74

T1: 100%SC; T2: 33,3% de solo, 33,3% de areia e 33,3% de cama de aviário (CA); T3: 25S25A50CA; T4: 17S17A66CA; T5: 100CA; CV: coeficiente de variação; *médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (< 0,05).

Quanto ao número de folhas (Tabela 7), também não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, o que demonstra novamente o bom potencial da cama de aviário, que é um material mais barato quando comparado ao substrato comercial e de fácil obtenção na região em questão.

Tabela 7 – Número de folhas de mudas de cinco espécies florestais em diferentes substratos orgânicos, aos 90 dias após a emergência*.

Espécie	Tratamento					Média geral	CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5		
Capixingui	3,27a	4,37a	4,33a	3,54a	3,04a	3,71	28,34
Bracatinga	6,85a	5,89a	5,24a	4,73a	5,33a	5,61	25,00
Amendoim-bravo	5,70a	6,01a	5,58a	6,02a	5,33a	5,72	8,42
Monjoleiro	8,24a	7,11a	6,84a	7,29a	7,90a	7,48	15,34
Angico-preto	6,29a	5,39a	7,17a	5,53a	7,42a	6,35	22,15

T1: 100%SC; T2: 33,3% de solo, 33,3% de areia e 33,3% de cama de aviário (CA); T3: 25S25A50CA; T4: 17S17A66CA; T5: 100CA; CV: coeficiente de variação; *médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (< 0,05).

Quanto à massa seca da parte aérea, para o capixingui e o angico-preto, não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, para as demais espécies, os tratamentos divergiram entre si (Tabela 8). O tratamento composto de 66,6% de cama de aviário foi o que mais se destacou, com os maiores valores para a maioria das espécies.

Gassi *et al.* (2009), ao estudarem a produção de massa seca aérea e radicular de *Arctium lappa* L., perceberam que a maior produção foi encontrada em plantas que se desenvolveram em substratos à base de cama de aviário.

Tabela 8 – Massa seca da parte aérea (g/muda) de cinco espécies florestais em diferentes substratos orgânicos, aos 90 dias após a emergência*.

Espécie	Tratamento					Média geral	CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5		
Capixingui	1,23a	0,84a	0,61a	1,12a	0,80a	0,91	62,07
Bracatinga	0,18ab	0,19ab	0,15ab	0,30a	0,12b	0,19	41,67
Amendoim-bravo	3,14a	2,16b	2,17b	3,77a	1,68b	2,25	17,32
Monjoleiro	3,96a	2,15b	2,99ab	3,98a	3,26ab	3,21	27,91
Angico-preto	2,26a	2,92a	3,19a	3,82a	3,78	3,29	44,39

T1: 100%SC; T2: 33,3% de solo, 33,3% de areia e 33,3% de cama de aviário (CA); T3: 25S25A50CA; T4: 17S17A66CA; T5: 100CA; CV: coeficiente de variação; *médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($< 0,05$).

Para a massa seca de raízes (Tabela 9), foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos apenas para capixingui e amendoim-bravo, com a obtenção dos valores mais altos no T5 (100CA). Tais resultados demonstram que a cama de aviário, quando convenientemente compostada, não traz prejuízos ao desenvolvimento radicular das plantas, pois terá reduzida a liberação de amônia. Esse dado contrapõe conhecimentos empíricos acerca desse material orgânico (cama de aviário), os quais relatam que ele é prejudicial ao desenvolvimento radicular das plântulas, ocasionando a morte radicular.

Tabela 9 – Massa seca de raízes (g/muda) de cinco espécies florestais em diferentes substratos orgânicos, aos 90 dias após a emergência*.

Espécie	Tratamento					Média geral	CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5		
Capixingui	1,91b	0,89b	0,93b	1,52b	5,36a	2,12	30,83
Bracatinga	0,46a	0,39a	0,37a	0,24a	0,24a	0,34	52,32
Amendoim-bravo	4,19ab	3,33bc	3,20bc	3,04c	4,83a	3,72	14,90
Monjoleiro	1,64a	1,26a	1,51a	1,80a	1,62a	1,57	22,14
Angico-preto	5,41a	4,01a	5,01a	5,39a	5,36a	5,04	29,17

T1: 100%SC; T2: 33,3% de solo, 33,3% de areia e 33,3% de cama de aviário (CA); T3: 25S25A50CA; T4: 17S17A66CA; T5: 100CA; CV: coeficiente de variação; *médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($< 0,05$).

Os teores de N, P, K, Ca e Mg encontrados nas mudas que se desenvolveram em diferentes substratos orgânicos até os 90 dias após a emergência estão na Tabela 10.

Os maiores teores de N, na parte aérea, foram obtidos no T4 (17S17A66CA) para todas as espécies, com exceção de monjoleiro, que teve valor mais alto no tratamento com T3 (25S25A50CA). Entre os teores mais altos de N na parte aérea, a bracatinga apresentou $24,5 \text{ g kg}^{-1}$, resultado semelhante ao alcançado por Silva *et al.* (2007) quanto ao teor de N na parte aérea de *Swietenia macrophylla* King. – $24,6 \text{ g kg}^{-1}$ aos 120 dias após a repicagem da espécie.

Nas raízes, os teores mais altos de N foram encontrados no T4 (17S17A66CA) para bracatinga e monjoleiro e no T5 (100CA) para capixingui e amendoim-bravo. No caso do angico-preto, os valores mais altos se igualaram nos tratamentos 1, 3, 4 e 5.

Isso demonstra que os substratos com maior proporção de cama de aviário possibilitaram maior acúmulo de N tanto na parte aérea como na radicular, o que pode ocorrer pela grande quantidade

de N que a cama de aviário possui em sua composição, podendo chegar a até 35 g kg^{-1} , de acordo com a SBCS (2004).

Os teores de N, tendo como referenciais os dados de várias espécies pesquisadas por Sorreano *et al.* (2012), variaram entre 16 e 39 g kg^{-1} em tratamentos completos de nutrição. No presente estudo, esse nível mínimo do intervalo foi atingido inicialmente pelas espécies pioneiras com T2 (33,3S33,3A33,3CA) e T3 (25S25A50CA), mostrando maior adaptação dessas espécies a esses dois substratos.

Para capixingui e amendoim-bravo, os maiores teores de P, na parte aérea, foram encontrados no T5 (100CA). Para bracatinga e monjoleiro, os maiores teores de P ocorreram no T3 (25S25A50CA) e, para o angico-preto, entre T2 (33,3S33,3A33,3CA) e T4 (17S17A66CA) de cama de aviário. Nas raízes, o maior teor de P foi encontrado no T4 (17S17A66CA), para todas as espécies.

Quando se analisam os teores de P nos substratos, nota-se que os maiores valores ocorreram com a presença de 100% de cama de aviário, ou seja, no T5 (100CA) (Tabela 2). Percebe-se, assim, que o substrato não teve influência marcante nos teores de P na parte radicular das mudas, mas interferiu na parte aérea de algumas espécies, destacando-se mais uma vez as pioneiras nesse aspecto e também, em termos gerais, tendência de crescimento do teor, conforme o aumento da proporção de cama de aviário no substrato.

De forma genérica, os menores teores de K, para todas as espécies estudadas, tanto na parte aérea como nas raízes, foram encontrados no substrato comercial, fato que, assim como no caso do P, não coincide com os resultados obtidos na análise dos substratos, mostrando novamente que o teor no substrato não teve influência predominante no teor encontrado na muda, uma vez que não ocorreu relação direta entre os teores do substrato e os das mudas.

Para Sorreano *et al.* (2012), a variação no teor foliar de K, em várias espécies nativas da mata atlântica pesquisadas, ficou entre 5 e 36 g kg^{-1} , em condições normais de nutrição. Para os autores, quando da omissão de K, essas mesmas espécies passaram a apresentar teores variando entre 2 e 15 g kg^{-1} . Diante dessa situação, as espécies pesquisadas no presente estudo mostraram, de modo comparativo, que os teores de K em seus tecidos se encontram possivelmente baixos.

Os teores de Ca na parte aérea das plantas indicaram valores relativamente equilibrados entre os diferentes tratamentos com cama de aviário para capixingui, amendoim-bravo e monjoleiro, sendo inferior no substrato comercial, fato contrário ao ocorrido com a bracatinga, a qual apresentou maior teor na parte aérea das mudas produzidas em substrato comercial. O angico-preto, por sua vez, apontou teor mais elevado no T4 (17S17A66CA) e menor no T5 (100CA), mostrando existir, para Ca, um limite de uso da cama de aviário quando se trata de absorção do nutriente.

No sistema radicular, a variação nos teores de Ca foi acentuada, porém todas as espécies apresentaram os menores teores no substrato comercial, o qual tendeu a se elevar com o aumento da proporção de cama de aviário no substrato, em algumas espécies sendo maior no T5 (100CA) (bracatinga, amendoim-bravo e monjoleiro) e, em outras, no T2 (33,3S33,3A33,3CA) (angico-preto) e T3 (25S25A50CA) (capixingui).

Acerca do Mg, percebe-se que, para capixingui, bracatinga e monjoleiro, tanto para a parte aérea como para a radicular, e para amendoim-bravo, na parte aérea, os maiores teores foram encontrados no T5 (100CA). Já para a parte radicular de amendoim-bravo, monjoleiro e angico-preto, os maiores teores de MG foram alcançados no T4 (17S17A66CA).

Pereira *et al.* (2010), trabalhando com *Tamarindus indica*, em substrato com terra de subsolo e cama de aviário, encontraram, 180 dias após a semeadura, na parte radicular, acúmulos de até $6,6 \text{ g kg}^{-1}$ de N, $2,34 \text{ g kg}^{-1}$ de P, $4,62 \text{ g kg}^{-1}$ de K, $7,90 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca e $1,95 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg, mostrando que a espécie estudada acumula menos nutrientes em sua biomassa do que as espécies do presente estudo.

Tabela 10 – Teores médios de nutrientes nas partes aérea e radicial de mudas de cinco espécies florestais produzidas em diferentes substratos orgânicos, aos 90 dias após a emergência.

Espécie	N (g kg ⁻¹) parte aérea					N (g kg ⁻¹) raízes				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Capixingui	10,5	10,5	20	21	19,3	7	13	8,8	8,8	14
Bracatinga	14	24	21	24,5	19,3	14,	19,3	19,3	21	17,5
Amendoim-bravo	15,8	19,3	19,3	21	17,5	7	8,8	8,8	8,8	10,5
Monjoleiro	7	12,3	14	8,8	8,8	12,3	15,8	15,8	17,5	12,3
Angico-preto	14	14	14	15,8	7	5,3	5,3	7	7	7
Média	12,3	16	17,7	18,2	14,4	9,1	12,4	11,9	12,6	12,3
Espécie	P (g kg ⁻¹) parte aérea					P (g kg ⁻¹) raízes				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Capixingui	4,8	7,6	8,7	8,2	10,2	3,6	8,8	12,4	13,3	11
Bracatinga	9,6	11,8	14	13,5	13	5,5	7,4	10,5	12,3	10,3
Amendoim-bravo	1	2	2,1	1,9	2,6	1,9	2,9	2,9	3,9	3,8
Monjoleiro	3	4,3	7	4,6	4,2	6,9	8,9	9,2	11,1	9,6
Angico-preto	3,1	4,8	4,1	4,8	3,1	2,5	2,8	2,4	2,9	2,9
Média	4,3	6,1	7,2	6,6	6,6	4,1	6,2	7,5	8,7	7,5
Espécie	K (g kg ⁻¹) parte aérea					K (g kg ⁻¹) raízes				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Capixingui	14,6	25,7	17,4	20,1	17,4	9	17,4	17,4	10	17,4
Bracatinga	6,2	9	9	9	9	3,4	6,2	3,4	3,4	6,2
Amendoim-bravo	0,6	3,4	3,4	3,4	6,2	9	11,8	11,8	9	9
Monjoleiro	6,2	9	9	11,8	9	11,8	14,6	11,8	14,6	14,6
Angico-preto	3,4	6,2	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	5,6
Média	6,2	10,7	8,4	9,5	9	7,3	10,7	9,6	8,1	10,6
Espécie	Ca (g kg ⁻¹) parte aérea					Ca (g kg ⁻¹) raízes				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Capixingui	6,3	7,8	8,5	8,2	7,3	0,6	2,8	4,2	2,8	1,8
Bracatinga	8,7	5,8	5,1	7,5	5,5	19,3	4,1	6,2	6,5	8,6
Amendoim-bravo	5,8	7,2	6,5	6,1	6	0,5	1,1	1,3	1,5	2
Monjoleiro	5,9	8	11,4	6,2	7,8	3,2	3,5	4,6	4,5	4,7
Angico-preto	5,1	5,4	4,2	6,8	3,3	0,3	1,6	0,6	1,4	1,2
Média	6,4	6,8	7,1	7	6	4,8	2,6	3,4	3,3	3,7
Espécie	Mg (g kg ⁻¹) parte aérea					Mg (g kg ⁻¹) raízes				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Capixingui	4,1	4,6	4,4	4,6	5,3	4,2	5,1	5,1	5,2	5,4
Bracatinga	3	2,4	2,5	2,6	2,7	3	1,8	2,2	2,4	2,7
Amendoim-bravo	1,4	2	2,1	2,4	2,7	1	1,9	1,2	2,1	1,5
Monjoleiro	2,7	2,9	3,4	2,8	3	3,8	2,8	3,4	3,7	3,9
Angico-preto	2,1	3,7	2,1	2,7	2,3	1,4	1,4	1,3	1,7	1,6
Média	2,7	3,1	2,9	3,0	3,2	2,7	2,6	2,6	3	3

T1: 100%SC; T2: 33,3% de solo, 33,3% de areia e 33,3% de cama de aviário (CA); T3: 25S25A50CA; T4: 17S17A66CA; T5: 100CA.

CONCLUSÕES

O melhor desenvolvimento morfológico das mudas foi encontrado em substratos com maiores teores de cama de aviário, nas condições em que o experimento foi realizado, exibindo superioridade ao efeito do substrato comercial.

Para as espécies estudadas, as mudas crescidas em substratos com proporções de cama de aviário entre 50 e 100% apresentaram os maiores teores de nutrientes tanto na parte aérea como nas raízes.

A cama de aviário pode ser indicada como componente majoritário do substrato para a produção de mudas das espécies estudadas, pois auxilia na nutrição das plantas, além de ajudar no descarte adequado desse resíduo agroindustrial.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes, G. Leonardo J. & Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 2013; 22(6): 711-728.
- Araújo, D. B. Produção de mudas de espécies ornamentais em substratos à base de resíduos agroindustriais e agropecuários [Dissertação de Mestrado]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2010.
- 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*. 2012; 22(1): 35-46.
- Bünchen, M., Boerge, M. R. T., Reissman, C. B. & Silva, S. L. C. Status nutricional e eficiência no uso de nutrientes em espécies arbóreas da floresta subtropical no sul do Brasil. *Scientia Forestalis*. 2013; 41(98): 227-236.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. [Acesso em: 2 maio 2020]. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br>
- Camargo, R., Pires, S. C., Maldonado, A. C., Carvalho, H. P. & Costa, T. R. Avaliação de substratos para a produção de mudas de pinhão-manso em sacolas plásticas. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*. 2011; 5(1): 31-38.
- Carvalho, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas; 2003. 1039 p.
- Corrêa, R. S. & Bento, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2010; 34(4): 1435-1443.
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina. Tomate, mudas precoces. *Globo Rural*. 1995; 11(120): 9-11.
- Frade Júnior, 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*. 2011; 7(13): 959-969.
- Gassi, R. P., Zárate, N. A. H., Vieira, M. C., Scalón, S. P. Q. & Mattos, J. K. A. Doses de fósforo e de cama de frango na produção de bardana. *Ciência Agrotécnica*. 2009; 33(3): 692-697.
- Kämpf, A. N. & Fermino, M. H. Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Gênese; 2000. 312 p.
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum; 1998. 352 p.
- Luz, J. M. Q., Morais, T. P. S., Blank, A. F., Sodrê, A. C. B. & Oliveira, G. S. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjeriço sob doses de cama de frango. *Horticultura Brasileira*. 2009; 27(3): 349-353.
- Malavolta, E., Vitti, G. C. Vitti & Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Fosfato; 1997. 238 p.

Pavinato, P. S. & Rosolem, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2008; 32: 911-920.

Pereira, P. C., Melo, B., Freitas, R. S., Tomaz, M. A. & Freitas, C. J. P. Mudanças de tamarindeiro produzidas em diferentes níveis de matéria orgânica adicionada ao substrato. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2010; 5(3): 152-159.

Santos, J. Z. L., Resende, A. V., Furtini Neto, A. E. & Corte, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. *Revista Árvore*. 2008; 32(5): 799-807.

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS; 2004. 400 p.

SER – Society for Ecological Restoration. Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. Washington, D.C.: SER; 2004. 424 p.

Silva, W. G., Tucci, C. A. F., Hara, F. A. S. & Santos, R. A. C. Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em latossolo amarelo. *Acta Amazônica*. 2007; 37: 371-376.

Sorreano, M. C. M., Rodrigues, R. R. & Boaretto, A. E. Guia de nutrição: para espécies florestais nativas. São Paulo: Oficina de Textos; 2012. 256 p.

Tedesco, M. J., Gianello, C., Bissani, C. A., Bohnen, H. & Volkweiss, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS; 1995. 118 p.