



## **Efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substrato de resíduos sólidos urbanos**

doi: 10.4136/ambi-agua.1122

**Raquel Oliveira Batista<sup>\*1</sup>, Mauro Aparecido Martinez<sup>2</sup>, Haroldo Nogueira de Paiva<sup>2</sup>, Rafael Oliveira Batista<sup>3</sup> e Paulo Roberto Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras – Lavras, MG, Brasil

Departamento de Ciência do Solo

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, MG, Brasil

Departamentos de: Engenharia Agrícola, Ciência Florestal e Estatística

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Mossoró, RN, Brasil.

Departamento de Ciências Ambientais

\*Autor correspondente: e-mail: batista.raqueloliveira@gmail.com,

mmauro@ufv.br, hnpaiva@ufv.br, rafaelbatista@ufersa.edu.br, cecon@ufv.br

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi analisar a utilização da água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, com um composto de resíduos sólidos urbanos (SRSU) como substrato, avaliando-se o efeito de diferentes proporções de ARS e idades das mudas na sua qualidade morfológica e nutricional. O experimento foi instalado em casa de vegetação na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola. O delineamento estatístico foi em blocos casualizados com número de repetições diferentes, sendo composto por 10 tratamentos em um esquema fatorial 5 x 2 (5 proporções de ARS complementadas com adubação nitrogenada de cobertura e 2 idades das mudas). Foram avaliadas as variáveis altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação da altura da muda/diâmetro do coleto (H/DC), relação da massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR), índice de qualidade de Dickson (IQD) e concentrações de macronutrientes na folha, no caule e na raiz das plantas. Essas características foram avaliadas aos 75 e 90 dias após a semeadura (DAS). Concluiu-se que a proporção de 50% de ARS é a que resulta em melhores características morfológicas e nutricionais das mudas de eucalipto cultivadas com o composto de resíduos sólidos urbanos. As mudas alcançaram características morfológicas adequadas ao plantio no campo aos 90 dias após a semeadura e, apresentaram teores adequados para a maioria dos nutrientes nas duas idades avaliadas.

**Palavras-chave:** Fertirrigação, espécie florestal, reuso.

### **Effect of hog production wastewater in the development and quality of *Eucalyptus urophylla* substrate produced in urban solid waste**

#### **ABSTRACT**

The objective of this study was to analyze the use of hog production wastewater in the production of seedlings of *Eucalyptus urophylla*, using a compound of municipal solid waste (SRSU) as substrate, and evaluating the effect of different proportions of ARS and of seedling ages in their morphological and nutritional quality. The experiment was conducted in a

greenhouse at the Experimental Hydraulics, Irrigation and Drainage, Department of Agricultural Engineering. The statistical design was randomized blocks with different numbers of repetitions, consisting of 10 treatments in a 5 x 2 factorial design (5 proportions of ARS supplemented with nitrogen fertilization and 2 seedling ages). The variables measured were shoot height (H), stem diameter (SD), shoot dry matter (SDM), root dry mass (RDM), total dry matter (TDM), ratio of seedling height / diameter of the girth (H / SD), ratio of dry weight of shoot / root dry mass (SDM / RDM), Dickson quality index (DQI) and concentrations of nutrients in the plants leaf, stem and root. These characteristics were evaluated at 75 and 90 days after seeding (DAS). It was concluded that the proportion of 50% ARS improved the nutritional and morphological characteristics of eucalyptus. The seedlings achieved morphological characteristics suitable for planting in the field 90 days after sowing and showed appropriate levels for most nutrients at both ages.

**Keywords:** Fertirrigation, forest species, reuse.

## 1. INTRODUÇÃO

O destino final de resíduos gerados por indústrias, agroindústrias e pelo meio urbano é atualmente uma preocupação da sociedade, uma vez que, se manejados de forma inadequada, podem provocar sérios impactos ao meio ambiente. O confinamento de suínos e o meio urbano destacam-se como grandes geradores de águas residuárias e de resíduos sólidos urbano, respectivamente.

O Brasil é o quarto maior exportador mundial de carne suína, atingindo uma produção, em 2011, superior a 3 milhões de toneladas. (ABIPECS, 2013). Com essa demanda, há também elevada produção de efluentes que podem ocasionar poluição de grande magnitude, devido à existência de alta carga poluente. Em vista disso, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas para uso alternativo da água residuária da suinocultura (ARS) no Brasil, tendo como meta proporcionar um destino final ambientalmente correto para esses resíduos.

Uma das alternativas de reciclagem desse dejetos é seu uso como fertilizante, pois os nutrientes nele contidos, após mineralizados, são disponibilizados para o aproveitamento pelas plantas. No entanto, é preciso aperfeiçoar técnicas de tratamento e manejo desses dejetos para que isso possa se tornar uma prática viável.

No Brasil, intensificam-se pesquisas sobre o aproveitamento de resíduo sólido orgânico urbano (RSU) como fertilizante e condicionador de solos em cultivos agrícolas e florestais. Com isto, assegura-se uma disposição adequada desses resíduos, além de proteger a saúde humana e animal.

A utilização do RSU na agricultura pode proporcionar redução nos problemas ambientais, acarretando economia e melhoria da qualidade de vida. As propriedades físicas e químicas do solo, tais como porosidade, retenção de água, agregação das partículas, capacidade de campo, condutividade hidráulica e fertilidade são favorecidas com a adição da matéria orgânica. Esses fatores, além de proporcionarem melhoria de solos agricultáveis, podem melhorar solos até então improdutivos para o cultivo (Kiehl, 1985).

A utilização da ARS como fertilizante na produção de mudas de eucalipto pode se tornar mais uma alternativa para destinação desta água residuária, uma vez que o eucalipto possui expressiva demanda doméstica e internacional, devido à sua importância no suprimento de madeira para diversas finalidades, além de minimizar pressões ambientais sobre a utilização de madeira nativa. O composto orgânico produzido por resíduos sólidos urbanos pode ser um substrato alternativo para a produção de mudas de eucalipto. No entanto, um dos

inconvenientes é a presença de metais pesados, que poderão causar prejuízos ao desenvolvimento das plantas, devido à contaminação.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a utilização da água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, em substrato composto por resíduos sólidos urbanos, avaliando-se o efeito de diferentes proporções de ARS e idades das mudas na sua qualidade morfológica e nutricional.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, em casa de vegetação.

A espécie utilizada para a realização dos ensaios foi o *Eucalyptus urophylla*, com sementes providas da Sociedade de Investigações Florestais (SIF). A safra de coleta das sementes foi de 2005/2006, com germinação de 78,25%. A água residuária da suinocultura (ARS) utilizada no experimento foi proveniente do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da UFV e o composto de resíduos sólidos urbanos (SRSU) da Usina de Compostagem do município de São Geraldo, MG.

A ARS passou pelos tratamentos preliminar e primário segundo metodologia proposta por Batista (2007). Após os tratamentos, esta foi bombeada até um reservatório próximo da casa de vegetação.

Para a caracterização da ARS, foram coletadas, aleatoriamente no reservatório, seis amostras semanais de 2 L em galões de plástico, correspondentes à frequência das adubações de cobertura realizadas. Essas amostras foram analisadas em diferentes laboratórios pertencentes à UFV.

As análises físicas foram compostas pela quantificação de sólidos totais e sólidos suspensos (método gravimétrico), conforme metodologia proposta por Standard Methods (APHA et al., 1998), pH e condutividade elétrica. Nas análises químicas, foram obtidas as concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pelo método iodométrico (processo Winkler); de Demanda Química de Oxigênio (DQO), pelo método oxidimétrico em refluxo aberto; de nitrogênio total (Ntotal), pelo método Kjeldahl; do fósforo total (Ptotal); do enxofre, por espectrofotometria; do potássio total ( $K^+$ ); e do sódio ( $Na^+$ ), por fotometria de chama. As concentrações de cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), ferro ( $Fe^{2+}$ ), cobre ( $Cu^{2+}$ ), zinco ( $Zn^{2+}$ ) e manganês ( $Mn^{2+}$ ) foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica.

A dose de ARS foi definida baseando-se na concentração do nitrogênio, por ser o constituinte presente em maior concentração relativa no efluente. Essa aplicação seguiu a exigência nutricional do eucalipto quanto à adubação de cobertura, conforme sugerida por Gonçalves e Poggiani (1996). A frequência de aplicação foi semanal, sendo a ARS aplicada com o auxílio de um regador.

A produção das mudas foi feita em tubetes previamente esterilizados em água quente a 80°C por 30 segundos (Alfenas et al., 1999). O substrato (SRSU) recebeu uma adubação de base, constituída por 150 g de N, 300 g de  $P_2O_5$  e 100 g de  $K_2O$  por  $m^3$  de substrato. A semeadura direta em tubetes foi realizada por meio de uma “seringa semeadora”, colocando-se, em média, cinco sementes por recipiente. Posteriormente, os tubetes foram cobertos com uma fina camada do substrato utilizado e mantidos à sombra (sombrite 50%) por 10 dias.

O substrato composto por resíduos sólidos urbanos (SRSU) utilizado na presente pesquisa, apesar de ter sido compostado, acarretou problemas na germinação das sementes. Com isto, simultaneamente à semeadura em tubetes, realizou-se uma semeadura em uma sementeira apropriada, composta pelo substrato de resíduos sólidos urbanos (SRSU) e

material drenante (brita). Após 30 dias, a sementeira apresentou uma quantidade de plântulas necessárias para a condução do experimento, proporcionando sua repicagem, com o terceiro par de folhas, para os tubetes. Estas plântulas foram mantidas à sombra (50%) por sete dias, para o sucesso do seu pegamento.

As adubações nitrogenadas, tanto com a ARS quanto com o adubo mineral, foram realizadas a cada sete dias, a partir de 10 dias após as práticas culturais (repicagem e desbaste) até aos 75 dias após a germinação. Intercaladas com a adubação nitrogenada, foram feitas adubações com potássio, a cada 14 dias, totalizando em 6 e 3 aplicações, respectivamente. A recomendação utilizada foi composta por 1 kg de sulfato de amônio e, ou, 300 g de cloreto de potássio em 100 L de água, sendo suficiente para adubação de 10.000 mudas (Gonçalves e Poggiani, 1996). A disponibilidade de micronutrientes para as mudas foi proveniente do substrato e da ARS.

As mudas foram irrigadas diariamente com uma lâmina média de 5 mm, parcelada em três vezes, nos horários de 10, 13 e 16 horas. A irrigação foi realizada por micro aspersores que apresentaram vazão média de 56,3 L h<sup>-1</sup> e uma uniformidade de emissão de 95%.

As fertirrigações com os adubos minerais foram efetuadas com a aplicação da terceira parcela da lâmina de irrigação (16 horas), sendo aplicados 1,92 L em cada tratamento com suas respectivas repetições, volume indicado de acordo com o preparo da solução supracitada. A aplicação da ARS exigiu maior volume para suprir a demanda equivalente de nitrogênio, com isto, as aplicações foram realizadas com as lâminas da 1.<sup>a</sup> e da 3.<sup>a</sup> irrigação do dia.

As proporções de ARS forneceram às mudas, além do nitrogênio, outros nutrientes essenciais. Com isto, fez-se uma correção na adubação de cobertura quanto ao fósforo e ao potássio correspondente a 100% das suas concentrações fornecidas na proporção ARS<sub>5</sub>. Essa adubação complementar foi realizada com fosfato de sódio e cloreto de potássio.

A partir dos 75 dias após semeadura, foi realizada a rustificação das mudas, que consiste no corte das adubações de cobertura e na diminuição da quantidade de água na irrigação. O experimento foi montado com 10 tratamentos (Quadro 1).

**Quadro 1.** Experimento em esquema fatorial 5x2, composto por 10 tratamentos (5 proporções de ARS complementadas com adubação nitrogenada mineral e 2 idades das mudas), com repetições diferentes.

Tratamentos	% N	% Adubação	DAS
ARS <sub>1</sub> DAS <sub>1</sub>	0% do N fornecido pela ARS	100% pela adubação mineral	75*
ARS <sub>2</sub> DAS <sub>1</sub>	25% do N fornecido pela ARS	75% pela adubação mineral	
ARS <sub>3</sub> DAS <sub>1</sub>	50% do N fornecido pela ARS	50% pela adubação mineral	
ARS <sub>4</sub> DAS <sub>1</sub>	75% do N fornecido pela ARS	25% pela adubação mineral	
ARS <sub>5</sub> DAS <sub>1</sub>	100% do N fornecido pela ARS	0% pela adubação mineral	
ARS <sub>1</sub> DAS <sub>2</sub>	0% do N fornecido pela ARS	100% pela adubação mineral	90**
ARS <sub>2</sub> DAS <sub>2</sub>	25% do N fornecido pela ARS	75% pela adubação mineral	
ARS <sub>3</sub> DAS <sub>2</sub>	50% do N fornecido pela ARS	50% pela adubação mineral	
ARS <sub>4</sub> DAS <sub>2</sub>	75% do N fornecido pela ARS	25% pela adubação mineral	
ARS <sub>5</sub> DAS <sub>2</sub>	100% do N fornecido pela ARS	0% pela adubação mineral	

**Nota:**\* DAS<sub>1</sub>: 75 dias após a semeadura; \*\*DAS<sub>2</sub>: 90 dias após a semeadura.

Devido às perdas de algumas repetições no final do experimento, a avaliação das mudas nas combinações ARS<sub>2</sub> e ARS<sub>5</sub> foi composta por quatro repetições e as demais por três. O delineamento experimental adotado para cada substrato foi o de blocos casualizados. A parcela foi constituída por 48 mudas, das quais 30 corresponderam à área útil e 18 à bordadura. Foram realizadas duas avaliações correspondentes aos 75 e aos 90 dias após a semeadura, cada uma composta por 15 mudas.

Aos 75 e 90 dias da semeadura, as mudas foram coletadas para as avaliações das seguintes características morfológicas e suas relações: altura das mudas (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação da altura da muda/diâmetro do coleto (H/DC), relação da massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Avaliaram-se, também, as concentrações de macronutrientes na folha, no caule e na raiz das plantas.

A altura das mudas foi obtida com a utilização de uma régua milimetrada, medida do nível do substrato até a ponta das últimas folhas, e o diâmetro do coleto foi medido utilizando-se um paquímetro digital. A MSPA, a MSR e a MST foram obtidas após a secagem em estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura de 65°C até atingir massa constante. Para tal finalidade, separou-se a parte aérea da raiz cortando-se no nível do coleto da planta, sendo lavadas com água destilada, acondicionadas em embalagens de papel e direcionadas para a estufa. Após esta operação, o material foi resfriado em um dessecador de sílica gel, em seguida pesado em uma balança digital (precisão de 0,01 g) para a quantificação da massa da matéria seca.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi obtido em função da MST, da H, do DC, da MSPA e da MSR, segundo a seguinte fórmula (Dickson et al., 1960 apud Carneiro, 1995):

$$IQD = \left( \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}} \right) \quad [1]$$

em que:

*MST* é massa seca total (g); *H*, altura (cm); *DC*, diâmetro do coleto (mm); *MSPA*, massa seca da parte aérea (g); e *MSR*, massa seca da raiz (g).

As análises químicas da nutrição da planta foram realizadas após a moagem do material em moinho tipo Willey de aço inoxidável, conforme metodologia indicada por Silva (2009).

Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com a utilização do software SAEG 9.1 (UFV, 2007).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Características morfológicas das mudas

Os resultados das análises de variância para as características morfológicas mostram que as proporções de ARS influenciaram apenas na relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR), e as idades das mudas tiveram influência em todas as características, exceto na relação altura/diâmetro do coleto (H/DC). A interação proporções ARS-idades das mudas apresentou significância estatística apenas para a MSPA/MSR.

Provavelmente, a não influência das proporções de ARS na maioria das características morfológicas pode estar relacionada a uma boa disponibilidade de nutrientes já existentes no substrato, principalmente os macronutrientes, uma vez que as proporções das adubações de

cobertura para N, P e K foram as mesmas para as diferentes proporções de ARS. Os valores médios de todas as características morfológicas, independentemente da significância estatística, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios das características morfológicas das mudas com o uso do composto de resíduos sólidos urbanos em função das proporções de ARS.

Proporção ARS	H cm	DC mm	H/DC -	MSPA g	MSR g	MST g	MSPA/MSR -	IQD -
ARS <sub>1</sub>	18,9	1,92	9,83	0,71	0,14	0,84	5,16a	0,056
ARS <sub>2</sub>	18,13	1,88	9,63	0,55	0,13	0,68	4,22b	0,049
ARS <sub>3</sub>	18,98	2,01	9,45	0,60	0,16	0,76	3,76b	0,057
ARS <sub>4</sub>	19,72	1,92	10,27	0,62	0,17	0,78	3,66b	0,056
ARS <sub>5</sub>	19,35	2,04	9,52	0,67	0,16	0,83	4,28b	0,060

**Nota:** ARS<sub>1</sub>: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS<sub>2</sub>: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS<sub>3</sub>: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS<sub>4</sub>: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS<sub>5</sub>: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Limites mínimos de altura (15 cm) e diâmetro do coleto (2 mm) são indicados na literatura para designar se as mudas de eucalipto estão prontas para serem plantadas (Guerreiro e Colli Júnior, 1984). Apesar de as mudas de *E. urophylla* não terem sido influenciadas pelas proporções de ARS, os seus valores de altura foram superiores ao padrão mínimo estabelecido, porém, o mesmo não foi verificado em relação ao diâmetro do coleto. Gomes e Paiva (2004) relatam que as mudas devem apresentar valores altos de diâmetro de coleto para proporcionar melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea.

Em geral, as mudas de eucalipto adquiriram maiores alturas e diâmetros do coleto, resultando em maiores valores da relação entre as duas características (H/DC), e quando este valor é comparado com o ideal sugerido por Carneiro (1995), encontra-se acima da faixa adequada (5,4 a 8,1). Segundo Gomes e Paiva (2004), essa relação é importante, e quanto menor for o seu valor maior será a capacidade de sobrevivência das mudas no campo.

Trigueiro e Guerrini (2003), em produção de mudas de eucalipto em um substrato alternativo composto por 50% de bio-sólido e 50% de casca de arroz carbonizada, relataram que as mudas atingiram altura média de 19,24 cm, diâmetro de colo de 1,62 mm e a relação H/DC de 13,90. Galbiatti et al. (2007) utilizaram o RSOU em diferentes proporções misturado com solo para produção de mudas de eucalipto, e concluíram que, para a característica altura, avaliada aos 79 dias após a semeadura, a crescente adição desse resíduo orgânico aos substratos (de 20 a 100%) demonstrou efeito negativo proporcional às quantidades utilizadas.

Em relação à massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST), as mudas atingiram valores médios similares quando comparados com outras pesquisas. Gomes (2001) relata que as mudas de eucalipto produzidas em tubetes, avaliadas aos 90 dias, atingiram médias de 0,415 g, 0,205 g e 0,576 g de MSPA, MSR e MST, respectivamente. Trigueiro e Guerrini (2003), com utilização do substrato composto por 80% de bio-sólido e 20% de casca de arroz carbonizada, obtiveram médias de 0,86 g para a MSPA e 0,20 g para a MSR. De acordo com Fonseca et al. (2002), o maior acúmulo de matéria seca da parte aérea pode ser, parcialmente, explicado pelo pequeno volume do recipiente, uma vez que ele restringe a expansão do sistema radicular.

A relação da massa seca da parte aérea com a massa seca da raiz (MSPA/MSR) foi superior nas mudas submetidas à proporção ARS<sub>1</sub>, diferindo estatisticamente das demais proporções. De forma geral, as mudas apresentaram um menor ganho em massa nas raízes, resultando, assim, em maiores valores na relação MSPA/MSR. A maior média dessa relação apresentada na proporção ARS<sub>1</sub> não se harmoniza com o valor proposto por Brissette (1984, apud Cruz et al., 2006), que estabelece 2,0 a melhor relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca de raiz. Paiva e Gomes (1993) relatam que maiores quantidades de N causam desequilíbrio na proporção massa da parte aérea/massa da raiz, favorecendo o crescimento da parte aérea.

As diferentes proporções de adubo mineral e adubo orgânico também não exerceram influência no Índice de Qualidade de Dickson das mudas (IQD). Marana et al. (2008) relatam um valor médio referente ao IQD em mudas de café de 0,21, adubadas com 10 kg de adubo de liberação lenta por m<sup>3</sup> de substrato. Nesta pesquisa, foram encontrados valores médios por volta de 0,05, condizentes com outros valores determinados em estudos com mudas de eucalipto por Krolow (2007). Este autor obteve IQD variando de 0,0125 a 0,13, com a utilização de diferentes misturas compostas por vermicomposto de esterco de bovinos, vermicomposto de esterco de ovinos, vermicomposto de lodo de parboilização do arroz, resíduo de alimentos, resíduo de frutas e casca de arroz carbonizada, além do Plantmax<sup>®</sup>.

Em cada idade das mudas, independentemente das proporções de ARS, as médias das características morfológicas avaliadas foram significativamente maiores pelo teste “F”, em nível de 1% de probabilidade, na fase indicada para plantio, aos 90 dias após a semeadura, com exceção da H/DC (Tabela 2). Com a análise dessas características, pode-se inferir que as mudas com 90 dias de idade estão aptas ao plantio. Aos 75 dias tem-se como limitação ao plantio um menor desenvolvimento do diâmetro do coleto, além dos menores acúmulos de massa nas mudas.

**Tabela 2.** Valores médios das características morfológicas das mudas em função da sua idade aos 75 e 90 dias após a semeadura.

Idades das mudas	H	DC	H/DC	MSPA	MSR	MST	MSPA/ MSR	IQD
dias <sub>1</sub>	Cm	mm	-	g			-	-
DAS <sub>1</sub>	16,25b <sup>2</sup>	1,68b	9,69a	0,49b	0,13b	0,62b	3,86b	0,046b
DAS <sub>2</sub>	21,63a	2,22a	9,72a	0,74a	0,16a	0,91a	4,62a	0,063a

**Nota:** <sub>1</sub> - Dias após a semeadura: DAS<sub>1</sub> (75 dias) e DAS<sub>2</sub> (90 dias); <sub>2</sub> - Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste “F”.

### 3.2. Avaliação do estado nutricional das mudas

As análises estatísticas evidenciaram que as concentrações de potássio (K) e enxofre (S) na folha, e de apenas enxofre (S) no caule e na raiz, foram afetadas pelas proporções de ARS. Verifica-se que a idade das mudas proporcionou significância estatística para quase todas as variáveis avaliadas na folha, exceto para o enxofre (S) e o magnésio (Mg); no caule, com exceção do fósforo (P) e cálcio (Ca); e na raiz, com exceção apenas do potássio (K). Observa-se, ainda, que houve efeito significativo na interação proporções de ARS-DAS apenas para o nitrogênio no caule. Os valores médios referentes às concentrações de macronutrientes obtidos nas diferentes partes das mudas, em função das proporções de ARS, encontram-se na Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores médios de macronutrientes determinados nas diferentes partes das mudas com a utilização do composto de resíduos sólidos urbanos em função das proporções de ARS.

Proporção ARS	g kg <sup>-1</sup>					
	Folha					
	N	P	K	S	Ca	Mg
ARS <sub>1</sub>	27,24	2,76	17,58a	2,26a	7,04	2,54
ARS <sub>2</sub>	27,85	2,83	16,35ab	2,41a	7,27	2,62
ARS <sub>3</sub>	26,95	2,56	14,51bc	2,19a	7,22	2,57
ARS <sub>4</sub>	26,91	2,68	14,64bc	2,18a	7,50	2,74
ARS <sub>5</sub>	26,39	3,00	13,16c	1,49b	7,67	2,96
Caule						
ARS <sub>1</sub>	13,40	4,41	19,93	1,66a	12,08	2,27
ARS <sub>2</sub>	15,50	4,23	20,49	1,59ab	12,54	2,15
ARS <sub>3</sub>	13,14	3,90	19,65	1,48ab	10,07	2,02
ARS <sub>4</sub>	13,40	4,27	21,66	1,29b	10,89	2,08
ARS <sub>5</sub>	14,7	4,73	21,86	0,93c	10,92	2,30
Raiz						
ARS <sub>1</sub>	13,10	2,31	5,41	1,97a	11,84	2,52
ARS <sub>2</sub>	13,33	2,01	5,39	1,69ab	10,36	2,38
ARS <sub>3</sub>	12,01	1,95	6,07	1,44abc	8,9	2,30
ARS <sub>4</sub>	11,85	2,04	6,84	1,28bc	9,59	2,34
ARS <sub>5</sub>	12,17	2,21	5,94	0,98c	10,83	2,50

**Nota:** ARS<sub>1</sub>: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS<sub>2</sub>: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS<sub>3</sub>: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS<sub>4</sub>: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS<sub>5</sub>: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste “Tukey”.

Analisando a Tabela 3, verifica-se que, diante das proporções de ARS, a composta por 100% do adubo mineral (ARS<sub>1</sub>) apresentou maior concentração de K nas folhas, a qual não se diferenciou, apenas, da ARS<sub>2</sub>. Observa-se ainda que a concentração de enxofre translocado para as diferentes partes da muda, no presente caso, folha, caule e raiz, foi inferior com a proporção ARS<sub>5</sub>. Esse nutriente fornecido pela ARS e pelo substrato proporcionou boa absorção pelas mudas, visto que a concentração foliar atingida com a proporção ARS<sub>4</sub> não difere da apresentada pelas plantas submetidas à ARS<sub>1</sub>, em que se forneceu às mesmas 100% de sulfato de amônio como fonte de S. Nota-se que o S apresentou maiores teores nos tecidos foliares. Augusto et al. (2007) encontraram concentrações foliares de enxofre próximas das obtidas neste estudo, apresentando médias de 1,80 e 2,10 g kg<sup>-1</sup> em tratamento convencional e no tratamento com água residuária proveniente do tratamento biológico de esgotos domésticos, respectivamente.

As concentrações de macronutrientes obtidas na análise das diferentes partes das mudas, aos 75 e 90 dias de idade, encontram-se na Tabela 4. Constata-se que, aos 75 dias, as médias foram iguais ou superiores às de 90 dias, ou seja, antes da fase de rustificação. O manejo realizado na rustificação das mudas proporcionou uma redução nas concentrações dos



macronutrientes determinadas nas plantas em virtude do efeito de diluição, causado pelo aumento na produção de massa seca.

**Tabela 4.** Valores médios dos macronutrientes na folha, no caule e na raiz das mudas em função da idade aos 75 e 90 dias após a semeadura.

Idade das mudas dias <sup>1</sup>	g kg <sup>-1</sup>					
	Folha					
	N	P	K	S	Ca	Mg
DAS <sub>1</sub>	28,91a <sup>2</sup>	3,24a	18,41a	2,27a	7,85a	2,79a
DAS <sub>2</sub>	25,34b	2,35b	12,45b	2,20a	6,69b	2,61a
	Caule					
DAS <sub>1</sub>	15,85a	4,54a	21,81a	1,46a	11,41a	2,54a
DAS <sub>2</sub>	12,46b	4,12a	19,84b	1,29b	11,14a	1,80b
	Raiz					
DAS <sub>1</sub>	14,25a	2,53a	5,52a	1,84a	12,78a	3,12a
DAS <sub>2</sub>	10,88b	1,66b	6,24a	1,08b	7,94b	1,72b

**Nota:** <sup>1</sup> - Dias após a semeadura: DAS<sub>1</sub> (75 dias) e DAS<sub>2</sub> (90 dias); Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste “F”.

Em geral, observam-se maiores concentrações de N, S e Mg nas folhas, uma vez que estes elementos participam da constituição de moléculas de clorofila (Souza e Fernandes 2006; Vitti et al., 2006). No caule, houve maiores concentrações de fósforo e de potássio, e na raiz, maior concentração de Ca.

Com a finalidade de estabelecer critérios nutricionais de qualidade das mudas, analisam-se concentrações dos nutrientes existentes nas folhas, e com o auxílio de valores adequados já determinados, faz-se a avaliação do estado nutricional das plantas. Nesta pesquisa, os valores médios foram comparados com as faixas indicadas adequadas por Dell et al. (1995) para macronutrientes.

As concentrações foliares de N e P nas duas idades avaliadas nas mudas foram consideradas adequadas, conforme as faixas estabelecidas. O mesmo não foi verificado para o K, pois sua concentração na folha estava um pouco acima da faixa adequada aos 75 dias e um pouco abaixo do limite mínimo aos 90 dias. As concentrações obtidas desses macronutrientes foram superiores às encontradas por Barroso et al. (2000) aos 75 dias após a semeadura com o substrato alternativo composto por bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro de usina açucareira – BT+N (3:2, v:v) + 6 g kg<sup>-1</sup> de N. Na avaliação das mudas realizada aos 90 dias, as concentrações de N, P e K nas folhas estavam próximas às encontradas por Augusto et al. (2007) ao utilizar água residuária provinda do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*.

Considerando o estado nutricional das mudas nas duas idades avaliadas, verifica-se que elas apresentaram um aspecto nutricional favorável quanto a macronutrientes. Neste caso, propriedades físicas e químicas do substrato SRSU foram favoráveis para uma boa disponibilidade de nutrientes às mudas, visto que a maioria das concentrações nos diferentes compartimentos das mudas não foi influenciada pelas proporções de ARS.

Ainda com relação aos resultados da análise estatística, pode-se verificar que houve interação proporções de ARS-idade das mudas somente para o nitrogênio obtido no caule (Tabela 5). Nota-se que as concentrações de N no caule foram maiores na avaliação aos 75 dias para a proporção ARS<sub>1</sub> e para a ARS<sub>2</sub>, tendo apresentado diferença estatística, em nível

de 1% de probabilidade, pelo teste “F”, quando comparadas às médias determinadas aos 90 dias. As médias apresentadas pelas plantas submetidas às diferentes proporções de ARS aos 75 dias não apresentaram diferença entre si. Aos 90 dias, maior concentração de N no caule foi observada nas plantas submetidas à proporção ARS<sub>5</sub>, diferindo apenas da média apresentada pela ARS<sub>1</sub>. Apesar da ocorrência dessa interação, os fatores proporções de ARS e idade das mudas não agiram conjuntamente sobre o desenvolvimento das plantas para a maioria das características estudadas.

**Tabela 5.** Valores da análise do desdobramento da interação entre proporções de ARS e idades das mudas para o nitrogênio no caule.

Idades das mudas dias <sup>1</sup>	Proporções de ARS (g kg <sup>-1</sup> )				
	ARS <sub>1</sub>	ARS <sub>2</sub>	ARS <sub>3</sub>	ARS <sub>4</sub>	ARS <sub>5</sub>
DAS <sub>1</sub>	17,00aA <sup>2</sup>	18,28aA	14,27aA	14,32aA	14,88aA
DAS <sub>2</sub>	9,80bB	12,71abB	12,01abA	12,49abA	14,51aA

**Nota:**<sup>1</sup> - Dias após a semeadura: DAS<sub>1</sub> (75 dias) e DAS<sub>2</sub> (90 dias); Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A proporção ARS<sub>3</sub> (50% de ARS) seria a mais indicada para a adubação das mudas de *Eucalyptus urophylla*, pois são verificadas maiores concentrações para a maioria dos nutrientes avaliados nas diferentes partes das mudas que não diferem estatisticamente da maior média apresentada pela proporção ARS<sub>1</sub> para macronutrientes e ARS<sub>5</sub> para micronutrientes.

## 4. CONCLUSÕES

A proporção de 50% de ARS é a que resulta em maiores concentrações de nutrientes nas mudas nas mudas de eucalipto cultivadas com o composto de resíduos sólidos urbanos.

As mudas atingem padrões morfológicos adequados para o plantio no campo aos 90 dias após a semeadura.

Aos 75 e 90 dias após a semeadura, as mudas apresentam teores adequados para a maioria dos nutrientes.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) pelo apoio para o desenvolvimento do trabalho e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

## 6. REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; SANFUENTES, E.; TEIXERA, A. D.; MILANI, D. Mofocinza, causado por *Botrytis cinerea* (Persoon ex Fries) em estacas e microestacas de *Eucalyptus sp.*, resistência a benomil e erradicação de inóculo do patógeno com água quente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 23, p. 497-500, 1999.

BATISTA, R. O.; MARTINEZ, M. A.; PAIVA, H. N.; BATISTA, R. O.; CECON, P. R. Efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substrato de resíduos sólidos urbanos. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 180-191, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1122>)

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. New York, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS. **Relatório anual 2011**. São Paulo. Disponível em: <[http://www.abipecs.org.br/relatorios/relatório2011\\_P.pdf](http://www.abipecs.org.br/relatorios/relatório2011_P.pdf)>. Acesso em: 20 de mar. 2013.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 745-751, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000400020>

BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* produzidas em tubetes e em blocos prensados, com diferentes substratos. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 238-250, 2000.

BATISTA, R. O. **Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento utilizado na aplicação de água residuária de suinocultura**. 2007. 146 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 537-543, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000400006>

DELL, B.; MALAJACZUK, N.; GROVE, T. S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1995. 104 p.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N.A.N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000400015>

GALBIATTI, J. A.; LUI, J. J.; SABONARO, D. Z.; BUENO, L. F.; SILVA, V. L. Formação de mudas de eucalipto com utilização de lixo orgânico e níveis de irrigação calculados por dois métodos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 445-455, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000300013>

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

BATISTA, R. O.; MARTINEZ, M. A.; PAIVA, H. N.; BATISTA, R. O.; CECON, P. R. Efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substrato de resíduos sólidos urbanos. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 180-191, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1122>)

---

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **CD-ROM...** Águas de Lindóia: USP/ESALQ/ SBCS/CEA/SLACS/SBM. 1996.

GUERREIRO, C. A.; COLLI JÚNIOR, G. Controle de qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. na Champion Papel e Celulose S. A. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE Métodos DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984. p. 127-133.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KROLOW, I. R. C. **Produção de mudas de eucalipto em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais, compostados e vermicompostados**. 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P.; KAINUMA, R. H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 39-45, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000100007>

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa: UFV, 1993. 56 p.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 64, p. 150-162, 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema para Análises Estatísticas – SAEG: versão 9.1**. 2007. Viçosa, 2007.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 298-325.