

EFEITO DO SOMBREAMENTO E DO SUBSTRATO SOBRE A GERMINAÇÃO E O CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Acacia mangium* E *Acacia mearnsii*

EFFECT OF SHADING AND SUBSTRATE ON THE GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF *Acacia mangium* AND *Acacia mearnsii*

Cibele Chalita Martins¹ José Diego Rodrigues da Silva²
Maria Renata Rocha Pereira³ Silvia Sanielle Costa de Oliveira⁴

RESUMO

A germinação rápida e uniforme das sementes, seguida por pronta emergência das plântulas, são características altamente desejáveis na formação de mudas. Estudos com a finalidade de viabilizar a utilização de resíduos orgânicos como o lodo de esgoto e a casca de *pinus* na cadeia produtiva representam uma demanda atual. O objetivo deste trabalho foi identificar condições de sombreamento e substrato favoráveis ao processo de germinação das sementes e crescimento de plântulas de *Acacia mangium* e *Acacia mearnsii*. Após a superação da dormência, por imersão em água quente, as sementes foram semeadas em três tipos de substratos: substrato comercial Plantmax florestal (testemunha), casca de *pinus* e mistura de casca de *pinus* com biossólido (1:1). Os tubetes foram colocados em viveiro, sob duas condições de sombreamento: 50% e 30%, e a pleno sol (0%), como testemunha. Os parâmetros avaliados foram: velocidade e porcentagem de germinação (diariamente, até 30 dias) e comprimento da parte aérea de plântulas (semanalmente, de 75 a 150 dias). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com os tratamentos dispostos em um fatorial 3 x 3, os resultados foram submetidos à análise de regressão e teste T. Maiores porcentagens de germinação foram obtidas na semeadura de *Acacia mangium* em casca de *pinus* sob 30% de sombreamento, e substrato comercial sob 30 e 50% de sombreamento e para *Acacia mearnsii* em casca de *pinus* sob 50% de sombreamento, ou substrato comercial a pleno sol. Para ambas as espécies, as plântulas cresceram mais rapidamente e atingiram maior tamanho final no substrato casca de *pinus* com biossólido e em qualquer condição de sombreamento (30 e 50 %) e a pleno sol, antecipando a produção de mudas.

Palavras-chave: espécie florestal; casca de *pinus*; sementes; lodo de esgoto.

ABSTRACT

The speed and uniform germination of seeds, followed by the prompt seedling emergence, are highly desirable characteristics in seedling production. Studies aiming to enable the use of organic waste such as sewage sludge and pine bark in the supply chain represent a current demand. The aim of this study was to identify conditions of shading and substrate which are more favorable to the process of seed germination and seedling growth of *Acacia mangium* and *Acacia mearnsii*. After overcoming dormancy in hot water, the seeds were sown in three substrates: substrate plantmax commercial forest (control), pine bark and pine bark mixed with biosolids (1:1). The tubes were placed in a tree nursery under three shading conditions: 50%, 30% and 0% (full sun). The evaluated parameters were: speed and germination percentage (daily until 30 days) and shoot length of seedlings (weekly from 75 to 150 days). The experiment was a completely randomized design with treatments in a factorial 3 x 3 and the results were submitted to regression analysis.

1. Engenheira Agrônoma, Dra, Professor Assistente de doutor da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Via Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal (SP) cibele@fcav.unesp.br
 2. Tecnólogo em Silvicultura, Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, Curso superior de Tecnologia em Silvicultura, Rua Amantino de Oliveira Ramos, 60, CEP 18300-000, Capão Bonito (SP). jdrs_tm@yahoo.com.br
 3. Engenheira Florestal, Pós-doutoranda do Curso de Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista, Caixa Postal 237, CEP 18610-307, Botucatu (SP). mariarenata10@hotmail.com
 4. Engenheira Agrônoma, Doutoranda do Curso de Agricultura, Universidade Estadual Paulista, Caixa Postal 237, CEP 18610-307, Botucatu (SP). silviasanielle@fca.unesp.br
- Recebido para publicação em 02/01/2011 e aceito em 11/05/2011

The highest germination was obtained in the sowing of *Acacia mangium* in pine bark at 30% shading and commercial substrate at 30 and 50% shading for *Acacia mearnsii* in pine bark under 50% shading or commercial substrate in full sun. For both species, seedlings grew faster and reached larger size in the final substrate of pine bark with biosolids and in any condition of shading (30 e 50 %) and full sun, anticipating the production of seedlings.

Keywords: forest species; pine bark; seeds; sewage sludge.

INTRODUÇÃO

Dentre as espécies do gênero *Acacia*, que apresentam importância para a silvicultura brasileira, destacam-se a *Acacia mangium* Willd. e a *Acacia mearnsii* Willd., devido ao alto valor comercial da madeira, crescimento rápido, capacidade de fixação de nitrogênio e de recuperação de solo em áreas degradadas, qualidades estas compatíveis ou superiores em relação a outras espécies florestais de grande potencial no mercado (TONIETTO e STEIN, 1997; TONINI e HALFELD-VIEIRA, 2006). Portanto, a demanda por mudas destas espécies para a implantação de áreas de exploração comercial vem aumentando (TONIETTO e STEIN, 1997; ANDRADE et al., 2003).

Dentre as práticas adotadas por viveiros comerciais para maximizar a produção de mudas, pode-se citar a utilização de substratos e sombreamento adequados às espécies produzidas, as pesquisas sobre o assunto têm alicerçado o desenvolvimento da produção e comercialização especializada de mudas (FACHINELLO et al., 1995).

Os substratos têm a função de servir de suporte para a muda, favorecer o desenvolvimento do sistema radicular, possibilitar a formação de um torrão firme, ter capacidade de retenção de nutrientes e umidade (FACHINELLO et al., 1995). Existem substratos produzidos em escala industrial como o Plantmax florestal, tradicionalmente utilizado em viveiros para a produção de mudas de *pinus* e *Eucalyptus*, este substrato apresenta na sua formulação casca de *pinus*, vermiculita, turfa, calcário e adubo químico.

No entanto, existem resíduos e subprodutos da atividade urbana e industrial que podem ser utilizados como substrato, diminuindo os custos de produção, tais como as cascas de *pinus* e o biossólido. Devido à grande quantidade gerada destes resíduos, à localização descentralizada e as distâncias dos potenciais consumidores e aos custos para o transporte, fazem com que tais resíduos não sejam integralmente utilizados (MAEDA et al., 2007).

Estudos com a finalidade de viabilizar a utilização destes resíduos representam uma demanda atual, pois os sistemas de produção são favorecidos pelo uso de insumos regionais e de baixo custo, além dos benefícios ambientais (GUERRINI e TRIGUEIRO, 2004; MAEDA et al., 2007).

A casca de *pinus* constitui um dos resíduos da atividade madeireira e costuma ser deixado no campo após o corte das árvores, para a cobertura do solo e proteção contra erosão, pois apresenta lenta degradação e altos índices de cálcio e magnésio; este subproduto também é utilizado na produção de substrato comercial (MAEDA et al., 2007; NÓBREGA et al., 2007).

No caso do lodo de esgoto, a presença de grandes índices de metais pesados costuma limitar seu uso na agricultura devido ao risco de contaminação humana por ingestão de alimentos. O biossólido é um subproduto das estações de tratamento de esgoto resultante do processo de estabilização do lodo, constituindo a parte sólida deste (GUERRINI e TRIGUEIRO, 2004). O biossólido é rico em matéria orgânica e fósforo e promove o aumento de teores de potássio, cálcio e magnésio, melhorando a fertilidade do substrato (MODESTO et al., 2009). Antes de ser disponibilizado para os interessados, o biossólido passa por processos de redução de patógenos e metais pesados (GUERRINI e TRIGUEIRO, 2004). Portanto, o biossólido pode ser utilizado como componente de substratos destinados ao cultivo de mudas de espécies florestais, tendo em vista a economia de fertilizantes que esse material proporciona (CUNHA et al., 2006; NÓBREGA et al., 2007; MODESTO et al., 2009; DUARTE et al., 2011).

Para a produção de mudas florestais, foram relatados resultados promissores do uso do biossólido em mistura com casca de arroz carbonizada e solo para *Eucalyptus grandis* (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2003) e *Schinus terebinthifolius* (NÓBREGA et al., 2007), respectivamente. Para *Acacia mangium* e *A. auriculiformes*, também foram obtidos bons resultados na produção de mudas, mas

em substrato de biossólido puro e com plantio de sementes inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio (CUNHA et al., 2006).

A luz está diretamente ligada à fotossíntese, sua intensidade e quantidade podem acelerar ou diminuir a germinação, no caso de sementes fotoblásticas positivas, além de alterar o metabolismo e crescimento das plântulas (MARCOS FILHO, 2005). A demora em relação à emergência das plântulas eleva o custo da produção de mudas. Pode-se avaliar a magnitude da necessidade de luz de uma espécie por meio de sombreamento artificial no viveiro, o que confere uniformidade de iluminação e permite isolar e quantificar o efeito da luz (PORTELA et al., 2001).

Em condições de laboratório, verificou-se a ocorrência da germinação de *Acacia mearnsii* na presença ou ausência de luz, portanto a espécie não se mostrou exigente em termos de luminosidade para a germinação. No entanto, em condições de 12 horas de luz os índices de germinação apresentaram-se mais elevados e a ausência de luz provocou o aparecimento de plântulas estioladas, comprometendo a sobrevivência (MARTINS-CORDER et al., 1999). Não foram encontradas informações sobre a influência da luz sobre a germinação e a produção de mudas de *Acacia mangium*.

Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar as condições de sombreamento e o substrato favoráveis ao processo de germinação das sementes e crescimento de plântulas de *Acacia mangium* e *Acacia mearnsii*.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *Acacia mangium* utilizadas na pesquisa foram colhidas em Brejo Alegre/SP e as de *Acacia mearnsii* em Butiá/RS, em um número superior a 15 plantas matrizes. Por ocasião da instalação do experimento, as sementes foram submetidas a tratamentos de quebra de dormência mediante imersão em água quente (90°C) por 1 minuto (SMIDERLE et al., 2004). O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal Ipê, localizado no município de Buri/SP, latitude 23°45'42.18"S e longitude 48°36'34.85"W Gr., a 682m de altitude. As temperaturas médias mínimas e máximas vigentes durante o período experimental foram de 23,3°C e 12,3°C, respectivamente.

Os substratos utilizados foram três: substrato comercial Plantmax florestal, casca de

pinus e mistura de casca de *pinus* com biossólido na proporção 1:1. Os substratos *pinus* e biossólido foram passados por peneira de malha de 10 mm, para garantir a uniformização dos grânulos, favorecer o acondicionamento do substrato dentro do tubete evitando bolsas de ar e garantir a homogeneização do tratamento de mistura. O substrato comercial Plantmax não passou por peneira, por vir preparado de fábrica e constituir o tratamento testemunha.

O biossólido utilizado no experimento foi produzido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) na estação de tratamento de esgotos da cidade de Itaberá/SP. A análise química dos substratos está apresentada na Tabela 1.

Os substratos foram colocados em tubetes de polipropileno de 55 cm³ sobre bandejas suspensas por estruturas de arames de aço a 80 cm do solo. Na semeadura foram utilizadas duas sementes por tubete e na ocorrência de duas plântulas, por ocasião da contagem de germinação, a menor foi descartada. No viveiro as bandejas foram colocadas sob duas condições de sombreamento: 50% e 30% e a pleno sol. Nos sombreamentos de 50% e 30%, utilizaram-se telas de malha de HDPE virgem do tipo sombrite da marca Solpack, na proporção de intensidade de passagem da luz.

As sementes germinadas foram contadas diariamente, quando apresentaram emissão da parte aérea da plântula igual, ou maior, a 2 mm, até 30 dias após a semeadura. O comprimento da parte aérea das plântulas foi avaliado de 75 até 150 dias após a semeadura, a cada 15 dias, totalizando 6 medições, utilizando-se uma trena milimetrada.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos alocados em um arranjo fatorial 3 x 3 (substrato x sombreamento) com quatro repetições de 45 tubetes por tratamento. As médias dos tratamentos para a porcentagem final de germinação e comprimento de plântulas aos 150 dias foram comparadas pelo teste T a 5 % de significância. Os tratamentos foram avaliados ao longo do tempo, mediante a submissão dos dados à análise de regressão polinomial, empregando-se a equação que melhor se ajustou aos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está apresentada a germinação de sementes de *Acacia mangium* em avaliações diárias durante 30 dias no substrato comercial

TABELA 1: Composição química dos substratos Plantmax florestal (SC), casca de *pinus* (CP) e mistura de casca de *pinus* com biossólido (CPB) utilizados no trabalho.

TABLE 1: Chemical composition of substrates plantmax Forest (SC), pine bark (PB), and a mixture of sewage sludge with pine bark (CPB) used at work.

Elementos	Método utilizado ¹	Unidade	SC	CP	CPB
Fósforo	Resina	mg/dm ³	130	20	116
Matéria Orgânica	Oxidação	g/dm ³	138	153	144
pH	CaCl ₂	-	5,6	6,0	5,4
pH Tampão	SMP	-	6,34	7,06	6,23
Potássio	Resina	mmolc/dm ³	2,9	2,9	1,0
Cálcio	Resina	mmolc/dm ³	79	81	90
Magnésio	Resina	mmolc/dm ³	63	46	12
Sódio	Mehlich	mmolc/dm ³	0,4	0,6	0,3
Acidez total (H+Al)		mmolc/dm ³	30	14	33
Acidez trocável (Al)	KCl	mmolc/dm ³	0	0	0
Acidez residual (H)		mmolc/dm ³	30	14	33
Capacidade de troca de cátions		mmolc/dm ³	175,3	144,5	136,3
Soma de bases trocáveis		mmolc/dm ³	145,3	130,5	103,3
Saturação por bases		%	83	90	76
Saturação por Al		%	0	0	0
Enxofre	Ca ₃ (PO ₄) ₂	mg/dm ³	6	114	48
Boro	Água Quente	mg/dm ³	0,83	0,92	1,08
Cobre	DTPA	mg/dm ³	0,6	1,7	7,4
Ferro	DTPA	mg/dm ³	87	63	161
Manganês	DTPA	mg/dm ³	4,7	4,7	5,1
Zinco	DTPA	mg/dm ³	2	7,4	38,2
% de Potássio na C.T.C.		%	1,7	2	0,7
% de Cálcio na C.T.C.		%	45,1	56,1	66
% de Magnésio na C.T.C.		%	35,9	31,8	8,8
% de Sódio na C.T.C.		%	0,2	0,4	0,2
% de Alumínio na C.T.C.		%	< 0,1	< 0,1	< 0,1
% de Hidrogênio na C.T.C.		%	17,1	9,7	24,2
Relação Ca/K		-	27,2	27,9	90
Relação Ca/Mg		-	1,3	1,8	7,5
Relação Mg/K		-	21,7	15,9	12

Em que: 1. Silva (2009); CTC = Capacidade de troca catiônica.

Plantmax florestal (SC), mistura de casca de *pinus* com biossólido (CPB) e casca de *pinus* (CP) sob condições de sombreamento de 30%, 50% e a pleno sol (0%). As curvas de germinação foram estabelecidas com base nas seguintes equações: SC 0 ($y = -0,022x^2 + 2,936x - 11,552$); CP 0 ($y = 0,006x^2 + 2,085x - 10,05$); CPB 0 ($y = 0,046x^2 + 0,655x - 5,265$); SC 30 ($y = 0,058x^2 + 1,029x - 8,161$); CP 30 ($y = 0,061x^2 + 0,735x - 6,427$); CPB 30 ($y = 0,066x^2 + 0,163x - 3,698$); SC 50 e CP50 ($y = 0,080x^2 + 0,052x - 3,253$); CPB 50 ($y = 0,038x^2 + 0,833x - 6,039$) e os dados ajustaram-se de modo adequado

às equações, apresentando altos coeficientes de determinação, com valores entre 0,91 e 0,96.

Nota-se que as combinações de substrato e sombreamento mais favoráveis à velocidade de germinação foram: substrato comercial na condição de sombreamento 30 e 50% (SC30% e SC50%), seguida pelo substrato casca de *pinus* na condição de sombreamento 30% (Figura 1). Nestas condições a germinação máxima, de aproximadamente 60% foi atingida aos 30 dias após a semeadura. No entanto, verificou-se que a porcentagem final de germinação de *Acacia mangium* não foi afetada

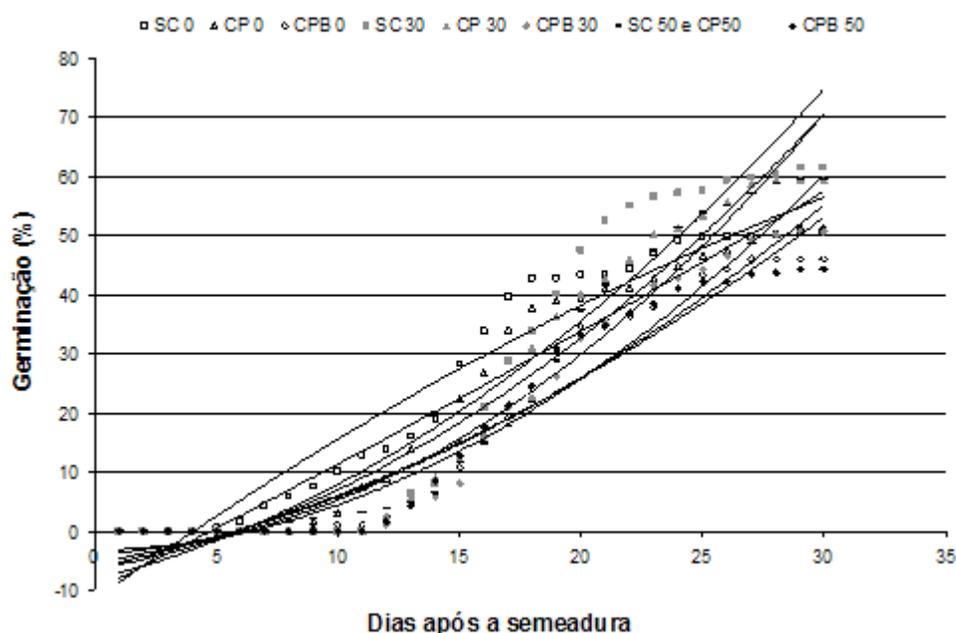


FIGURA 1: Germinação das sementes de *Acacia mangium* estabelecidas com base em avaliações diárias, durante 30 dias, nos substratos Plantmax florestal substrato comercial (SC), casca de *pinus* (CP) e mistura de casca de *pinus* com biossólido (CPB), nas condições de sombreamento de 50%; 30% e 0% (pleno sol). Buri/SP, 2010.

FIGURE 1: Germination of *Acacia mangium* seeds in daily evaluations for 30 days on plantmax commercial substrate (CS), pine bark (PB), and a mixture of pine bark with biosolids(CPB) in the shade conditions of 50% and 30% 0% (full sun). Buri, SP, 2010.

pelas condições de luz ou pela interação substrato e luz (Figura 2). Somente em condições específicas de sombreamento de 50% verificou-se maior germinação final das sementes plantadas na mistura de casca de *pinus* com biossólido.

Na Figura 3 encontra-se apresentada a germinação de sementes de *Acacia mearnsii* em diferentes combinações de substrato e sombreamento. As curvas de germinação foram estabelecidas por meio das seguintes equações: SC 0 ($y = -0,147x^2 + 6,175x - 11,113$); CP 0 ($y = -0,097x^2 + 4,383x - 10,849$); CPB 0 ($y = -0,078x^2 + 3,984x - 13,442$); SC 30 ($y = -0,115x^2 + 5,157x - 12,998$); CP 30 ($y = -0,112x^2 + 4,905x - 11,496$); CPB 30 ($y = -0,094x^2 + 4,415x - 10,773$); SC 50 ($y = -0,107x^2 + 4,694x - 9,962$); e CP50 ($y = -0,126x^2 + 5,621x - 12,853$); CPB 50 ($y = -0,083x^2 + 3,858x - 9,420$) e os dados ajustaram-se de modo adequado às equações apresentando altos coeficientes de determinação, com valores entre 0,90 e 0,96. As curvas de germinação ilustram a velocidade em que o processo ocorre e a distribuição da germinação ao longo do tempo (SANTANA e RANAL, 2004). Assim, o estabelecimento do ápice das curvas entre 20 e 24 dias, dependendo da combinação de

substratos e sombreamento utilizado, permite inferir que, a partir deste momento, a germinação cessou, iniciando-se o declínio da curva.

Verificou-se nas Figuras 3 e 4 que as condições mais favoráveis à velocidade e porcentagem final de germinação foram obtidas na semeadura em substrato comercial Plantmax e sombreamento 0% (SC0%) e substrato casca de *pinus* sob sombreamento de 50% (CP50%), pois nestas condições a germinação máxima de aproximadamente 50% foi atingida aos 20 dias após a semeadura (Figura 3). Assim, para sementes de *Acacia mearnsii* verificou-se a importância da interação entre os fatores luz e substrato sobre a porcentagem final de germinação e da escolha adequada desses fatores para maximizar a germinação da espécie em viveiro comercial (Figura 4).

O desempenho germinativo inicial favorável de ambas as espécies estudadas, verificado nas Figuras 1 e 2, para o substrato comercial Plantmax florestal (testemunha), pode ser justificado pela formulação do mesmo, de modo a permitir maior velocidade de emergência das plântulas. No entanto, para as duas espécies de acácia estudadas, verificou-

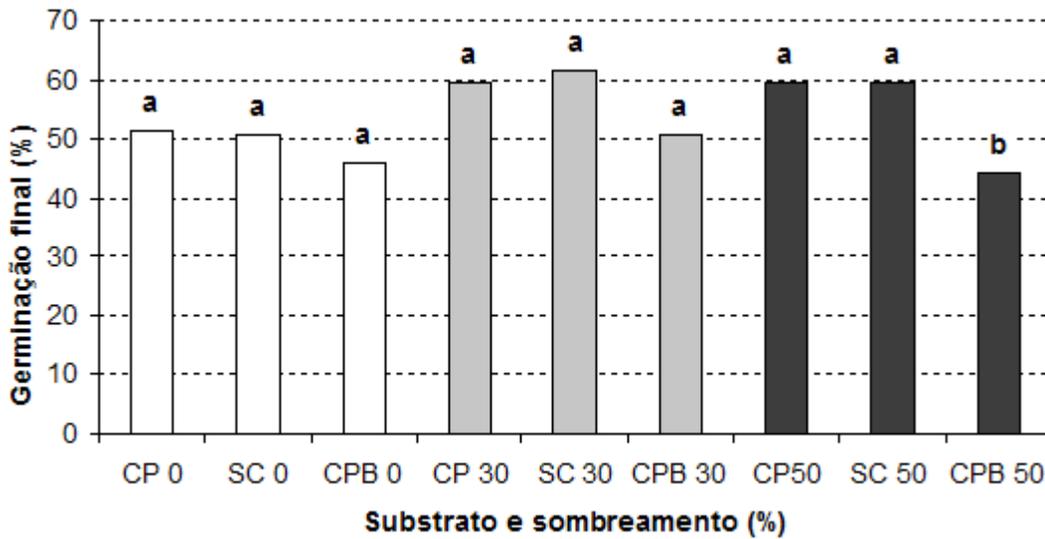


FIGURA 2: Porcentagem final de germinação de *Acacia mangium*, nos substratos Plantmax florestal substrato comercial (SC), casca de *pinus* (CP) e mistura de casca de *pinus* com biossólido (CPB) nas condições de sombreamento de 50%; 30% e 0% (pleno sol). Colunas com mesma cor e letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($P < 0,05$); F substrato = 7,40**; F luz = 3,51ns; F substrato x luz = 0,787ns; CV% = 10,61. Buri/SP, 2010.

FIGURE 2: Final percentage of germination of *Acacia mangium* seeds on plantmax commercial substrate (CS), pine bark (PB), and a mixture of pine bark with biosolids(CPB) in the shade conditions of 50% and 30% 0% (full sun). Columns with the same color and letter do not differ significantly by the t test ($P < 0,05$). Buri, SP, 2010.

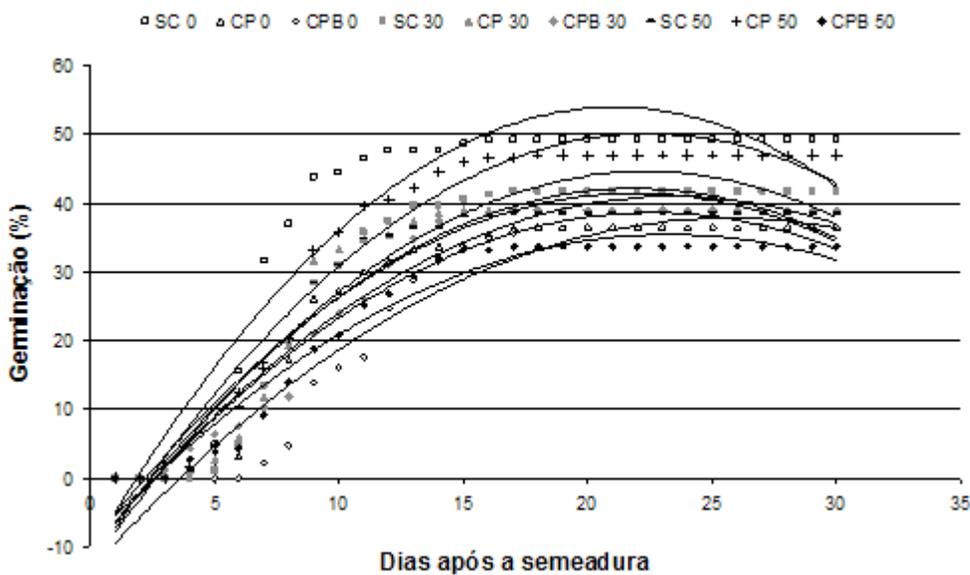


FIGURA 3: Germinação das sementes de *Acacia mearnsii* estabelecidas com base em avaliações diárias durante 30 dias, nos substratos Plantmax florestal (SC), casca de *pinus* (CP) e mistura de casca de *pinus* com biossólido (CPB) e condições de sombreamento de 50; 30 e 0% (pleno sol).

FIGURE 3: Germination of *Acacia mearnsii* seeds in daily evaluations for 30 days on plantmax commercial substrate (CS), pine bark (PB), and a mixture of pine bark with biosolids(CPB) in the shade conditions of 50% and 30% 0% (full sun). Buri, SP, 2010.

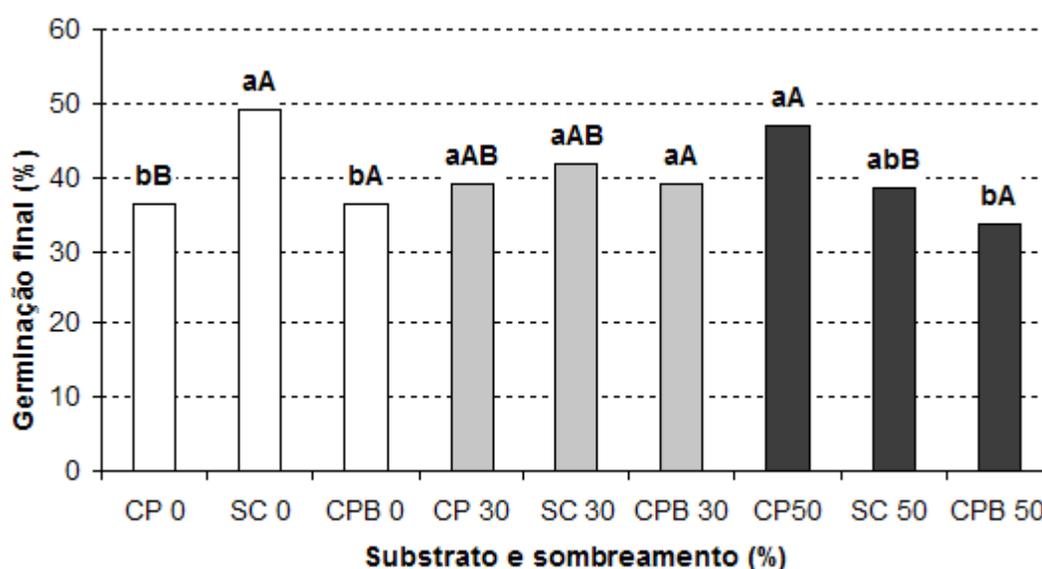


FIGURA 4: Porcentagem final de germinação de *Acacia mearnsii*, nos substratos Plantmax florestal substrato comercial (SC), casca de *pinus* (CP) e mistura de casca de *pinus* com biossólido (CPB) nas condições de sombreamento de 50%; 30% e 0% (pleno sol). Colunas com mesma letra minúscula na comparação entre substratos dentro do mesmo sombreamento e maiúsculas na comparação entre sombreamentos para o mesmo substrato não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($P < 0,05$); F substrato = 4,72*; F luz = 0,02ns; F substrato x luz = 4,09*; CV% = 12,32. Buri/SP, 2010.

FIGURE 4: Final percentage of germination of *Acacia mearnsii* seeds on plantmax commercial substrate (CS), pine bark (PB), and a mixture of pine bark with biosolids(CPB) in the shade conditions of 50% and 30% 0% (full sun). Columns with same lowercase letter in the comparison between substrates in the same shading and same capital letters in the comparison between shading in the same substrate did not differ significantly by the t test ($P < 0.05$). Buri, SP, 2010.

se que a casca de *pinus* triturada constitui uma opção de substrato com desempenho equivalente no âmbito da germinação de sementes e de mais baixo custo que o substrato comercial para regiões que dispõem deste resíduo orgânico.

Na Tabela 1, verificou-se que todos os substratos apresentaram o pH entre 5,4 e 6,0, faixa considerada adequada para a produção de mudas florestais em tubetes (VALERI e CORRADINI, 2000). A saturação por alumínio encontrada foi baixa em todos os substratos avaliados (CFSEMG, 1999), validando a utilização destes para a produção de mudas, pois o Al^{3+} constitui um fator limitante ao desenvolvimento radicular das plantas, uma vez que provoca encurtamento, engrossamento e redução na emissão de novas raízes (MALAVOLTA et al., 1997).

Os teores de matéria orgânica e capacidade de troca catiônica foram relativamente altos nos três substratos avaliados (Tabela 1). A alta capacidade de troca catiônica é importante para a retenção de nutrientes em forma disponível para as mudas

(VALERI e CORRADINI, 2000). Além disso, a biodegradação da matéria orgânica produz ácidos orgânicos que são agentes complexadores de metais pesados, que podem estar presentes no substrato com biossólido; este fato diminuiria a disponibilidade de metais pesados para as plantas (NÓBREGA et al., 2007).

Ao comparar o desempenho germinativo das espécies estudadas (Figuras 1 e 3), verifica-se que, sob condições favoráveis, a *Acacia mearnsii* apresenta velocidade de germinação maior que a *Acacia mangium*. Quanto ao sombreamento, as sementes de *Acacia mangium* apresentaram baixa porcentagem de germinação e, portanto, menor adaptação para germinar sob condição de pleno sol do que a *Acacia mearnsii*. A germinação relativamente baixa a pleno sol da *Acacia mangium*, observada nesse trabalho, discorda da literatura a respeito dessas espécies, classificadas como de sucessão ecológica primária (MARTINS-CORDER et al., 1999; TONIETTO e STEIN, 1997; TONINI e HALFELD-VIEIRA, 2006).

Nas Figuras 5 e 6 estão apresentadas as curvas de crescimento da parte aérea das plântulas de *Acacia mangium* e *Acacia mearnsii*, respectivamente, de 75 a 150 dias após a semeadura. As curvas foram estabelecidas por meio das seguintes equações para *Acacia mangium* (Figura 5): SC 0% ($y = -0,0003x^2 + 0,0872x - 3,228$); CP 0% ($y = -0,0003x^2 + 0,0962x - 3,778$); CPB 0% ($y = 0,0002x^2 + 0,03x - 1,691$); SC 30% ($y = -0,0003x^2 + 0,081x - 3,509$); CP 30% ($y = -0,0002x^2 + 0,069x - 2,671$); CPB 30% ($y = 0,0002x^2 + 0,042x - 2,6$); SC 50% ($y = -0,0002x^2 + 0,077x - 2,90$); CP50% ($y = -0,0003x^2 + 0,084x - 3,104$); CPB 50% ($y = 0,0003x^2 + 0,006x - 0,249$). Para *Acacia mearnsii* (Figura 6) as equações ajustadas foram as seguintes: SC 0% ($y = -0,0004x^2 + 0,112x - 5,422$); CP 0% ($y = -1E-04x^2 + 0,043x - 1,648$); CPB 0% ($y = -0,0001x^2 + 0,084x - 4,369$); SC 30% ($y = -0,0002x^2 + 0,078x - 3,287$); CP 30% ($y = -0,0003x^2 + 0,089x - 4,277$); CPB 30% ($y = 0,0001x^2 + 0,046x - 2,816$); SC 50% ($y = -6E-05x^2 + 0,043x - 1,65$); CP50% ($y = -0,0001x^2 + 0,055x - 2,314$); CPB 50% ($y = 0,0002x^2 + 0,018x - 0,856$). Os dados ajustaram-se de modo adequado às equações, apresentando altos coeficientes de determinação, com valores entre

0,96 e 0,99.

No início do período de crescimento de ambas as espécies, de 75 até 90 dias, a altura das plântulas foi semelhante em todos os tratamentos, a partir dos 105 dias da semeadura, as plantas do substrato composto por mistura de casca de *pinus* com biofósforo (CPB), nas duas condições de sombreamento e a pleno sol, destacaram-se progressivamente das demais. Assim, ao final de 150 dias as plantas de *Acacia mangium* semeadas em casca de *pinus* com biofósforo (CPB) (Figuras 5 e 7) apresentaram altura significativamente superior às demais, apresentando valores entre 6,5 e 7,5 cm, praticamente o dobro da mensurada nos demais substratos (entre 3,0 e 4,0 cm) e as plantas de *Acacia mearnsii* (Figuras 6 e 8) apresentaram altura entre 5,0 e 6,5 cm, também significativamente superior à altura dos demais substratos entre 2,3 e 3,6 cm. Não foi verificado efeito do sombreamento, ou da interação, entre substrato e sombreamento sobre a altura das plântulas de ambas as espécies (Figuras 7 e 8).

Nas Figuras 5, 6, 7 e 8, o efeito favorável e progressivo ao desenvolvimento das plântulas de ambas as espécies estudadas no substrato CPB

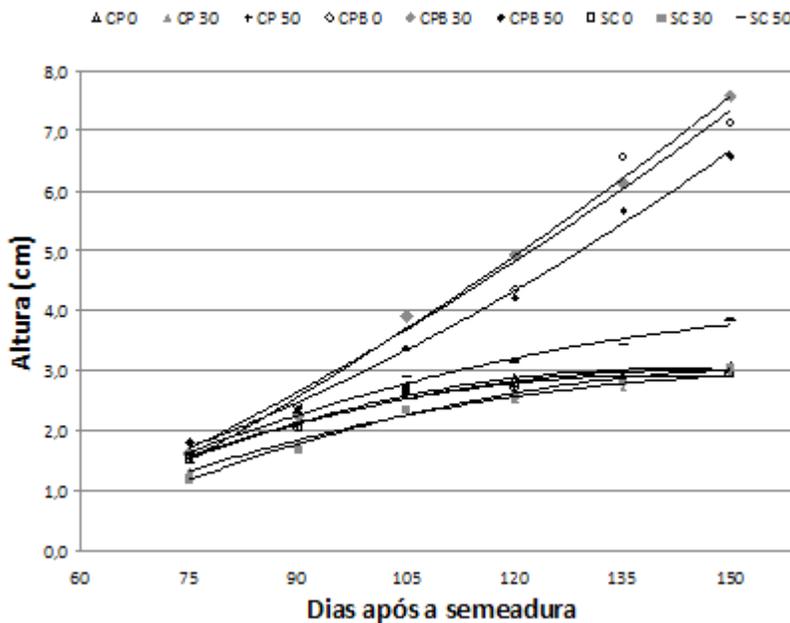


FIGURA 5: Altura de plântulas de *Acacia mangium*, estabelecida com base em medições quinzenais, iniciada aos 75 dias até 150 dias após a semeadura, nos substratos Plantmax florestal (SC), casca de *pinus* (CP) e mistura de casca de *pinus* com biofósforo (CPB) e condições de sombreamento de 50; 30 e 0% (pleno sol). Buri/SP, 2010.

FIGURE 5: Seedlings height of *Acacia mangium* in biweekly measurements from 75 to 150 days after sowing in the substrate plantmax (SC), pine bark (PB), and a mixture of pine bark with biosolids (CPI) at shade conditions 50, 30 and 0% (full sun). Buri, SP, 2010.

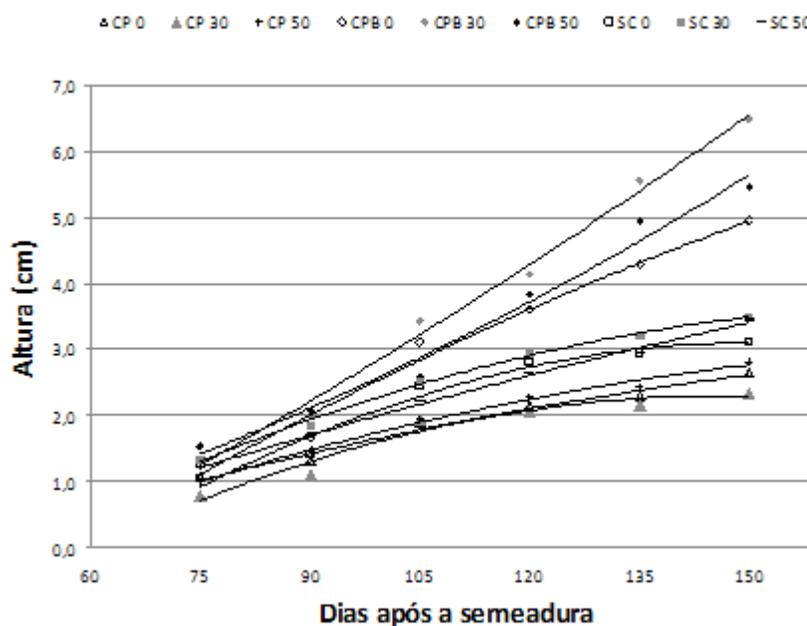


FIGURA 6: Altura de plântulas de *Acacia mearnsii*, estabelecida com base em medições quinzenais, iniciada aos 75 dias até 150 dias após a sementeira, nos substratos Plantmax florestal (SC), casca de *pinus* (CP) e mistura de casca de *pinus* com biossólido (CPB) e condições de sombreamento de 50; 30 e 0% (pleno sol). Buri/SP, 2010.

FIGURE 6: Seedlings height of *Acacia mearnsii* in biweekly measurements from 75 to 150 days after sowing in the substrate plantmax (SC), pine bark (PB), and a mixture of pine bark with biosolids (CPI) at shade conditions 50, 30 and 0% (full sun). Buri, SP, 2010.

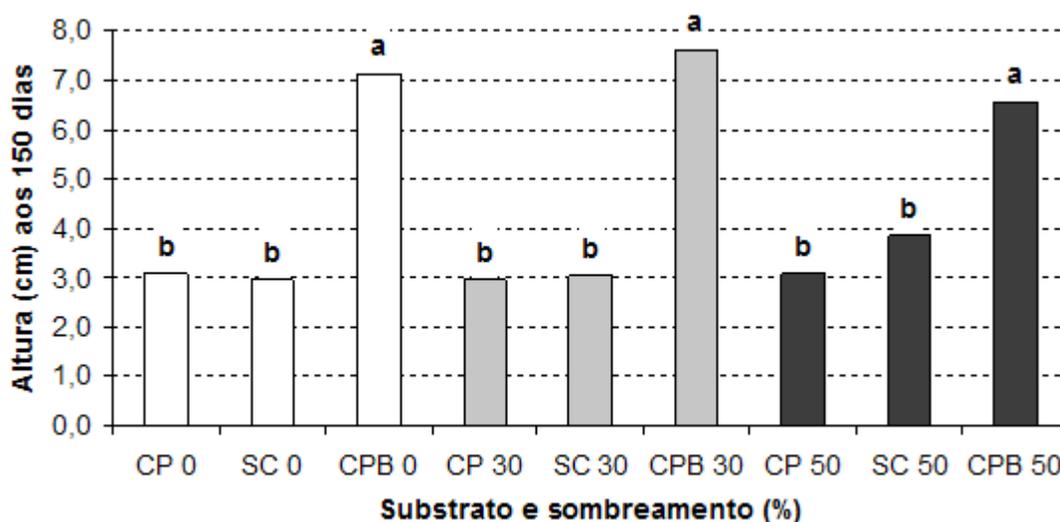


FIGURA 7: Altura de plântulas de *Acacia mangium* aos 150 dias após a sementeira, nos substratos Plantmax florestal (SC), casca de *pinus* (CP) e mistura de casca de *pinus* com biossólido (CPB) e condições de sombreamento de 50; 30 e 0% (pleno sol). Colunas com mesma cor e letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($P < 0,05$); F substrato = 132,33**; F luz = 0,33ns; F substrato x luz = 1,67ns; CV% = 12,37. Buri/SP, 2010.

FIGURE 7: Seedlings height of *Acacia mangium* at 150 days after sowing in the substrate plantmax (SC), pine bark (PB), and a mixture of pine bark with biosolids (CPI) at shade conditions 50, 30 and 0% (full sun). Columns with the same color and letter do not differ significantly by the t test ($P < 0,05$). Buri, SP, 2010.

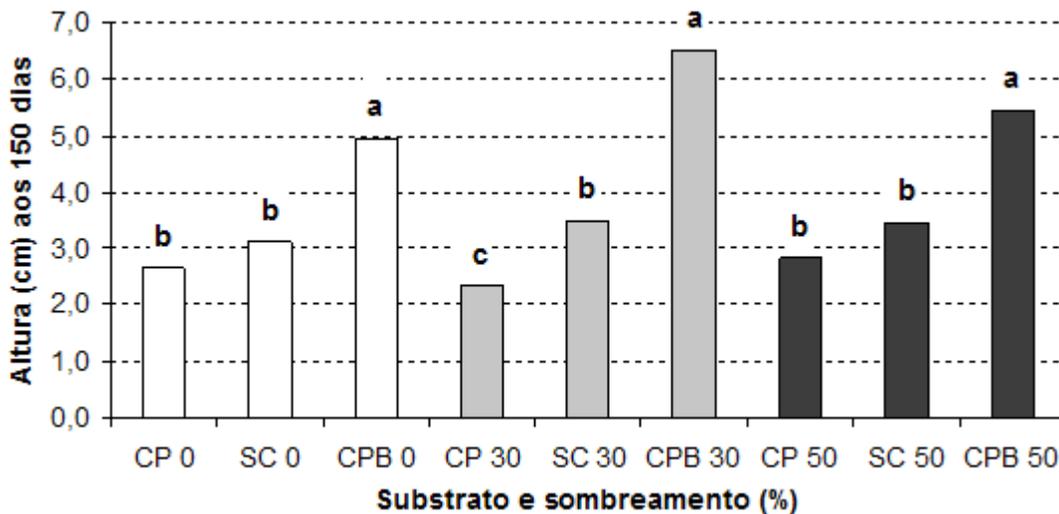


FIGURA 8: Altura de plântulas de *Acacia mearnsii* aos 150 dias após a sementeira, nos substratos Plantmax florestal (SC), casca de *pinus* (CP) e mistura de casca de *pinus* com biofóssido (CPB) e condições de sombreamento de 50; 30 e 0% (pleno sol). Colunas com mesma cor e letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($P < 0,05$); F substrato = 86,33**; F luz = 2,76ns; F substrato x luz = 2,63ns; CV% = 13,59. Buri/SP, 2010.

FIGURE 8: Seedlings height of *Acacia mearnsii* at 150 days after sowing in the substrate plantmax (SC), pine bark (PB), and a mixture of pine bark with biosolids (CPI) at shade conditions 50, 30 and 0% (full sun). Columns with the same color and letter do not differ significantly by the t test ($P < 0,05$). Buri, SP, 2010.

(mistura de casca de *pinus* com biofóssido), talvez se deva às taxas relativamente altas de nitrogênio e fósforo presentes na composição do biofóssido, que, a partir do esgotamento dos tecidos de reserva das sementes, com o passar do tempo, passam a contribuir de modo efetivo no crescimento das plântulas (Tabela 1). Outro efeito favorável do biofóssido sobre o crescimento da planta ocorre devido à maior estruturação do substrato com aumento da porosidade total e da macroporosidade (CAMPOS e ALVES, 2008).

A influência não significativa da aplicação de lodo de esgoto no substrato sobre a velocidade de emergência e o crescimento inicial de *Acacia mangium*, também foi verificada por Duarte et al. (2011), em avaliação realizada até 60 dias após a sementeira.

O substrato composto de casca de *pinus* com biofóssido apresentou concentração elevada de cálcio, enxofre, boro, cobre, ferro, zinco e soma de bases (Tabela 1), embora, esta última seja inferior àquela apresentada pelos demais substratos e, de forma oposta, apresentou baixos teores de magnésio. Como o limite entre a exigência nutricional e a toxidez dos micronutrientes é muito estreito, a alta disponibilidade no substrato

ocasiona efeitos depressivos no desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Como não foram visualizados efeitos de deficiência ou toxidez de nutrientes na parte aérea das mudas cultivadas nos três substratos, parte dos micronutrientes e dos demais metais pesados disponíveis poderia estar complexada na matéria orgânica, presente em taxas, relativamente, altas, de modo similar ao relatado por Nobrega et al. (2007), para *Schinus terebinthifolius*.

O efeito positivo do biofóssido sobre a qualidade de mudas também foi verificado para espécies florestais como *Eucalyptus grandis* (GUERRINI e TRIGUEIRO, 2003), *Schinus terebinthifolius* (NOBREGA et al., 2007), *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis*, mas com sementes inoculadas (CUNHA et al., 2006).

CONCLUSÕES

A máxima germinação de *A. mangium* foi obtida com o substrato comercial Plantmax sob 30% e 50% de sombreamento, ou em casca de *pinus*, na condição de sombreamento 30%.

A máxima germinação de *Acacia mearnsii* foi obtida com o substrato comercial Plantmax

a pleno sol, ou em casca de *pinus*, sob 50% de sombreamento.

As plântulas cresceram mais rapidamente e atingiram maior tamanho final com o substrato casca de *pinus* com biossólido, em qualquer condição de sombreamento, para ambas as espécies, antecipando a produção de mudas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C. A. et al. Revisão do gênero acácia – atividades biológicas e presença de fenóis derivados do núcleo flavânico. **Visão Acadêmica**, Curitiba, 2003, v. 4, n. 1, p. 47-56, 2003.
- CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1389-1397, 2008.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Lavras, 1999. 359 p.
- CUNHA, A.M. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- DUARTE, R. F. et al. Crescimento inicial de mudas de *Acacia mangium* cultivadas em mantas de fibra de coco contendo substrato de lodo de esgoto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.1, p. 69-76, 2011.
- FACHINELLO, J. C. et al. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. 2. ed. Pelotas: UFPel, 1995. 178 p.
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 1069-1076, 2004.
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 150-162, 2003.
- MAEDA, S. et al. Caracterização de substratos para produção de mudas de espécies florestais elaborados a partir de resíduos orgânicos. **Pesq. Flor. Bras.**, Colombo, n.54, p.97-104, 2007.
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 1997. 308 p.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARTINS-CORDER, M. P. et al. Fotoperiodismo e quebra de dormência em sementes de acácia-negra (*Acacia mearnsii* wild.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n.1, p. 71-77, 1999.
- MODESTO, P. T. et al. Alterações em algumas propriedades de um latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1489-1498, 2009.
- NÓBREGA, R. S. A. et al. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Rev. Árvore**, v. 31, n. 2, p. 239-246, 2007.
- PORTELA, R. C. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 163-170, 2001.
- SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da Germinação: Um Enfoque Estatístico**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004. 248 p.
- SILVA, F. C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2009. 627 p.
- SMIDERLE, O. J. et al. Tratamentos pré-germinativos em sementes de acácia. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p.78-85, 2005.
- TONIETTO, L.; STEIN, P. P. Silvicultura da acácia negra (*Acacia mearnsii* Wild.) no Brasil. **Florestal Estatístico**, v. 4, n. 12, p. 11-16, 1997.
- TONINI, H.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Desrama, crescimento e predisposição à podridão-do-lenho em *Acacia mangium*. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1077-1082, 2006.
- VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-90.