



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA - FAV

**POTENCIALIDADES DE ESPÉCIES DE BAMBU PARA A
ESTABILIDADE DE ENCOSTAS E ÁREAS DEGRADADAS EM
SOLOS DE CERRADO**

CIBELE DUTRA DE FRANÇA

ORIENTADOR: CARLOS ALBERTO DA SILVA OLIVEIRA
CO-ORIENTADOR: CÍCERO LOPES DA SILVA

PUBLICAÇÃO: 24/2011

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2011

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA - FAV**

**POTENCIALIDADES DE ESPÉCIES DE BAMBU PARA A
ESTABILIDADE DE ENCOSTAS E ÁREAS DEGRADADAS EM
SOLOS DE CERRADO**

CIBELE DUTRA DE FRANÇA

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
AGRONOMIA NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL.**

APROVADO POR:

**CARLOS ALBERTO DA SILVA OLIVEIRA – Ph.D.(UnB –FAV)
(ORIENTADOR) CPF: 244.516.067-72; E-mail: dasilvao@unb.br**

**JOSÉ RICARDO PEIXOTO, DOUTORADO – Ph.D. (UnB-FAV)
(EXAMINADOR INTERNO) CPF: 354.356.236-34; E-mail: peixoto@unb.br**

**JAIME GONÇALVES DE ALMEIDA – Ph. D.(UnB-FAU)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 059.307.901-91; E-mail: cpab@unb.br**

BRASÍLIA/DF, 26 DE FEVEREIRO DE 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

França, Cibele Dutra

Potencialidades de espécies de bambu para a estabilidade de solos do Cerrado/ Cibele Dutra de França; orientação de Carlos Alberto da Silva Oliveira – Brasília/2011.

67 p.:il

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2011

1. Morfologia radicular. 2. *Brachiaria decumbens*. 3.Crescimento vegetal. I. Oliveira, C.A.S, II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FRANÇA, C. D. **Potencialidades de espécies de bambu para a estabilidade de solos de Cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011, 67 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Cibele Dutra de França

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Potencialidade de espécies de bambu para a estabilidade de solos de Cerrado.

GRAU: Mestre ANO: 2011

É concedida a Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópia desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

Cibele Dutra de França

CPF: 832.323.971-15

QSD 28 casa 14

Taguatinga-DF, CEP 72 020-280

Tel: (61) 3264-6958

E-mail: cibdf@yahoo.com.br

O Bambu Chinês

Depois de plantada a semente deste incrível arbusto, não se vê nada, absolutamente nada, por 4 anos – exceto o lento desabrochar de um diminuto broto, a partir do bulbo.

Durante 4 anos, todo o crescimento é subterrâneo, numa maciça e fibrosa estrutura de raiz, que se estende vertical e horizontalmente pela terra. Mas então, no quinto ano, o bambu chinês cresce, até atingir 24 metros.

Covey escreveu: "Muitas coisas na vida (pessoal e profissional) são iguais ao bambu chinês".

Você trabalha, investe tempo e esforço, faz tudo o que pode para nutrir seu crescimento, e às vezes não se vê nada por semanas, meses ou mesmo anos. Mas, se tiver paciência para continuar trabalhando e nutrindo, o "quinto ano" chegará e o crescimento e a mudança que se processam o deixarão espantado.

O bambu chinês mostra que não podemos desistir fácil das coisas... Em nossos trabalhos, especialmente projetos que envolvem mudanças de comportamento, cultura e sensibilização para ações novas, devemos nos lembrar do bambu chinês para não desistirmos fácil frente às dificuldades que surgem e que são muitas...

Autor desconhecido

*Ao Senhor Meu Deus, por todo o bem que me tem feito, aos meus pais, Raimundo Ismael e Maria Magnólia
e ao meu pequeno Yuri.*

Ao meu Deus, que tem cuidado de mim e da minha família e tornado possível a realização dos meus planos.

À Universidade de Brasília, pelas portas abertas e pelo apoio técnico prestado.

Ao meu orientador Dr. Oliveira, pela sua dedicação a esse trabalho.

Ao meu co-orientador Dr. Cícero, pelo seu apoio.

Ao Dr. Marcelo Fajoli, pelos conselhos e participações que permitiram definir o meu experimento.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa e da UnB, Manoel, Diogo, Cleuber, Wilson e outros, que participaram e se dedicaram a essa jornada de trabalho, irrigando, plantando e auxiliando nos cuidados das gramíneas utilizadas nesse experimento.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia, por todos os ensinamentos recebidos.

À Catarina, ao Deusdete e ao Caio, do Laboratório de Solos e a todos os funcionários da UnB, que contribuíram para que essa dissertação se tornasse possível.

Aos meus colegas de mestrado, especialmente ao Joilson, de trabalho, especialmente à equipe do Ministério dos Transportes, que torceram para que este sonho se realizasse.

ÍNDICE

Pág.

1ª PARTE: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

INTRODUÇÃO.....	1
HIPÓTESES DE TRABALHO.....	3
OBJETIVO GERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
Características do bambu para revegetação da encosta.....	4
Experiências nacionais e internacionais do plantio de bambu em encostas.....	8
Classificação do bambu segundo os hábitos de crescimento.....	10
Propagação.....	11
Tratos culturais do bambu.....	12
Espécies indicadas para o recobrimento de encostas no Distrito Federal.....	14
Recomendações de <i>Brachiaria decumbens</i> para áreas degradadas.....	16
Indicadores da eficiência da cobertura vegetal para a encosta.....	17
A vegetação e o efeito da raiz na estabilização do solo.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

2ª PARTE: CAPÍTULO ÚNICO

POTENCIALIDADES DE ESPÉCIES DE BAMBU PARA A ESTABILIDADE DE ENCOSTAS EM SOLOS DE CERRADO.....	29
RESUMO/ABSTRACT.....	30
INTRODUÇÃO.....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXO 1.....	54
ANEXO 2.....	59
ANEXO 3.....	65
ANEXO 4.....	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Métodos para quantificação dos efeitos físicos da vegetação na estabilidade da encosta.....	19
Tabela 2. Análises física e química dos substratos com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) realizadas aos 0 e 180 dias após o plantio (dap) das gramíneas.....	36
Tabela 3. Interação entre espécie (<i>Bambusa vulgaris</i> , <i>Bambusa textilis</i> var. “ <i>gracilis</i> ”, <i>Phyllostachys aurea</i> , <i>Phyllostachys</i> sp., <i>Brachiaria decumbens</i>) e substrato com adubação mineral e organomineral aos 60, 120 e 180 dias após o plantio para as variáveis dependente estudadas.....	37
Tabela 4. Médias das variáveis dependentes em função do tipo de gramínea e do substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 180 dias após o plantio.....	38
Tabela 5. Equações de regressão $y= f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) e para comprimento máximo de raiz fina e de raiz grossa, sendo x o tempo em dias após o plantio.....	40
Tabela 6. Equações de regressão $y= f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato mineral (S1) e organomineral (S2) para volume de raízes finas, grossas e total e área superficial de raízes, sendo x o tempo em dias após o plantio.....	42

Tabela 7. Equações de regressão $y= f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) e para volume total e área superficial de raízes, sendo x o tempo em dias após o plantio.....	43
Tabela 8. Equações de regressão $y= f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) e para massa seca de raízes finas e grossas, sendo x o tempo em dias após o plantio.....	45
Tabela 9. Equações de regressão $y= f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) e para massa seca (g) de raiz e rizoma e total; sendo x o tempo em dias após o plantio.....	46
Tabela 10. Principais variáveis climáticas observadas na local do experimento durante janeiro a setembro de 2010.....	54
Tabela 11. Distribuição dos tratamentos segundo a lâmina de água (cm dia^{-1})* aplicada sob irrigação convencional por aspersão, distribuída em duas linhas laterais com cinco aspersores cada uma, do tipo 427 AG, vazão de $0,45 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e pressão de serviço de $2,0 \text{ kgf cm}^{-2}$, espaçados de $12 \times 12 \text{ m}$	55
Tabela 12. Análise de variância do comprimento máximo de raiz (mm) de cinco gramíneas, com diâmetro: $\leq 1,61 \text{ mm}$ (fina); $> 1,61 \text{ mm}$ (grossa); e área superficial de raiz (mm^2), em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.....	59
Tabela 13. Análise de variância do volume (mm^3) de raízes finas, grossas e total de cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.....	60

Tabela 14. Análise de variância do volume de colmo, folhas e hastes (mm ³) e massa seca de colmo, folhas e hastes (g) em substrato com adubação mineral (S1) organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.....	61
Tabela 15. Análise de variância da massa seca (g) de: raízes finas; raízes grossas e raiz e rizoma em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.....	62
Tabela 16. Análise de variância da massa seca (g) total e de raízes, em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.....	63
Tabela 17. Coeficiente de variação apresentado pelas médias das cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio para as variáveis dependente estudadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Taxa de sobrevivência de cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e substrato com adubação organomineral (S2) aos 40 dias após o plantio.....	39
Figura 2. Médias de comprimento máximo de raiz fina (a) e de raiz grossa (b) (cm) de cinco gramíneas aos 180 dias após o plantio.....	47
Figura 3. Porcentagem da massa radicular de raízes finas em relação à massa vegetal subterrânea total em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.....	47
Figura 4. Média da massa seca (g) de rizoma de cinco gramíneas (a) e; distribuição da massa de raízes e rizomas em relação à massa vegetal área (colmo, hastes e folhas) (b) em solo com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.....	49
Figura 5. Volume (mm ³) de raízes finas (a) e raízes grossas (b) de cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio	65
Figura 6. Volume total de raízes (mm ³) (a) e área superficial de raízes (mm ²) (b) de cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.....	65
Figura 7. Volume de colmo, folhas e hastes (mm ³) (a) e massa seca de colmo, hastes e folhas (g) (b) de cinco gramíneas, em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.....	66
Figura 8. <i>Phyllostachys</i> sp. em substrato com adubação mineral (esquerda) e orgânico mineral (direita) aos 60 dias do plantio.....	67
Figura 9. Preparo de mudas de <i>Phyllostachys aurea</i> a serem plantadas nos vasos.....	67

Figura 10. Preparo das mudas de <i>Phyllostachyssa aurea</i> para plantio.....	67
Figura 11. <i>Brachiaria decumbens</i> em substrato com adubação mineral (esquerda) e organomineral (direita) aos 60 dias.....	67
Figura 12. Seleção de <i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis” para o plantio.....	67

POTENCIALIDADES DE ESPÉCIES DE BAMBU PARA A ESTABILIDADE DE ENCOSTAS EM SOLOS DE CERRADO

Este trabalho objetivou avaliar a sobrevivência, o crescimento e a produção de massa vegetal aérea e radicular de quatro espécies de bambu e uma de grama, para recuperação de encostas degradadas, sob condições edafoclimáticas do Cerrado e em dois substratos. As espécies de bambu e grama foram *Phyllostachys aurea*, *Phyllostachys* sp., *Bambusa vulgaris* e *Bambusa textilis* var. "gracilis" e *Brachiaria decumbens*, respectivamente. As adubações foram com NPK 4-14-8 e esterco bovino. O experimento foi conduzido sob um esquema completamente casualizado, com 5 repetições e 180 vasos. A sobrevivência das mudas foi avaliada aos 40 dias após o plantio (dap). O comprimento máximo e área superficial de raízes; volume e massa seca de colmo, hastes, folhas e raízes e massa seca de rizoma foram avaliados aos 60, 120 e 180 dap. Aos 180 dap, *Brachiaria decumbens* apresentou o maior comprimento e área superficial de raízes; o maior volume de colmos, hastes, folhas e raízes; e a maior sobrevivência aos 40 dap. Dentre os bambus, *Phyllostachys aurea* apresentou a maior massa seca de raízes finas, área superficial e volume de raízes; *Phyllostachys* sp., o maior volume de colmo, folhas e haste; e *Phyllostachys* sp. e *Bambusa vulgaris* o maior comprimento máximo de raiz fina. O substrato organomineral afetou a maioria das variáveis analisadas das gramíneas, inclusive a sobrevivência dos bambus.

Palavras-chave: morfologia radicular, *Brachiaria decumbens*, crescimento vegetal.

ABSTRACT

POTENTIAL FOR SPECIES OF BAMBOO FOR HILLSIDE STABILITY IN SOIL OF SAVANNAH

This study evaluated survival, growth and plant shoots and roots mass production of four species of bamboo and grass, for recovery of degraded slopes, under Cerrado soil conditions and two substrates. Species of bamboo and grass were *Phyllostachys aurea*, *Phyllostachys* sp., *Bambusa vulgaris* and *Bambusa textilis* var. "gracilis" and *Brachiaria decumbens*, respectively. The two fertilizations were NPK 4-14-8 and cattle manure. The experiment was carried out under a completely randomized design with five replicates and 180 vessels. Seedlings survivals were evaluated at 40 days after planting (dap). Roots maximum length and surface area; volume and dry mass of culms, stem, leaves and roots, and rhizome dry mass were evaluated at 60, 120 and 180 dap. At 180 dap, *Brachiaria decumbens* showed the highest root length and surface area; the highest volume of culms, stems, leaves, and roots; and the highest survival at 40 dap. Among bamboos, *Phyllostachys aurea* had the highest thin root dry mass, surface area and volume of roots; *Phyllostachys* sp. had the highest volume of culm, leaves and stem; and *Phyllostachys* sp. and *Bambusa vulgaris* the highest maximum length of fine roots. The substrate organomineral affected the majority of variables of the grasses, including the survival of bamboos.

Key-words: root morphology, *Brachiaria decumbens*, plant growth

1 INTRODUÇÃO

Em relevos íngremes e desprovidos de cobertura vegetal, enxurradas frequentes podem contribuir para o processo erosivo, intensificando a mobilização de massas de solo morro abaixo (CARVALHO et al., 2006).

Para diminuir o fator de risco de ocorrência desses processos e aumentar a estabilidade do solo nas encostas, diversas técnicas são empregadas para a proteção do solo de encostas, dentre as quais se destacam: placa de grama; hidrossemeadura; transposição de resíduos vegetais; sacos de aniagem e geossintéticos (FERNANDES, 2004).

Existe ainda, nessas áreas, inúmeras agrotecnologias tais como o plantio em covas/semeadura a lanço de um variado rol de espécies vegetais, dentre elas, as gramíneas, tais como o capim vetiver (*Vetiveria zizanoides* L.), a grama batatais (*Paspalum notatum*), o capim gengibre (*Paspalum maritimum*), a grama portuguesa (*Panicum repens*), o capim braquiária (*Brachiaria decumbens*); as herbáceas leguminosas, tais como calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), o kudzu comum (*Pueraria thumbergiana*) e algumas crotalárias (*Crotalaria* spp.) (ALMEIDA, 2002).

Além dessas espécies, alguns autores também têm recomendado o uso do bambu no controle da erosão produzida por deslizamento, ventos fortes ou desmoronamento e do assoreamento dos corpos de água (MOROKAWA, 2008).

No Brasil, há potencialidades de serem empregadas espécies exóticas, tais como: *Bambusa vulgaris* Schrad, *B. vulgaris* var. *vittata*, *B. tuldoidea*, *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys*; e aquelas adaptadas ao solo e ao clima do Cerrado brasileiro (FILGUEIRAS, 1988).

Todavia, existem poucos estudos comparativos de agrotecnologias envolvendo a eficiência de cada cobertura vegetal de bambu para a contenção de encostas, considerando a tolerância ou a resistência às condições adversas do solo e que apresentem aspectos desejáveis para a revegetação das encostas (ALMEIDA, 2002; DNER/PR 2000; EINLOFT, 2009).

Outras características importantes são: sistema radicular profundo, crescimento vigoroso, disponibilidade de sementes no mercado, eficácia e rapidez na cobertura do solo e resistência às variações climáticas, considerando também os métodos propagativos das diversas espécies a serem utilizadas para tal finalidade (DNER/PR, 2000; EINLOFT, 2009).

Segundo alguns autores, o bambu satisfaz algumas dessas exigências, inclusive possuindo uma variedade de métodos propagativos para o seu estabelecimento, dentre elas, a propagação vegetativa, pela divisão de touceiras, por partes dos rizomas e por seções de colmos ou por cultura de meristema, cujo sucesso de aplicação difere entre as espécies, ou ainda, por cultura de meristema (SILVA, 2005).

As mudas das espécies leptomorfas ou alastrantes, tais como o gênero *Phyllostachys* e *Bambusa textilis* var. “*gracilis*” são obtidas com maior facilidade por meio de fragmentos de rizomas com raízes tendo em vista a grande disponibilidade e a boa viabilidade deste material (AZZINI e BERALDO, 2004).

Enquanto, a maioria das espécies entouceirantes, principalmente os gêneros *Bambusa* e *Dendrocalamus*, podem ser propagadas utilizando-se pedaços de segmentos de colmos contendo gemas brotadas (FONSECA, 2007; SILVA, 2005).

Para *Guadua*, o mais apropriado é a seleção de chusquines, pequenas brotações resultantes de rizomas, providas de colmos, raízes e rizomas para obtenção de mudas (MANHÃES, 2008).

O presente trabalho objetivou avaliar a sobrevivência, o crescimento e a produção de massa vegetal aérea e radicular de quatro espécies de bambu e uma de grama, indicadas para recuperação de encostas degradadas, sob condições edafoclimáticas do Cerrado e substratos com adubação mineral e organomineral.

O primeiro capítulo realiza uma breve revisão bibliográfica das experiências e características de bambu e de *Brachiaria decumbens* em encostas e áreas degradadas. O segundo aborda os resultados e conclusões do experimento realizado no período de janeiro a setembro de 2010, com vistas ao alcance do objetivo proposto.

HIPÓTESES DE TRABALHO

O plantio de bambu é eficiente do ponto de vista técnico para proteção de encostas em solos de Cerrado.

Espécies de bambu de crescimento alastrante e do gênero *Phyllostachys* podem proporcionar características de maior potencial de proteção de encostas, em relação às espécies entouceirantes, a exemplo do gênero *Bambusa*.

O bambu é competitivo tecnicamente com a espécie de gramínea *Brachiaria decumbens* indicada para proteção de encostas.

O substrato utilizado pode afetar as variáveis dependentes de crescimento da planta, tais como a massa vegetal e a distribuição do sistema radicular e aéreo.

OBJETIVO GERAL

Avaliar a potencialidade de cinco diferentes espécies vegetais: *Bambusa vulgaris*, *Bambusa textilis* var. “*gracilis*”, *Phyllostachys aurea*, *Phyllostachys* sp. e *Brachiaria decumbens*, propagadas por rizomas, por secção do colmo ou por sementes, conforme a espécie de gramínea, para proteção de áreas de encostas de solos de Cerrado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a sobrevivência de mudas de diferentes espécies de bambu e uma braquiaria, em dois tipos de substratos e nas condições edafoclimáticas do Centro-Oeste;

Avaliar o crescimento aéreo e subterrâneo de espécies de *Bambusa vulgaris*, *Phyllostachys aurea*, *Bambusa textilis* var. “gracilis” e *Phyllostachys* sp. em comparação com a espécie de *Brachiaria decumbens*, identificando os genótipos com potencial de estabilização de encostas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Características do bambu para revegetação da encosta

O uso do bambu para controle da erosão em encostas está relacionado à rapidez e à produtividade de massa vegetal, além do enriquecimento físico e químico do solo (FIALHO et al., 2005).

Outros aspectos relacionados ao desempenho do bambu na estabilidade da encosta foram destacados por ZHOU et al (2005). Dentre as principais características do bambu para a diminuição dos processos erosivos estão: extensivo sistema radicular, produção abundante de “mulch” no meio poroso do solo, densa folhagem que protege contra o impacto da chuva, alta taxa de crescimento e hábito de produzir novos colmos e rizomas, permitindo colheitas periódicas sem afetar o desenvolvimento da planta.

Dessa maneira, o bambu pode formar uma rede compacta de raízes e rizomas que criam uma malha subterrânea, funcionando como um ótimo agente anti-erosão, apresentando uma ótima resistência contra abalos sísmicos (ZHOU et al., 2005). As colheitas periódicas de colmos e outras partes vegetais também permitem que plantações de bambu nas áreas de encostas ou áreas degradadas a serem recuperadas sejam aproveitadas para a geração de renda para as populações locais.

No que se refere ao sistema radicular, este se desenvolve horizontalmente, atuando como rede eficaz para a exploração do solo, na proteção contra a erosão e contra o vento (NASCIMENTO, 1994).

Em bambu de porte pequeno, foi observado que 60-70% da massa vegetal de raízes são compostas de pequenas raízes com diâmetro inferior a 2 mm (ZHOU et al., 2005). Raízes nesse diâmetro possuem altas resistências à tensão radicular e ao arranquio, pois possuem maior superfície específica do que raízes com diâmetro superior (COELHO e PEREIRA, 2006).

No que se refere à rapidez de crescimento, algumas espécies de bambu apresentam as maiores taxas de crescimento em comparação às espécies de porte arbóreo, além de elevada capacidade de ocupação de solos marginais e erodidos (BRITO et al., 1987). A razão para esse crescimento em tamanho é o fortalecimento de suas raízes.

Nesses aspectos, a produção de novos colmos está relacionada com o espaço entre as raízes e os nutrientes disponíveis (OSTAPIV, 2007). Após a emergência do broto, cada colmo alcança o seu diâmetro final, pois o bambu não apresenta crescimento secundário ou radial (PEREIRA, 1997).

Em complementação a essas informações sobre crescimento, o bambu é um dos recursos que leva menos tempo para ser renovado, não havendo nenhuma espécie florestal que possa competir em velocidade de crescimento e aproveitamento por área (JARAMILLO, 1992). Este padrão de crescimento o torna facilmente acessível num pequeno espaço de tempo (SÁNCHEZ CRUZ, 2002).

Um bom exemplo da ocupação do solo pelo rápido crescimento do bambu é o desenvolvimento de bambus alastrantes, tais como *Phyllostachys pubescences* e *Phyllostachys bambusoides*, que crescem no solo de maneira análoga à grama de jardim (NASCIMENTO, 1994).

Na parte aérea, os colmos de bambus apresentam-se como cavidades vazias, axialmente e conicamente vedadas por um rígido e forte diafragma silicado (NASCIMENTO, 1994). Essas características os tornam resistentes contra a ruptura provocada pelo vento.

No Caribe, por exemplo, as tempestades tropicais, muitas vezes atingem a força de um furacão, podendo causar danos significativos à vegetação (NICARÁGUA, 2009). Entretanto, nesse país, a flexibilidade do bambu, e sua capacidade de formar agrupamentos permitem que a planta resista a esses ventos fortes e rapidamente se recupere dos eventos catastróficos, além de interceptar o material desmoronado se plantado em encostas, incluindo as grandes rochas, que deslizam morro abaixo.

Para completar, os colmos alcançam sua altura máxima entre os 30 e 80 dias, no grupo leptomorfo, e entre os 80 e 180 dias, no grupo paquimorfo (SÁNCHEZ CRUZ, 2002).

Ainda, sobre a parte aérea, há uma produção contínua de estruturas vegetativas por parte do bambu (RECHT e WETTERWALD, 1994). Após a emissão dos colmos, começa a formação de seus ramos e de suas folhas a qual se completa no primeiro ano, promovendo assim uma boa cobertura do solo (NASCIMENTO, 1994).

Sobre a contribuição da parte aérea na massa vegetal do bambu, importante critério relacionado à proteção do solo, na Etiópia, a produção de massa vegetal em uma floresta de bambu foi de 110 t/ha, para colmo, ramo e folha em plantas de até três anos de idade (EMBAYE et al., 2005).

Essas partes estruturais, colmo, ramo e folha, contribuíram com aproximadamente 82%, 13% e 5%, respectivamente do peso total da planta, dependendo da idade destas. No primeiro ano de idade, a contribuição da parte aérea foi de apenas 7%, no terceiro ano, 20% e nos anos seguintes, a massa vegetal aérea aumentou para 73% do conteúdo total da planta (EMBAYE et al., 2005).

Discutido os aspectos sobre o crescimento e massa vegetal, outras características que tornam o bambu propício ao estabelecimento da vegetação em encostas é o ciclo de vida perene e ampla variedade de espécies. No Brasil, são conhecidos, atualmente, 34 gêneros e 232 espécies, das quais 174 são consideradas endêmicas, podendo ser representado por espécies miniaturas, ou por espécies de grande porte, com altura expressiva de até 40 m (FILGUEIRAS e GONÇALVES, 2004; NASCIMENTO, 1994).

Facilidade de estabelecimento, manutenção e poda, não exigência de técnicas complexas de tratos culturais e de aplicação de agrotóxicos para a sua plantação e manutenção, são outras características destacadas por AKIRA et al. (2004), que tornam o bambu, um recurso passível de ser plantado em encostas, visando diminuir os processos erosivos.

O bambu é ainda pouco exigente em relação aos tipos de solo e só não tolera terrenos que têm alguma das seguintes características: alagado, compactado, argiloso, muito ácido ou muito alcalino (PINHEIRO e NUNES, 2007). Pode ser plantado em diversas altitudes até um limite de 3.000 m, dependendo da espécie e da existência de chuvas regulares. Geralmente, a precipitação anual entre 1.200 e 1.800 mm representa condições ideais para uma produtividade elevada.

Ademais, o bambu é um grande fixador de carbono da atmosfera e, por seu rápido crescimento, ele pode reflorestar mais rapidamente as áreas desmatadas, gerando quatro vezes mais oxigênio que outras espécies florestais lenhosas (RÉGIS, 2004).

Em complementações a todas essas características, a lenta decomposição da massa vegetal do bambu proporciona um aumento da matéria orgânica do solo (AKIRA et al., 2004). As folhas caídas no solo servem como estabilizador da umidade e da temperatura no solo, ajudando na reciclagem do silício (CHANDRASHEKARA, 1996).

Por fim, a sua propagação é espontânea, por novos brotos, dispensando o plantio por mais de 100 anos na mesma área (PINHEIRO e NUNES, 2007). Suas novas mudas podem ser obtidas a partir da brotação de partes de colmos ou de rizomas enterrados. Em resumo, todas as características mencionadas podem oferecer explicações sobre a dominância de bambus em habitats alterados, o que é desejável inicialmente em áreas degradadas.

Segundo KENNARD et al. (2002), a forma de reprodução vegetativa através de rizomas, que determinam o crescimento horizontal do bambuzal, associada a outras características de plantas pioneiras, torna as espécies de bambu altamente competitivas, podendo potencialmente expandir-se rapidamente em uma área.

Experiências nacionais e internacionais do plantio de bambu em encostas

Dentre as experiências na utilização do bambu, HAMADA et al. (2002) relataram que o uso de espécies monopodiais com rizomas leptomorfos ou alastrantes de bambu tem sido frequentemente plantadas no Japão, em morros e encostas degradadas, reduzindo os efeitos da erosão.

Outros pesquisadores japoneses também confirmaram os efeitos benéficos do bambu nesse tipo de área. FU e JIANGHUA (2000) observaram que o plantio de bambus do gênero *Sasa* e *Indocalamus* em regiões montanhosas com altitude acima de 1.000 m do nível do mar diminuíram as perdas de água e de solo nas regiões íngremes. Esses autores concluíram ainda que *Bambusa blumeana* e *Phyllostachys pubescences* poderiam reduzir significativamente a perda de nutrientes e melhorar a estrutura do solo.

No Caribe, *Bambusa vulgaris* e *Bambusa multiplex* têm sido usados com sucesso para estabilização de morros, além de serem plantados ao redor de estradas na costa ocidental de Santa Lúcia e Porto Rico, possibilitando efeito paisagístico nas rodovias ao diminuir a sensação visual de encostas íngremes pelos motoristas (NICARÁGUA, 2009).

Por sua vez, em Cuba, *Guadua angustifolia* contribuiu para a proteção e conservação do solo (MARTELL, 2008). Em florestas de mais de três anos foram produzidos mais de 20 t ha⁻¹ de raízes, permitindo o aumento do armazenamento de água no complexo poroso do solo em até 30 mil l ha⁻¹, e o incremento no teor de matéria orgânica ao fornecer cerca de 30 t ha⁻¹ de massa vegetal ao solo.

No Brasil, LIMA (2008) verificou que, na Costa de Botucatu (SP), cinco espécies de bambu, *Bambusa tuldoides* (bambu taquara ou bambu fino), *Phyllostachys aurea* (cana-da-índia ou vara-de-pescar), *Bambusa vulgaris* (bambu verde ou bambu comum), *Bambusa vulgaris* var. *viltatta* (bambu amarelo ou brasileiro) e *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante ou bambu balde) se adaptaram muito bem às matas ciliares do Ribeirão Tanquinho. Essa adaptação ocorreu devido à resistência e adaptação dessas espécies aos diversos tipos de solos e condições edafoclimáticas.

Em Mogi Mirim (SP), experiências de plantio de bambu em áreas degradadas permitiram o desenvolvimento posterior de várias espécies florestais e herbáceas, tais como marolo, pindaíba, pimenta de macaco, peroba do campo, mandioca, macaúba, indaiá, alecrim vassoura, cambará, ipê amarelo e paina (OLIVEIRA, 2007).

Além disso, nessa localidade, touceiras de *Dendrocalamus giganteus* e *Bambusa vulgaris*, plantadas há mais de 20 anos em diferentes pontos de uma voçoroca, evitaram que o solo das margens fosse carregado pela ação das enxurradas (TOLEDO FILHO e ZANELLA, 2007).

Classificação do bambu segundo os hábitos de crescimento

Os bambus podem ser classificados em três grupos, de acordo com os padrões básicos de rizomas, sendo eles: entouceirantes; alastrantes ou antipodiais (TEIXEIRA, 2006).

Em geral, bambus entouceirantes ou simpodiais, representados pelos gêneros *Bambusa*, *Guadua*, *Dendrocalamus*, se caracterizam por apresentar rizomas curtos e grossos com gemas laterais, que desenvolvem novos rizomas e, posteriormente, emitem colmos (AZZINI et al., 1997; XAVIER, 2004).

Atingem geralmente uma altura final entre 15 e 35 m, em cerca de 2 a 4 meses, produto de um contínuo alongamento dos brotos, com taxas de crescimento que variam de 0,20 a 1,00 m dia⁻¹. Além disso, têm alta produtividade, fácil reprodução e adaptação a altas temperaturas (PEREIRA, 1997; OSTAPIV, 2007).

Os bambus monopodiais ou de hábito alastrante, típico dos gêneros *Phyllostachys*, *Arundinaria* e *Sasa*, não formam touceiras e se adaptam melhor em regiões de clima temperado (AZZINI et al., 1997). A principal característica é a quantidade de rizomas longos e finos que se desenvolve no solo, formando colmos com diâmetros menores que o rizoma e com gemas laterais dormentes (MOROKAWA, 2008).

Os colmos desses gêneros crescem lateralmente e radialmente, formando florestas com estruturas aéreas espaçadas linearmente entre si, o que permite caminhar normalmente entre elas (AKIRA et al., 2004).

Por fim, o grupo de bambus intermediários ou antipodiais, representam espécies que possuem tanto características de crescimento alastrante, quanto entouceirante, tal como o gênero *Chusquea* (XAVIER, 2004).

Propagação

Em geral, cada espécie de bambu possui uma forma apropriada de propagação devido a suas características genéticas (MANHÃES, 2008). No entanto, a sua propagação ocorre freqüentemente por: 1) reprodução sexuada, por sementes, o qual não é um método fácil e prático de ser executado devido à esporádica floração de muitos bambus, além da baixa viabilidade e vigor de suas sementes; 2) reprodução assexuada ou vegetativa, pelas partes vegetativas da planta, tais como ramos, gemas, colmos e rizomas.

A propagação por sementes é menos freqüente, pois a floração ocorre num intervalo de tempo de 60 a 120 anos, dependendo da espécie e das condições locais (AZZINI et al., 1997; PEREIRA, 1997). Assim a reprodução do bambu acontece normalmente de forma vegetativa, ou seja, pode ser realizada por macropropagação, separando-se colmos ou rizomas da planta-mãe ou por divisão de touceiras, ou ainda, por micropropagação (OSTAVIP, 2007).

Os gêneros tropicais de *Bambusa* e *Dendrocalamus* podem ser propagados pela subdivisão ou desmembramento de touceiras ou pelo plantio de pedaços e colmo (AZZINI e SALGADO, 1993). A subdivisão de touceiras possui a vantagem de a muda já possuir as três estruturas desenvolvidas (MATOS JR., 2004). As desvantagens estão no fato de o conjunto de partes vegetais ser bastante volumoso, o que aumenta o custo de transporte, além do número de propágulos produzido por touceira ser limitado o que o torna inviável para o estabelecimento de largas plantações (SALGADO e GODOY JR., 2002; SALGADO, 2006).

O plantio por pedaços de colmos possui a limitação de apresentar maior número de falhas no plantio, principalmente quando as condições de umidade do solo não são adequadas (AZZINI e SALGADO, 1993).

No que se refere aos métodos de propagação de espécies do tipo leptomorfo, utiliza-se freqüentemente rizomas (MATOS JR., 2004). A vantagem desse propágulo, em relação à porção de colmo ligado ao rizoma e raiz, é de ser mais leve e menos volumoso. Porém pode ser fisiologicamente menos vantajoso por demorar mais tempo para lançar folhagem.

Outro método de propagação que tem sido empregado de forma comercial é a cultura de tecidos ou micropropagação. Esse método permite propagar determinadas espécies de bambu em larga escala, gerando clones da planta-mãe previamente selecionada (KIGOMO, 1995). As mudas produzidas geralmente apresentam-se mais vigorosas do que bambus propagado por mais tradicional, com vantagem de muito menos trabalho intensivo que a propagação por estacas grandes.

Geralmente a cultura de tecidos é desenvolvida em laboratórios de empresas que necessitam produzir e vender grandes quantidades de plantas, a fim de que a produção seja economicamente viável (KIGOMO, 1995). As pesquisas com a utilização dessa técnica estão concentradas em alguns continentes e países, principalmente na Ásia (BAG et al., 2000; KIGOMO, 1995, LIN et al., 2005).

Apesar da vantagem apresentada em relação aos outros métodos, no Brasil, poucos grupos têm desenvolvido trabalhos científicos envolvendo a micropropagação (LEMOS et al, 2006). Um destaque é o trabalho desenvolvido pela Universidade de Alagoas com *Guadua angustifolia*, *Bambusa vulgaris* e *Dendrocalamus giganteus*.

Tratos culturais do bambu

O plantio do bambu deve ser feito nas primeiras horas da manhã e depois do inverno, durante a época das chuvas (AKIRA et al., 2004). Nesse período, os novos brotos têm tempo até o próximo inverno de reservar energia e nutrientes. Por sua vez, pode ser necessária a realização de novos plantios na área para cobrir as falhas eventuais devido à mortalidade das plantas (NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS, 2004).

Em complementação a esses aspectos, torna-se importante plantar o bambu em locais sombreados ou sob coberturas provisórias em viveiros, para diminuir a evaporação dos transplantes e promover um bom enraizamento (NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS, 2004; MATOS JR., 2004).

Nesses aspectos, MATOS JR. (2004) relatou que o melhor enraizamento de *Bambusa vulgaris* foi encontrado a partir de placas de colmo em ambiente de sombrite, durante 110 dias, estando os substratos acondicionados em caixas plásticas com as seguintes dimensões de 50 x 30 x 10 cm. Para *Phyllostachys* sp., o melhor resultado de enraizamento e de sobrevivência para propágulos obtidos a partir de rizomas em sacos plásticos grandes e em substrato de areia com latossolo e sob alta umidade relativa do ar e pluviosidade.

No que se refere ao espaçamento a ser seguido, se o objetivo principal é a estabilização do solo, menor espaçamento pode ser seguido, sendo suficiente o desenvolvimento de 1.100 plantas/há no espaçamento de 3x3 m, para espécies alastrantes (NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS, 2004).

Por outro lado, se o objetivo é controlar a erosão ao longo de regiões ribeirinhas ou a proteção contra o deslizamento ou efeito “avalanche”, o espaçamento pode estar entre 3 x 3 m e 2,5 x 2,5 m (NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS, 2004). Nesses casos, o plantio de bambu pode ser intercalado com espécies madeireiras de crescimento rápido. Por outro lado, se o plantio for realizado em covas, os transplantes de rizomas devem ser plantados em covas medindo 60 x 60 x 60 cm, para espécies alastrantes e 100 x 100 x 100 cm, para espécies maiores, entouceirantes.

Espécies indicadas para o recobrimento de encostas no Distrito Federal

Existem inúmeras espécies de bambu com potencial para tratamento de áreas sujeitas à erosão. MATOS JR. (2004), citando Yves Crouzet, indicou *Pleioblastus distichus*, como planta para relvados densos e homogêneos, *Pleibostatus fortunei*, ideal para fixação de encostas, pois forma tufos rasteiros; *Pleibostatus viridistriatus*, e espécies monopodiais, tais como *Sasa masamuneana*, *Sasa veitchii*, *Indocalamus tsselatus*, *Shibataea kumasasa*, *S. tsuboiana*.

No entanto, apesar de as espécies citadas serem recomendadas para áreas de encosta, os bambus disponíveis no Distrito Federal são *Bambusa vulgaris*, *Bambusa textilis* var. *gracilis*, *Dendrocalamus* spp., *Phyllostachys* spp. e *Merostachys* spp, pertencentes a dois grupos: entouceirante (*Bambusa vulgaris*, *Bambusa textilis* var. *gracilis* e *Dendrocalamus* spp.) e alastrantes (*Phyllostachys* spp. e *Merostachys* spp.) (MATOS JR., 2004; LIMA, 2008).

Esses dois grupos são possíveis de serem utilizados na contenção de encostas, embora, de um modo geral, os bambus de rizomas leptomorfos são invasivos e, portanto, se expandem em uma área com muita facilidade (CORDEIRO et al., 2007). Além disso, potencializa-se a eficiência do uso do bambu na redução dos processos erosivos, quando este é plantado em nível e especialmente quando se utiliza as espécies alastrantes do gênero *Phyllostachys* (SALGADO e GODOY JR., 2002).

Dentre o gênero *Phyllostachys*, *Phyllostachys aurea* é ótimo para minimizar os processos erosivos (LIMA, 2008). As características apresentadas por esse bambu são resistência e tolerância a solos pobres, além ser encontrado com facilidade em diversas regiões geográficas. Ao se alastrar, esse bambu fortalece o sistema radicular para melhor fixação, sendo capaz de brotar em locais com pedregulhos e muito mato. Verifica-se também que a época mais propícia à brotação é de setembro a dezembro.

No entanto alguns cuidados se fazem necessários no plantio desse bambu, pois apesar da capacidade de se multiplicar em terrenos abandonados, possui o inconveniente de ser altamente competitivo com outras espécies, afetando o desenvolvimento dessas e tendo de ser contidos por barreiras físicas. (AKIRA et al., 2004).

Segundo BERALDO e PEREIRA (2007), para erradicar bambus do tipo alastrantes ou invasivos é necessário movimentar grandes volumes de solo, o que geralmente requer o uso de equipamentos de grande porte para a sua execução. Esses bambus desenvolvem um sistema subterrâneo de raízes e rizomas interligado que constitui um sério desafio para controlar sua invasão em áreas agrícolas ou destinadas ao lazer.

Em relação aos bambus entouceirantes, algumas experiências demonstram que, na Nicarágua, o plantio de uma razoável quantidade touceiras de *Bambusa vulgaris* no fundo de vales forma uma aglutinação de massa de raízes e de copa no pé da encosta, ajudando tanto na sustentação do conjunto de plantas, quanto na estabilização do vale (NICARÁGUA, 2009).

Essa espécie se caracteriza por apresentar altura entre 6 a 10 m, se propagando por pedaços de talos ou estolões (DIAZ, 2001). Na zona central da planta, as raízes podem atingir 5 m de profundidade. No entanto, a planta adquire um grande porte, o que pode dificultar a manutenção e por apresentar várias toneladas por grupo de plantas, podendo representar um problema de estabilidade em encostas cuja declividade seja superior a 30%.

O gênero *Guadua* apresenta colmos de grande diâmetro e altura considerável, requerendo precipitações superiores a 1000 mm por ano (DIAZ, 2001). O sistema radicular desse gênero está conformado por rizomas sub-horizontais e cespitosos, os quais emitem pequenas raízes adventícias pouco profundas.

Para o controle da erosão, no entanto, o *Guadua* tem usos muito específicos que são: a proteção de zonas ribeirinhas, graças a sua densa rede de raízes e permitir o estabelecimento de outras espécies vegetais, no processo de sucessão (DIAZ, 2001).

Além do aspecto do material genotípico, torna-se essencial verificar a atuação do clima local sobre as espécies vegetais. Deve-se destacar que em relação a esse fator, em geral, grupos com rizomas leptomórficos são mais adaptados a climas temperados, enquanto os rizomas paquimórficos a regiões tropicais (JUDZIEWICZ et al., 2000).

Outro aspecto é a manutenção e a facilidade de manuseio dos bambus. Assim, bambus menores, geralmente os herbáceos, apresentam altura menor que dois metros, facilitando o manuseio, não possuem folhas caulinares, possuem colmos não lignificados e floração contínua ou em vários meses do ano (CALDERÓN e SODERSTRON, 1980). E os bambus lenhosos possuem altura de 1 a 35 m, folhas caulinares, sistema de ramificação complexo, colmos lignificados e floração esporádica.

Embora, nenhuma espécie de hábito rasteiro seja mencionada como disponível no Distrito Federal, MATOS JR. (2004) destacou a presença de *Bambusa textilis* var. *gracilis*, um bambu de porte baixo e fino diâmetro de colmos, o que facilita a sua manutenção paisagística.

Recomendações de *Brachiaria decumbens* para áreas degradadas

Várias espécies de gramíneas podem ser plantadas em áreas degradadas, para formação de um substrato herbáceo arbustivo, o que permite o estabelecimento posterior de outras onde vegetações sucessionais (CETEM, 2001). Dentre essas espécies, pode-se citar *Brachiaria decumbens*.

Essa espécie, originária da Região dos Grandes Lagos, em Uganda na África, foi introduzida no Brasil em 1960, onde se adaptou muito bem, principalmente nas áreas tropicais de temperaturas elevadas e com precipitação entre 800 a 1.400 mm anuais (WENZL et al., 2001; RODRIGUES e SANTOS, 2002).

Devido à sua tolerância aos estresses abióticos como seca e fogo, ou níveis potencialmente tóxicos de alumínio no solo, alcançou uma ampla difusão, sendo atualmente utilizada na formação de pastagens para bovinos em todo o Brasil (BRITO et al., 2004).

Possui como características: perenidade, crescimento cespitoso, que permite a formação de um denso relvado de até 70 cm de altura e cobertura rápida do solo. Além disso, apresenta folhas relativamente longas, de comprimento médio para longo (SILVA, 2007).

SAVI FILHO (2004) e SILVA (2007) citaram como pontos positivos para utilização dessas espécies em vários projetos de recuperação ambiental de áreas degradadas e de taludes, a adaptação a solos de baixa fertilidade e o menor preço de mercado da semente.

Além das características citadas, os autores observaram que, apesar de essa espécie sofrer o efeito da geada, recupera-se rapidamente nas primeiras chuvas, e potencial para controle de erosão. Em complementação a esses aspectos, seu hábito de crescimento lhe confere boa cobertura do solo e elevada resistência ao pastoreio e ao pisoteio (SILVA, 2007).

Porém, como desvantagens a sua utilização para essas áreas, estão: a susceptibilidade ao ataque de cigarrinha, a baixa tolerância a regiões de brejos e alagadiços (SILVA, 2007; PEREIRA, 2006).

Em resumo, as recomendações são: plantio em linhas distanciadas de 30 a 60 cm, semeadura no início do período das chuvas, de preferência sob condições de um meio poroso bem preparado e úmido (PEREIRA, 2006). Nestas condições, utiliza-se de 6 a 8 kg ha⁻¹ de sementes de alto valor cultural (> 90%).

Indicadores da eficiência da cobertura vegetal para a encosta

Segundo as normas do DNIT (2006) e do DNER/PR (2000), a seleção das espécies a serem empregadas em encostas deve se basear em critérios de adaptabilidade edafoclimática, rusticidade, capacidade de reprodução e perfilhamento, velocidade de crescimento e facilidade de obtenção de sementes, além de outras finalidades, tal como as ornamentais e de geração de renda.

Para avaliação dos fatores técnicos, uma das maneiras de facilitar a determinação do estado de revegetação das áreas recuperadas pode ser representada pelo uso de indicadores (ALMEIDA, 2002).

Durante a fase de implantação de um projeto de recuperação de áreas degradadas, os mais usuais estão relacionados ao crescimento quantitativo e qualitativo da vegetação, tais como a descrição do estado da parte aérea vegetal e a mortalidade de mudas (ALMEIDA, 2002). Além desses aspectos, COELHO (2005) a massa seca de raízes, já que o índice de recobrimento e o fortalecimento do solo pelas raízes estão intimamente relacionados a esse parâmetro.

Outros parâmetros consistem na área basal da comunidade florística; altura total e do fuste, que permite identificar o volume da vegetação e, por consequência, a massa vegetal; estado nutricional das folhas; estado fitossanitário da muda e ritmo de crescimento ou desenvolvimento da muda em um determinado período de tempo (ALMEIDA, 2002).

Por sua vez, para as fases de pós-implantação, indicadores de qualidade do solo podem fornecer informações sobre a produtividade vegetal, baseado na correlação existente entre o solo e a vegetação (ALMEIDA, 2002). Dentre os parâmetros utilizados para avaliar tais atributos encontram-se a infiltração de água, a respiração do solo, a estabilidade de agregados, o pH, a densidade, a quantidade de nitrato, a condutividade elétrica, a presença de minhocas e a qualidade da água.

Em relação à quantificação dos efeitos físicos da vegetação na estabilidade, COELHO e PEREIRA (2006) fizeram um resumo dos principais métodos na Tabela 1.

Tabela 1. Métodos para quantificação dos efeitos físicos da vegetação na estabilidade da encosta

Efeitos	Características físicas	Métodos utilizados
Fortalecimento do solo pela raiz	Índice de área radicular, distribuição e morfologia. Forças de tensão radiculares	Pesagem da massa de raízes em determinada massa de solo, contagem da densidade de raiz em profundidade, em parcelas amostrais na encosta. Teste de tensão no campo e na bancada.
Crescimento radicular	Espaçamento, diâmetro e idade das árvores, espessura e inclinação do perfil do solo	Observações de campo Testes de tensão no campo e em bancada
Propriedades físicas do solo		
Sobrecarga	Peso médio da vegetação	Estimativas de campo ou informações na literatura de relação peso/massa vegetal de árvores
Ventos	Regime de ventos para determinado tempo de recorrência, altura média de da planta.	Norma técnica BS CP3:V.2, 1972 ou predição de danos pelo ventos.
Teor de água do solo	Teor de água do solo, profundidade do lençol freático, tensão de água no solo	Teste de campo e em bancada, piezômetros e tensiômetros.
Interceptação	Precipitação líquida sobre a encosta	Pluviógrafo, coleta de escoamento superficial, percentual de cobertura pelo vegetal.
Infiltração	Variações do teor de água do solo com a profundidade	Testes de infiltração para determinação de permeabilidade do solo.

Fonte: adaptação de COELHO e PEREIRA (2006).

A vegetação e o efeito da raiz na estabilização do solo

Na mitigação de problemas ambientais, tais como encostas erodidas e desestabilizadas, margens de rios, sistemas de trilhas, aterros sanitários, áreas mineradas, dentre outros, as raízes e os caules servem como estrutura principal e elementos mecânicos no sistema de proteção de taludes (GRAY e SOTIR, 1996).

No que se refere ao papel das raízes para diminuição dos problemas de deslizamentos em encostas, a estabilidade dessas áreas depende principalmente das cargas atuantes e da resistência do solo ao cisalhamento. Assim, as raízes funcionam como reforço do meio poroso do solo e incremento a resistência desse, sendo importante avaliar a profundidade de enraizamento e a resistência à tração quando o objetivo é prevenir o minimizar deslizamentos de solo (GRAY e SOTIR, 1996; WU, 1976; 2007).

Raízes regulam ainda o teor de água do solo, pois tendem a melhorar a permeabilidade do solo e a infiltração, enquanto a camada orgânica produzida pela parte aérea da planta tende retardar a infiltração da água (MORGAN e RICKSON, 1995).

Por sua vez, as plantas interceptam a água da chuva e retiram a água do solo via evapotranspiração. Todo esse processo reduz o teor de água no solo e, conseqüentemente, a pressão provocada pela coluna de água sob condições de saturação do solo da encosta (MORGAN e RICKSON, 1995; COELHO e PEREIRA, 2006).

Como resultado da redução do teor de água do solo ocorre alterações significativas no equilíbrio das forças atuantes na encosta, fazendo com que a quantidade de água precipitada necessária para causar instabilidade sobre um solo com vegetação seja maior do que a necessária para um solo sem vegetação, o que resulta no aumento do coeficiente de segurança das encostas em condições de saturação do solo (COELHO e PEREIRA, 2006).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIRA, A.; SAKUMA, A. C.; DAMBISKI, L.; MORETTI, T. V. **Bambu**. Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná. 2004. 21p. (Dossiê Técnico).

ALMEIDA, R. O. P. O. **Revegetação de áreas mineradas**: estudo dos procedimentos aplicados em minerações de areia. 2002. 160p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

AZZINI, A.; BERALDO, A. L.; **Bambu**: características e aplicações. Rio Grande do Sul: Editora Agropecuária Ltda., Guaíba, 2004. 180 p.

AZZINI, A.; SALGADO, A. L. B. Enraizamento de propágulos de bambu em diferentes substratos. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 113-118, 1993.

AZZINI, A.; SANTOS, R. L.; PETTINELLI JUNIOR, A. **Bambu**: material alternativo para construções rurais. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. 1997. 18p.

BAG, N.; CHANDRA, S; PALNI, L. M. S.; NANDI, S. K. Micropropagação of Dev-ringal (*Thamnocalamus spathiflorus*) (Trin.) Munro – a temperate bamboo and comparison between in vitro propagated plants and seedlings. **Plant Science**, 2000, p. 125-135.

BERALDO, A. L.; PEREIRA, M. A. R.; **Bambu de corpo e alma**. São Paulo. 2007. 240 p.

BRITO, J. O.; FILHO, M.T, SALGADO, A. L. B. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. **Actual Scientia Florestalis**, Piracicaba, n.36, p. 13-17, ago 1987.

BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A; DESCHAMPS, F. C. Anatomia quantitativa da folha e do colmo de *Brachiaria decumbens* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 519-528, 2004.

CALDERÓN, C. E.; SODERSTROM, T. R. The genera of Bambusoideae (Poaceae) of the american continent: keys and comments. **Smithsonian Contributions to Botany**, v. 44, p.1-27, 1980.

CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; MORTARI, D.; FÁZIO, J. A.; MOTTA, N. O.; FRANCISCO, R. A. Processos erosivos. In: CARVALHO, J. C.; SALES, M., M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. Processos erosivos no Centro-Oeste Brasileiro. Brasília, FINATEC, 2006. p. 40-91.

CETEM. Centro de Tecnologia Mineral. **Projeto conceitual para recuperação ambiental da bacia carbonífera sul catarinense**. 2 ed. Relatório técnico elaborado para o SIESESC. 2001. v.1, p. 33-51.

CHANDRASHEKARA, U. M. Ecology of *Bambusa arudinacea* (Retz.) Willd. growing in teak plantations of Kerala, Índia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 87, p. 149-162, 1996.

COELHO, A. T. Efeitos da vegetação na estabilidade do solo e de encostas. In: **XII Curso sobre erosão e controle de sedimentos**, 2005, Belo Horizonte.

COELHO, A. T.; PEREIRA, A.R. Efeitos da vegetação na estabilidade do solo e de encostas. **Boletim Técnico**, Belo Horizonte, v. 01, n. 02, p.1-20, jun 2006.

CORDEIRO, A. O. O.; SOARES, S. M. P; MORAIS, L. E; RIBEIRO, J. H. C; GARCIA, P. O.; LOBO FARIA, P. C. O estrato de regeneração natural em um fragmento florestal dominado por *Phyllostachys aurea* Carrière Ex Rivière e *C. Rivière* (Poaceae), no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, MG. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, VIII, 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007, p.1-2.

DNER/PARANÁ. **Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias**. Curitiba: Secretaria de Estado de Transportes do Paraná e UFPR/FUPEF, 2000. 246 p.

DIAZ, J. S. La vegetación. In: DIAZ, J. S. **Control de erosion: zonas tropicales**. Bucaramanga, 2001, v. 8, p. 253-289.

DNIT. **Tratamento ambiental de encostas por intermédio de dispositivos de controle de processos erosivos**. Norma 74. Rio de Janeiro: 2006. 22p.

EINLOFT, R.; RUIZ, H. A; GRIFFITH, J. J.; SCHAEFER, C. E. G. R. e COSTA, L. M. Índice de priorização para avaliar a contenção vegetativa em encosta rodoviário de saprolito de gnaiss, na Zona da Mata de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.205-214, 2009.

- EMBAYE, K.; WEIH M.; LEDIN S.; CHRISTERSSON, L. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. **Forest ecology and management**, Amsterdam, v.204, n.2-3, p.159-169, 2005.
- FERNANDES, L. S. **Avaliação de mantas comerciais na vegetação de encosta em corte de estrada**. 2004. 81 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- FIALHO, E. J.; SILVA, A. L. P; TONHOLO, J. Desenvolvimento da cadeia produtiva do bambu: uma oportunidade para empreender. In: SEMINÁRIO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA, 11. 2005, Salvador, BA. **Resumos**. Salvador, BA: ALTEC, 2005. p. 3-4.
- FILGUEIRAS, T.S. Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil (Gramineae: Bambusoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.11, n 1/2, p.47-66. 1988.
- FILGUEIRAS, T.S.; GONÇALVES, A.P. A checklist of the basal grasses and bamboos (Poaceae) in Brazil. **Bamboo Science and Culture: the Journal of the American Bamboo society**, Louisiana, v.18, p.7-18, 2004.
- FONSECA, F.K. **Produção de mudas de bamboo *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae) por propagação vegetativa**. 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2007.
- FU, M. X.; JIANGHUA, L.Y. Cultivation and utilization on bambo. **China Forestry Publishing House**. Beijing, v 12, p. 3-8, 2000.
- GRAY, D. H.; SOTIR, R.B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide of erosion control**. New York: John While and Sons. 1996. 384 p.

HAMADA, H.; IWANAGA, Y.; KAMIMURA, K.; SHIBATA, S. Use of bamboo resource to protect and rehabilitate land. In: INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN. 2002. Quayashil. **Proceedings...** Quayaquil: Ecuadorian Bamboo Association - Ecuabambu, 2002. p. 3-11.

JARAMILLO, S. V. La guadua en los grandes proyectos de inversion. In: CONGRESSO MUNDIAL DE BAMBU/GUADUA Colômbia: Pereira. **Anais...** Colômbia, 1992. 400 p.

JUDZIEWICZ, E. J. et al. **Catalogue of new world grasses (Poaceae): I. Subfamilies Anomochlooideae, Bambusoideae, Ehrhartoideae, and Pharoideae.** Contributions from the United States National Herbarium. Smithsonian Institution, 2000, v.39, p. 1-128, 2000.

KENNARD, D.K; GOULD, .K.; PUTZ, F.E.; FREDERICKSEN, T.S.; MORALES, F. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**, v.162, p.198-208, 2002.

KIGOMO, B. **Guidelines for growing bamboo.** Nairobi: Kenya Forestry Research Institute – KEFRI, 1995. 31p.

LEMOS, E. E. P.; FONSECA, F. K. P.; FIGUEREDO, J. O.; LEÃO, I. B.; RESENDE, L. P.; SOUZA, C. D.; FIGUEIRAS, T. S.; FERREIRA, M. O. Inovações tecnológicas para a propagação de espécies de bambu. In: SEMINÁRIO NACIONAL “ESTRUTURAÇÃO DA REDE DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. 2006, Brasília, DF. **Anais do seminário nacional de bambu.** Brasília, DF: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília . p.133-138.

LIMA, T. H. R. O Bambu na Área de Preservação Permanente do Ribeirão Tanquinho. In: S.O.S COSTA DE BOTUCATU. **Ribeirão Tanquinho vivo:** mobilização e educação ambiental como instrumentos de gestão ambiental. São Paulo, 2008, p. 39-43.

LIN C.S.; LIN, C.C.; CHANG, W.C. Effect of thiadiazuron on vegetative tissue-derived somatic embryogenesis and flowering of bamboo *Bambusa edulis*. **Plant Cell Tissue Organ Cul**, 2004. p. 75-82.

MANHÃES, A.P. **Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil: abordagem preliminar**. 2008. 39 p. Trabalho Final de Graduação (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

MARTELL, A. L Rendimiento de biomasa de *Bambusa vulgaris* y su relación con la protección de los suelos en la provincia de Granma, Cuba. **Zootecnia Tropical**. Aragua, v.26, n.3, p.275-277. 2008.

MATOS JÚNIOR, S. M. S. **Bambus como recurso florestal: suas aplicações, manejo, silvicultura, propagação, entomologia e a situação no DF**. 2004. 50p. Trabalho final de curso de graduação (Graduação em Engenharia Florestal)- Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

MORGAN, R. P. C.; RICKSON, R. J. **Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach**. London: E & FN Spon, 1995. 274 p.

MOROKAWA, M. J. **Influência do bambu *Guadua Tagoara* (Nees) Kunth sobre a regeneração natural no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (RJ)**. 2008. 28 p. Trabalho Final de Curso (Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

NASCIMENTO, D. Material de Fibra. **Téchne**, São Paulo, v. 9, n. 9, p. 32-36, 1994.

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS. Department of science in technology, Government of India. **Cultivating bamboo: training manual**. New Delhi, 2004.24 p.

NICARÁGUA. **Manual de Bioingeniería**. Manágua: Ministério dos Transportes e Infraestrutura. 2009. 130p.

OLIVEIRA, G. J. Erosão acelerada do solo: boçoroca de Mogi Mirim (SP). **Ciência & Ensino**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 16-170, dez. 2007.

OSTAPIV, F. **Análise e melhoria do processo produtivo de tábuas de bambu (*Phyllostachys pubescens*) com foco em pisos**. 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais - Departamento de Pesquisa e Graduação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná), Curitiba, 2007.

PEREIRA, M. A. R. O uso do bambu na irrigação: montagem de um sistema de irrigação por aspersão de pequeno porte utilizando tubulação de bambu. In: UFPB/SBEA. (Org.). **Materiais não Convencionais para Construções Rurais**. Paraíba: UFPB/SBEA, 1997, v.1, p. 293-323.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: FAPI, 2006.150 p.

PINHEIRO, R. R. F. K. P.; NUNES, P. M. Análise morfológica do bambu *Dendrocalamus giganteus*. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PUC-RIO, XV, Rio de Janeiro, RJ. **Resumos**. Rio de Janeiro: PUC-RIO, 2007. p.601-602.

RECHT, C.; WETTERWALD, M. F. **Bamboos**. London: B.T. Batsford Ltd. 1994. 160 p.

RÉGIS, F. M. **Ecodesign: potencialidades do bambu**. 2004. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação(Graduação em Design) – Departamento de Ciências Exatas e de Comunicação, Universidade de Salvador, Salvador, 2004.

RODRIGUES, M. G.; SANTOS, A. R. Efeito da adubação com resíduo orgânico em Latossolo Amarelo Coeso na produção da *Brachiaria decumbens* stapf. e no acúmulo de metais pesados. **Magistra**, Cruz das Almas - BA, v. 14, n. 2, jul./dez, 2002.

SALGADO, A. L. B.; GODOY JÚNIOR, G. O bambu no Brasil, em nossa vida, em nossa cultura, seu cultivo e utilização. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL “O USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL”. 2002, Maceió, AL. **Resumos**. Maceió, AL: SEBRAE Brasil e SEBRAE Alagoas. p.1-31.

SALGADO, A. L. B. Bambu no Brasil uma matéria-prima celulósica e energética. In: SEMINÁRIO NACIONAL “ESTRUTURAÇÃO DA REDE DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. 2006, Brasília, DF. **Anais do Seminário Nacional de Bambu**. Brasília, DF: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília . p.133-138.

SÁNCHEZ CRUZ, M. L. **Caracterização física e mecânica de colmos inteiros do bambu da espécie *Phyllostachys aurea*: Comportamento à flambagem**. 2002. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Departamento de Engenharia Civil – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SAVI FILHO, Ademar. **Utilização de estéreis na mineração de carvão como substrato para revegetação de áreas degradadas** - discussão de metodologia. 2004. 62 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

SILVA, R. M. C. **O bambu no Brasil e no mundo**. Senador Canhedo: EMBAMBU, 2005. 45 p.

SILVA. C. C. M. F. **Características morforológicas e anatômicas de *Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae) em um sistema silvipastoril**. 2007. 31p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Rio de Janeiro, 2007.

TEIXEIRA, A. A. **Painéis de bambu para habitações econômicas**: avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa. 2006. 179p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

TOLEDO FILHO, D.V.; ZANELLA, J. Regeneração da flora arbustiva de um Cerrado nas Bordas de uma voçoroca em Mogi Mirim - SP. In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 3, 2007, Alta Paulista, SP. **Anais**. Alta Paulista, SP: ANAP, 2007, p. 200-206.

XAVIER, L.M. **Caracterização química, física e mecânica do *Phyllostachys áurea* e sua resistência ao ataque de térmitas, preservado com ácido bórico e tanino condensável**. 2004. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

ZHOU, B.; FU, M.; XIE J.; YANG, X.; LI, Z. Ecological functions of bamboo forest: Research and Application. **Journal of Forestry Research**, Fujang, v.16, n.2, jun. 2005.

WENZL, P.; PATIÑO, G. M.; CHAVES, A. L.; MAYER, J. E.; RAO, I. M. The high level of aluminium resistance in signalgrass is not associated with known mechanisms of external aluminium detoxification in root apices. **Plant Physiology**, v.125, p.1473-1484, 2001.

WU, T. H., Investigation of landslides on Prince of Wales Island, Alaska. **Engineering Report**, Ohio State, n. 5, p. 94, 1976.

WU, T. H. **Root reinforcement analyses and experiments**. In: Stokes, A., Spanos, I. J.; Norris, E; Cammeraat L. H. [eds.], Eco- and ground bio-engineering: the use of vegetation to improve slope stability **Developments in Plant and Soil Sciences**. v.103, n.1, p. 21-30, 2007.

CAPÍTULO ÚNICO

POTENCIALIDADES DE ESPÉCIES DE BAMBU PARA A ESTABILIDADE DE ENCOSTAS E ÁREAS DEGRADADAS EM SOLOS DE CERRADO

(Trabalho a ser enviado para ser publicado na revista Bragantia)

POTENCIALIDADES DE ESPÉCIES DE BAMBU PARA A ESTABILIDADE DE ENCOSTAS EM SOLOS DE CERRADO¹

CIBELE DUTRA DE FRANÇA²; CARLOS ALBERTO DA SILVA OLIVEIRA³; CÍCERO LOPES DA
SILVA⁴; MARCELO FAGIOLI⁵

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar a sobrevivência, o crescimento e a produção de massa vegetal aérea e radicular de quatro espécies de bambu e uma de grama, para recuperação de encostas degradadas, sob condições edafoclimáticas do Cerrado e em dois substratos. As espécies de bambu e grama foram *Phyllostachys aurea*, *Phyllostachys* sp., *Bambusa vulgaris* e *Bambusa textilis* var. “gracilis” e *Brachiaria decumbens*, respectivamente. As adubações foram com NPK 4-14-8 e esterco bovino. O experimento foi conduzido sob um esquema completamente casualizado, com 5 repetições e 180 vasos. A sobrevivência das mudas foi avaliada aos 40 dias após o plantio (dap). O comprimento máximo e área superficial de raízes; volume e massa seca de colmo, hastes, folhas e raízes e massa seca de rizoma foram avaliados aos 60, 120 e 180 dap. Aos 180 dap, *Brachiaria decumbens* apresentou o maior comprimento e área superficial de raízes; o maior volume de colmos, hastes, folhas e raízes; e a maior sobrevivência aos 40 dap. Dentre os bambus, *Phyllostachys aurea* apresentou a maior massa seca de raízes finas, área superficial e volume de raízes; *Phyllostachys* sp., o maior volume de colmo, folhas e haste; e *Phyllostachys* sp. e *Bambusa vulgaris* o maior comprimento máximo de raiz fina. O substrato organomineral afetou a maioria das variáveis analisadas das gramíneas, inclusive a sobrevivência dos bambus.

Palavras-chave: morfologia radicular, *Brachiaria decumbens*, crescimento vegetal.

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor. Recebido para publicação em ...e aceito em ...

² Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. E-mail: cibdf@yahoo.com.br. Autor correspondente

³ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. E-mail: dasilvao@unb.br. Autor correspondente.

⁴ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. E-mail: cicero@unb.br

⁵ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. E-mail: mfagioli@unb.br

ABSTRACT

POTENTIAL FOR SPECIES OF BAMBOO FOR HILLSIDE STABILITY IN SOIL OF SAVANNAH

This study evaluated survival, growth and plant shoots and roots mass production of four species of bamboo and grass, for recovery of degraded slopes, under Cerrado soil conditions and two substrates. Species of bamboo and grass were *Phyllostachys aurea*, *Phyllostachys* sp., *Bambusa vulgaris* and *Bambusa textilis* var. "gracilis" and *Brachiaria decumbens*, respectively. The two fertilizations were NPK 4-14-8 and cattle manure. The experiment was carried out under a completely randomized design with five replicates and 180 vessels. Seedlings survivals were evaluated at 40 days after planting (dap). Roots maximum length and surface area; volume and dry mass of culms, stem, leaves and roots, and rhizome dry mass were evaluated at 60, 120 and 180 dap. At 180 dap, *Brachiaria decumbens* showed the highest root length and surface area; the highest volume of culms, stems, leaves, and roots; and the highest survival at 40 dap. Among bamboos, *Phyllostachys aurea* had the highest thin root dry mass, surface area and volume of roots; *Phyllostachys* sp. had the highest volume of culm, leaves and stem; and *Phyllostachys* sp. and *Bambusa vulgaris* the highest maximum length of fine roots. The substrate organomineral affected the majority of variables of the grasses, including the survival of bamboos.

Key-words: root morphology, *Brachiaria decumbens*, plant growth

INTRODUÇÃO

Em relevos íngremes e desprovidos de cobertura vegetal, enxurradas frequentes podem contribuir para o processo erosivo, intensificando a mobilização de massas de solo morro abaixo (CARVALHO et al., 2006). Para diminuir o fator de risco de ocorrência desses processos, diversas técnicas são empregadas, dentre elas: placas de grama; hidrossemeadura; sacos de aniagem e geossintéticos (FERNANDES, 2004).

Existe ainda, nessas áreas, inúmeras agrotecnologias tais como o plantio em covas/semeadura de variadas espécies vegetais, dentre elas, as gramíneas, tais como o capim vetiver (*Vetiveria zizanoides* L.), o capim braquiária (*Brachiaria decumbens*); as herbáceas leguminosas, tais como calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*) e algumas crotalárias (*Crotalaria* spp.) (ALMEIDA, 2002).

Além dessas espécies, alguns autores também têm recomendado o uso do bambu no controle da erosão produzida por deslizamento, ventos fortes ou do assoreamento dos corpos de água (MOROKAWA, 2008). No Brasil, há potencialidade de serem empregadas espécies exóticas, tais como: *Bambusa vulgaris* Schrad, *B. tuldoides*, *Dendrocalamus giganteus* e, o gênero *Phyllostachys*; e outras adaptadas ao solo e ao clima do Cerrado brasileiro (FILGUEIRAS, 1988).

Todavia, existem poucos estudos comparativos de agrotecnologias envolvendo a eficiência de cada cobertura vegetal de bambu para a contenção de encostas, considerando a resistência às condições adversas do solo e às variações climáticas (ALMEIDA, 2002). Outros aspectos desejáveis são: sistema radicular profundo, crescimento vigoroso, disponibilidade de mudas e sementes no mercado, eficácia e rapidez na cobertura do solo (DNER/PR, 2000).

Segundo alguns autores, o bambu satisfaz algumas dessas exigências, inclusive possuindo uma variedade de métodos propagativos para o seu estabelecimento, dentre eles, a propagação vegetativa (AZZINI e BERALDO, 2004). As espécies leptomorfas ou alastrantes do gênero *Phyllostachys* são obtidas com maior facilidade por meio de fragmentos de rizomas com raízes e a maioria das espécies entouceirantes, principalmente os gêneros *Bambusa* e *Dendrocalamus*, por pedaços de segmentos de colmos contendo gemas brotadas ou não.

O presente trabalho objetivou avaliar a sobrevivência, o crescimento e a produção de massa vegetal aérea e radicular de quatro espécies de bambu e uma de grama, indicadas para recuperação de encostas degradadas, sob condições edafoclimáticas do Cerrado e substratos com adubação mineral e organomineral.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Água Limpa, Brasília-DF, em área de 217,80 m², localizada a 15° 56' 56.52'', de latitude sul e 47° 55' 59.92'', de longitude oeste, à 1.100 m de altitude. Segundo Köppen, o clima é do tipo Aw tropical chuvoso de inverno seco. A condução deste foi realizada no período de janeiro a setembro de 2010, em 180 vasos dispostos em campo, no espaçamento de 0,60 m.

As mudas foram previamente propagadas em janeiro de 2010. Para tanto, foram selecionadas 36 estacas previamente enraizadas das espécies *Phyllostachys aurea*, *Phyllostachys* sp. e *Bambusa textilis* var. "gracilis", uniformizadas em relação ao comprimento de raiz e a massa fresca total de acordo com a espécie.

A propagação de *Bambusa vulgaris* foi realizada a partir de colmos contendo um entrenó, selecionados da porção basal do colmo e coletados na porção mais externa de touceiras com, no máximo, um ano de idade.

A obtenção de mudas de *Brachiaria decumbens* foi realizada por meio de sementes, dispondo-se em cada vaso, 2,25 g de sementes de alta pureza (90% de germinação). Aos 40 dias do plantio (dap) de *Brachiaria decumbens* foi feito o desbaste para seleção de uma única muda.

Em março de 2010, as mudas foram pesadas e realizou-se poda para uniformização do comprimento do sistema radicular. Em seguida, foram transplantadas para vasos de polietileno flexível de 50 cm de diâmetro e 50 cm de altura.

Os vasos foram preenchidos com uma mistura na proporção 2:1 de: latossolo vermelho escuro e 180 g de NPK 4-14-8 e areia, denominado substrato com adubação mineral (S1); e latossolo vermelho escuro e 5 kg de esterco bovino curtido e areia denominado substrato com adubação organomineral (S2). Todos os vasos receberam 100 g de calcário dolomítico.

Os tratamentos corresponderam a cinco genótipos, *Bambusa vulgaris*, *Bambusa textilis* var. “gracilis”, *Phyllostachys aurea*, *Phyllostachys* sp., *Brachiaria decumbens* e; duas adubações, S1 e S2. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições.

O experimento foi instalado sob irrigação convencional por aspersão, proporcionando uma precipitação média de 11,1 mm dia⁻¹.

As análises física da composição granulométrica e química do complexo sortido de nutrientes de solo foram realizadas antes e após os tratamentos, segundo metodologia da EMBRAPA (1997). Os substratos utilizados nos vasos foram agrupados na classe textural franco argilo-arenosa.

Aos 40 dap, foi obtida a taxa de sobrevivência, definida pela relação entre número de plantas vivas com crescimento radicular ativo e total de plantas.

Aos 60, 120 e 180 dap, foram coletadas cinco amostras de cada parcela. A remoção das plantas dos vasos foi realizada utilizando-se jatos controlados de água. Das plantas extraídas do solo, separou-se a parte aérea da subterrânea. As raízes coletadas foram lavadas em peneira de 0,42 mm.

Em seguida, as partes das plantas foram distribuídas em uma bandeja de vidro de 210 x 279x10 mm e dispostas em um scanner de resolução de 200 dpi. As imagens digitais obtidas foram processadas pelo software “Safira de Análise de Fibras e Raiz” (EMBRAPA, 2010).

Por meio desse software, foi possível determinar a área superficial das raízes, o comprimento e volume radicular em duas classes de diâmetro: $\leq 1,61$ mm e $> 1,61$ mm e volume de raízes, colmo, hastes, folhas e total (colmo, hastes, folhas, raízes e rizomas) de cada espécie vegetal analisada.

Na etapa seguinte, raízes, que foram separadas visualmente nos diâmetro $\leq 1,61$ mm e $> 1,61$ mm, rizoma e parte aérea foram secas em estufa a 65°C até alcançarem massa constante. Após secagem, as partes vegetais foram pesadas para quantificação da massa vegetal seca de colmo, hastes e folhas, de raiz e de rizoma e total.

Os dados foram analisados por meio do programa estatístico Assistat versão 7.5 (ASSISTAT, 2010), obtendo-se ainda, curvas de regressão para as diferentes variáveis dependentes analisadas em função do tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentro do mesmo período em dias após o plantio, as características físico-químicas dos substratos com adubação mineral e organomineral foram semelhantes, exceto, a 0 e 180 dap, para os teores de MO, C e saturação por bases e; a 0 dap, para o teor de Ca e soma de bases (Tabela 2). Entre os períodos foi observado a redução dos teores de P, B e Cu, provavelmente pela absorção desses nutrientes pela planta.

Conforme esperado, no substrato organomineral houve a tendência de teores mais elevados de P, matéria orgânica, C orgânico e pH alcalino. Também foi considerado eutrófico em razão da saturação por bases superior a 50%.

Houve interação significativa entre espécies e substratos para a maioria das variáveis dependentes de crescimento analisadas (Tabela 3). As exceções foram: comprimento máximo de raiz fina aos 180 dap; comprimento máximo de raiz grossa aos 60 dap; volume de raízes finas, aos 120 dap; volume de raízes grossas, aos 180 dap; volume total de raízes aos 60 e 120 dap; volume de colmo, folhas e hastes aos 120 e 180 dap; e massa seca total aos 60 dap.

Tabela 2. Análises física e química dos substratos com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) realizadas aos 0 e 180 dias após o plantio (dap) das gramíneas

		-----%-----			----- g Kg ⁻¹ -----		-----%-----			
		Argila	Areia	Silte	MO	C	Saturação por bases	Saturação por alumínio	Saturação por sódio	
0 dap	S1	25	67	25	13,2*	4,6 *	28**	5,6**	8,9 **	
	S2	30	62	26	45,8**	26,6**	74***	0,0**	1,7 **	
180 dap	S1	32	60	27	18,2*	10,6*	42**	0,0**	3,4**	
	S2	25	70	25	40,0**	20,0**	70***	0,0**	1,7**	
		----- PPM -----							----- pH -----	
		P	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	(H ₂ O)	
0 dap	S1	15,2**	0,31*	0,99 **	45,0***	23,9***	22,7***	12,6 *	5,5 ^b	
	S2	19,8**	0,11*	1,03 **	57,6***	18,8***	7,89***	13,2 *	7,0 ^a	
180 dap	S1	6,0*	0,09*	0,12 *	71,8***	16,3***	2,38***	4,4 *	8,0 ^a	
	S2	7,5*	0,09*	0,12 *	175,0***	28,9***	4,55***	2,1 *	8,1 ^a	
		----- c molc dm ⁻³ -----								
		Ca	Mg	K	Na	Al	Acidez (H +Al)	Soma das bases	CTC	
0 dap	S1	0,8*	0,4**	0,34*	0,15*	0,1*	4,3*	1,69*	5,99**	
	S2	3,0**	1,9**	0,33*	0,09*	0,0*	1,9 *	5,32**	7,22**	
180 dap	S1	2,8**	1,1 **	0,18*	0,14*	0,0*	1,5*	4,22**	5,72**	
	S2	2,1**	1,2**	0,17*	0,06*	0,0*	1,5*	3,53**	5,03**	

* baixo teor, ** adequado teor; *** elevado teor; ^a: pH alcalino, ^b: pH ácido

Além dessa interação, pelo teste de Tukey, a $p < 0,05$, o substrato organomineral apresentou predomínio de médias superiores ao solo com adubação mineral, para a maioria das variáveis dependentes analisadas durante 180 dap (Tabela 4).

As exceções foram referentes ao comprimento máximo de raízes finas aos 180 dap, volume total de raízes finas aos 120 dap, volume de raízes grossas aos 60 e 180 dap, volume total de raízes aos 60 dap e volume de colmo, folhas e hastes, aos 60, 120 e 180 dap, cujas médias não foram diferenciadas em relação ao solo S1.

Esses resultados sugerem que a adubação com esterco bovino em comparação ao uso de NPK 4-14-8 possui efeito mais positivo na fase de crescimento das gramíneas.

Tabela 3. Interação entre espécie (*Bambusa vulgaris*, *Bambusa textilis* var. “gracilis”, *Phyllostachys aurea*, *Phyllostachys* sp., *Brachiaria decumbens*) e substrato com adubação mineral e organomineral aos 60, 120 e 180 dias após o plantio para as variáveis dependente estudadas

Interação Espécie x adubação			
Variável dependente	60 dias	120 dias	180 dias
Comprimento máx. da raiz fina (diâmetro ≤ 1,61mm)	50,6**	39,0 **	0,3 ns
Comprimento máx. da raiz grossa (diâmetro >1,61mm)	0,63 ns	28,90**	9,4 **
Volume de raízes finas	4,3 *	0,6 ns	95,3 **
Volume de raízes grossas	12,09**	14,92**	1,8 ns
Volume total de raiz	2,27 ns	1,65 ns	54,41 **
Volume de colmo, folhas e hastes	4,4 **	0,3 ns	1,18 ns
Área superficial de raízes	19,8 **	5,4 **	29,58**
Massa seca de raízes finas	11,41**	15,42**	6,92*
Massa seca de raízes grossas	4,6**	184,94**	5,8**
Massa seca de colmo, folhas e hastes	4,3 *	69,4**	28,3**
Massa seca de rizoma	59,39**	237,56**	7,71**
Massa seca de raiz	6,45 **	26,39**	5,90**
Massa seca de raiz e rizoma	3,76**	82,59**	5,90**
Massa seca total (raiz, rizoma, colmo, hastes e folhas)	0,97 ns	96,13**	481,22**

Estatística do teste F; ** significativo ao nível de 1% ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Segundo KLEINGHENZ e MIDMORE (2001), não existe um consenso sobre a forma de fertilizantes preferível sobre a produtividade do bambu. No entanto, nutrientes na forma organomineral são liberados mais lentamente para a solução do solo em comparação a forma mineral. Isso decorre da decomposição mais lenta da matéria orgânica provocada por microrganismos, na presença de água e de temperaturas adequadas.

A produtividade de *Brachiaria decumbens* também aumentou com a forma de adubação organomineral (VANEGAS CHACÓN, 2005).

Tabela 4. Médias das variáveis dependentes em função do tipo de gramínea e do substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 180 dias após o plantio

<i>Bambusa vulgaris</i>		<i>Bambusa</i> “gracilis”		<i>Phyllostachys aurea</i>		Phyllostachys sp.		<i>Brachiaria decumbens</i>	
S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Comprimento máximo de raiz grossa (diâmetro > 1,61 mm) (cm)									
11,5 b	12,6 a	8,4 de	8,3 de	8,4 de	8,0 e	9,0 d	10,3 c	8,3 de	8,3 de
Área superficial de raiz (cm ²)									
88,1 f	103,8 f	129,9 e	130,5 e	293,1 c	298,5b	264,7d df	274,6cd	412,0 a	406,5 a
Volume de raízes finas (cm ³)									
4,8 e	5,7e	2,5 f	2,6 f	17,2 d	19,6 c	17,9 d	16,8 d	25,2 b	29,6a
Volume total de raiz (cm ³)									
6,5 ef	7,6 e	5,2 fg	4,9 g	21,7 d	24,1 c	22,3 d	21,3 d	32,2 b	36,5 a
Massa seca de colmo, folhas e hastes (g)									
14,2 a	14,4 a	6,0 e	6,6 de	7,4 cd	7,4 c	7,0 cd	10,0 b	3,1 f	3,4 f
Massa seca de rizoma (g)									
0,0 d	0,0 d	6,3 c	6,7 c	8,4 b	8,5 b	14,6 a	15,4 a	0,0 d	0,0 d
Massa seca de raízes finas (g)									
14,4d	13,4 d	8,8 e	10,0 e	28,8 a	29,3 a	23,5bc	24,5 b	22,0 c	23,9b
Massa seca de raízes grossas (g)									
4,2 de	4,9 cd	4,6 cd	5,0 c	6,4 b	7,9 a	5,0 c	5,4 c	3,1f	3,6 ef
Massa seca total de raízes (g)									
18,6 f	18,3 f	13,5 g	15,0 g	35,1b	37,2 a	28,6 cd	30,0 c	25,1 e	27,5a
Massa seca de raiz e rizoma (g)									
18,6d	18,3d	19,8 cd	21,5c	43,5 a	45,7 a	43,2a	45,4a	25,1b	27,5 b
Massa seca total (raiz, rizoma, colmo, hastes e folhas) (g)									
32,7 c	32,6 c	25,7 e	28, de	51,0 b	53,1 ab	50,1 b	55,1 a	28,1de	31,0 cd

*Médias seguidas das mesmas letras, minúscula dentro de cada linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Sobrevivência dos genótipos. Pela Figura 1, aos 40 dap, a taxa de sobrevivência de *Brachiaria decumbens* foi de 100% dos exemplares cultivados, não havendo diferenças, nesse tratamento, entre o composto constituído por adubo mineral e organomineral.

No mesmo período, a maioria das espécies de bambus apresentou uma taxa de sobrevivência inferior a de brachiaria, com valores de 83 a 56%. As taxas de sobrevivência menores foram observadas no gênero *Phyllostachys* sp., com 56 a 61% de sobreviventes em solo mineral e, 67 a 69% de sobreviventes em solo organomineral, seguida por *Bambusa textilis* var. “gracilis”, com 70% de sobreviventes em ambos substratos (Figura 1).

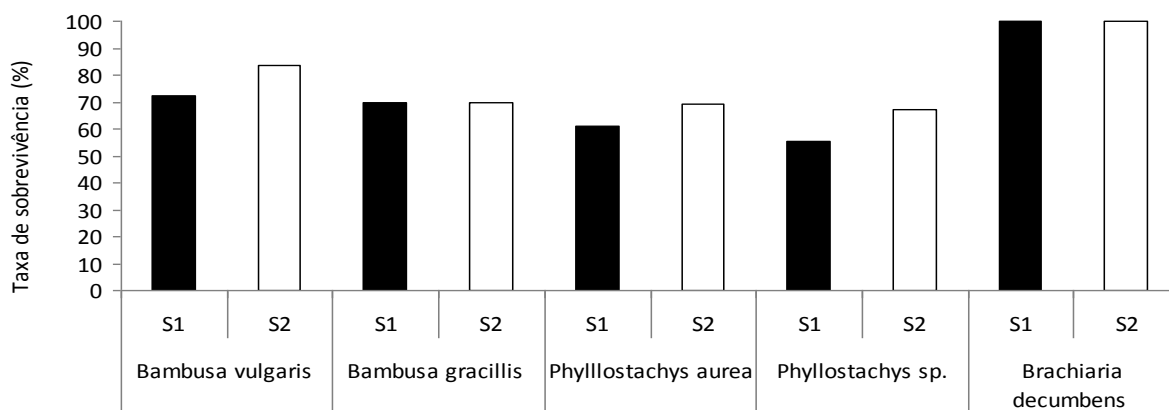


Figura 1. Taxa de sobrevivência de cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e substrato com adubação organomineral (S2) aos 40 dias após o plantio

MATOS JR. (2004) também observou taxas de sobrevivências de propágulos de *Phyllostachys sp.* e *Bambusa vulgaris* em telados localizados no mesmo local. As menores taxas de sobrevivência foram obtidas de *Phyllostachys sp.* com 12 a 18% de mudas vivas. O autor sugere que a temperatura elevada desfavoreceu a emissão de raízes de *Phyllostachys sp.*, originária de regiões de clima temperado e por outro lado, foi favorável ao desenvolvimento de *Bambusa vulgaris*, típica de clima tropical.

O meio físico químico proporcionado pelo substrato S2 tendeu a proporcionar maiores taxas de sobrevivência entre os bambus, exceto no *Bambusa textilis* var. “gracilis”. Este resultado condiz com AZZINI e BERALDO (2004). Para os autores, o composto orgânico contribui com a produção, pelo aumento na capacidade de penetração e na retenção de água, elevação na capacidade de troca de cátions (CTC) e no pH, além de outras propriedades condicionadoras do solo.

Comprimento máximo de raízes. Analisando-se o crescimento do comprimento máximo de raízes de diferentes diâmetros, as raízes finas das cinco gramíneas alcançaram maior comprimento total em comparação às raízes grossas (Tabela 5).

Tabela 5. Equações de regressão $y = f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) e para comprimento máximo de raiz fina e de raiz grossa, sendo x o tempo em dias após o plantio

Espécie	Substrato	$y = f(x)$	R^2	F
Comprimento máximo de raiz fina (cm)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 0,21x - 5,97$	0,99	106,96*
	S2	$y = 0,27x - 6,33$	1,00	1803,89*
<i>Bambusa textilis</i> var. "gracilis"	S1	$y = 0,29x^2 + 6,44x - 4,58$	1,00	66,59*
	S2	$y = 0,82x^2 + 4,80x - 3,38$	1,00	23,46 *
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 7,11x^2 - 15,85x + 14,43$	1,00	33,89*
	S2	$y = 7,76x^2 - 18,44x + 17,89$	1,00	233,62*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 0,24x - 0,65$	1,00	1269,81*
	S2	$y = 2,14x + 46,66$	1,00	683,81*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 67,88x^2 - 191,07x + 129,58$	1,00	908,91*
	S2	$y = 61,82x^2 - 166,91x + 112,84$	1,00	631,30*
Comprimento máximo de raiz grossa (cm)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 4,42x - 0,56$	0,82	111,32 *
	S2	$y = 4,81x - 0,42$	0,81	1314,11*
<i>Bambusa textilis</i> var. "gracilis"	S1	$y = 1,75x^2 - 3,38x + 2,76$	1,00	254,19*
	S2	$y = 1,80x^2 - 3,68x + 3,24$	1,00	238,66*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 1,21x^2 - 1,37x + 1,64$	1,00	728,86*
	S2	$y = 1,93x^2 - 4,60x + 4,42$	1,00	114,59*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 1,31x^2 - 2,01x + 3,18$	1,00	66,39*
	S2	$y = 1,83x^2 - 3,50x + 4,38$	1,00	85,68*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 3,12x - 0,57$	0,93	828,00*
	S2	$y = 29,33x + 1,2536$	0,88	399,42*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo teste de F

No que se refere aos fatores relacionados às espécies, o comprimento máximo de raiz fina das cinco gramíneas foi representado por curvas de regressão polinomiais crescentes ao longo dos 180 dap, exceto em *Bambusa vulgaris* e *Phyllostachys* sp., que apresentaram crescimento linear (Tabela 5).

Durante o período final de avaliação, 180 dap, a espécie que apresentou maior comprimento máximo de raízes finas foi *Brachiaria decumbens*. Nesse período, *Brachiaria decumbens* já havia completado o final de sua fase de crescimento, que se estende de 90 a 120 dap (PEREIRA, 2006). As espécies seguintes em termos de crescimento foram: *Bambusa vulgaris* e *Phyllostachys* sp.

A espécie de maior porte *Bambusa vulgaris* destacou-se dentre os demais tratamentos, para o comprimento máximo de raiz grossa, com um padrão de crescimento linear ao longo do tempo, o que sugere continuidade de crescimento após o período analisado.

As demais espécies de bambu apresentaram curvas de regressões quadráticas (Tabela 5). Para essa variável, outros tratamentos que se destacaram foram *Phyllostachys* sp. e *Brachiaria decumbens*, com crescimento linear aos 180 dap.

Volume e área superficial de raízes. O crescimento dos volumes de raízes finas, raízes grossas e total foi representado por curvas lineares para a maioria das espécies aos 180 dap (Tabela 6). As exceções foram: *Bambusa textilis* var. “*gracilis*”, para volume de raiz de grossa e de raiz, e *Brachiaria decumbens*, para volume de raiz grossa, cujas curvas foram quadráticas.

A Tabela 6 evidenciou que *B. decumbens*, aos 180 dap, foi o melhor tratamento para volume de raízes finas. Em ordem decrescente a esse resultado, apareceram os bambus alastrantes, *Phyllostachys aurea* e *Phyllostachys* sp.

No que se refere à produção de raízes grossas, *B. decumbens* alcançou novamente o melhor coeficiente angular dentre as espécies avaliadas (Tabela 6). A curva desse tratamento foi quadrática crescente. A segunda posição na produção de raízes desse diâmetro foi observada em *P. aurea* e *Phyllostachys* sp.

Tabela 6. Equações de regressão $y = f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato mineral (S1) e organomineral (S2) para volume de raízes finas, grossas e total e área superficial de raízes, sendo x o tempo em dias após o plantio

Espécie	Substrato	$y = f(x)$	R^2	F
Volume de raízes finas (mm ³)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 1,82x - 0,64$	1,00	1155,54*
	S2	$y = 2,26x - 1,18$	0,99	2331,85*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 0,93x - 0,31$	1,00	1522,07*
	S2	$y = 0,91x - 0,04$	0,93	659,39*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 8,05x - 4,55$	0,78	22845,09*
	S2	$y = 8,99x - 5,41$	0,87	5074,45*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 7,65x - 4,44$	0,87	2680,53*
	S2	$y = 8,28x - 5,46$	0,91	1595,52*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 12,45x - 9,17$	0,86	2662,59*
	S2	$y = 14,60x - 12,05$	0,94	1264,59*
Volume de raízes grossas (mm ³)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 0,52x + 0,16$	0,96	487,90*
	S2	$y = 0,63x - 0,18$	0,89	851,49*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 0,86x^2 - 2,36x + 2,07$	1,00	639,73*
	S2	$y = 0,68x^2 - 1,86x + 1,80$	1,00	195,52*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 1,32x + 0,67$	0,97	366,90*
	S2	$y = 1,29x + 0,87$	0,97	445,98*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 1,08x + 1,15$	0,99	272,38*
	S2	$y = 1,06x + 1,45$	0,92	225,96*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 1,50x^2 - 2,73x + 1,65$	1,00	331,52*
	S2	$y = 1,87x^2 - 4,29x + 2,90$	1,00	243,62*
Volume total de raízes (mm ³)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 2,34x - 0,48$	1,00	921,79*
	S2	$y = 2,89x - 1,00$	1,00	1803,93*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 0,86x^2 - 1,45x - 1,77$	1,00	116,86*
	S2	$y = 0,27x^2 - 0,65x + 0,42$	1,00	7,45*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 9,36x - 3,88$	0,84	9266,47*
	S2	$y = 10,29x - 4,54$	0,90	8037,41*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 8,73x - 3,28$	0,93	3572,15*
	S2	$y = 9,34x - 4,00$	0,90	1592,35*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 1,57x - 1,25$	0,94	229,49*
	S2	$y = 1,78x - 1,54$	1,00	2045,23*
Área superficial (mm ²)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 7,93x^2 - 4,17x - 25,23$	1,00	27,70*
	S2	$y = 20,81x^2 - 48,22x + 61,26$	1,00	174,32*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 41,50x^2 - 110,06x + 86,55$	1,00	675,47*
	S2	$y = 40,19x^2 - 105,29x +$	1,00	670,23*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 128,07x - 55,99$	0,84	22401,78*
	S2	$y = 130,69x - 61,68$	0,87	35354,71*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 112,34x - 59,90$	1,00	2140,88*
	S2	$y = 116,70x - 641,08$	1,00	1742,18*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 202,03x + 183,12$	1,00	4020,67*
	S2	$y = 198,59x + 168,92$	1,00	1443,33*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo teste de F

Volume e massa seca de colmo, folhas e hastes. Pela Tabela 7, o melhor modelo de regressão para volume de colmo, folhas e hastes de todas as cinco gramíneas obedeceu ao modelo linear de crescimento ao longo de 180 dap. A espécie que obteve maior crescimento nesse período foi *Brachiaria decumbens*. Crescimentos inferiores à *B. decumbens*, porém superiores aos demais tratamentos, foram encontrados em *Phyllostachys aurea* e *Phyllostachys sp.*

Tabela 7. Equações de regressão $y = f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) e para volume total e área superficial de raízes, sendo x o tempo em dias após o plantio

Espécie	Substrato	$y = f(x)$	R^2	F
Volume de colmo, hastes e folhas (mm ³)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 1,91x + 2,45$	0,96	581,83*
	S2	$y = 2,02x + 0,07$	0,91	1240,38*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 0,43x - 0,01$	0,98	1338,50*
	S2	$y = 0,44x + 0,06$	0,78	636,40*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 3,68x - 2,08$	0,84	2270,12*
	S2	$y = 3,86x - 2,37$	0,86	7942,40*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 3,60x - 2,38$	0,86	5124,23*
	S2	$y = 3,60x - 2,13$	0,78	774,22*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 7,22x - 5,12$	0,91	1026,69*
	S2	$y = 7,51x - 5,35$	0,92	607,28*
Massa seca de colmo, folhas e hastes (g)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 4,16x + 2,38$	0,92	371,97*
	S2	$y = 4,46x + 1,73$	0,92	806,18*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 1,085x + 2,74$	1,00	85,66*
	S2	$y = 1,08x + 3,27$	0,98	338,64*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 0,54x^2 - 0,45x + 3,93$	1,00	33,91*
	S2	$y = 0,865x^2 - 2,02x + 5,74$	1,00	27,23*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 0,02x + 2,20$	1,00	377,42*
	S2	$y = 0,04x + 1,60$	1,00	487,02*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 0,25x^2 - 0,12x + 1,14$	1,00	14,42*
	S2	$y = 0,46x^2 - 0,90x + 2,00$	1,00	22,05*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo teste de F

Na Tabela 7, embora *Brachiaria decumbens* tenha apresentado maior crescimento para o volume de colmo, folha e hastes, a maior massa vegetal seca desses tecidos ocorreu em *Bambusa vulgaris*.

Em tal espécie, a curva de crescimento foi linear aos 180 dap, indicando que o crescimento apresenta continuidade para massa vegetal aérea após esse período (Tabela 7). Outros tratamentos representativos em relação à massa aérea, mas com curvas polinomiais e valores inferiores à *B. vulgaris*, foram: *Phyllostachys aurea* e *Phyllostachys* sp.

Massa seca de raízes, rizomas e total (raízes, rizoma, colmo, hastes e folhas). Os resultados permitiram inferir que *Phyllostachys aurea* foi a espécie com maior crescimento em termos de massa seca de raízes finas e grossas, rizomas, raízes e total (raízes, rizoma, colmo, hastes e folhas) (Tabelas 8 e 9). Curvas de regressão linear de *P. aurea* foram ajustadas para o crescimento de massa de raízes, rizoma e total.

As exceções foram encontradas em relação à massa seca de rizoma, raiz e rizoma e total (raízes, rizoma, colmo, hastes e folhas), cujo maior crescimento foi referente à *Phyllostachys* sp. (Tabela 9).

Ao longo de 180 dap, o padrão de crescimento de massa seca de raízes, rizomas e total de *Phyllostachys aurea* foi representado de forma mais eficiente pelo modelo linear. Os coeficientes de regressão (R^2) variaram de 0,93 a 1,00 (Tabelas 8 e 9). Para *Phyllostachys* sp., os modelos de curva seguiram o padrão linear, exceto no que diz respeito à massa seca de rizoma e de raízes finas (Tabela 8).

Distribuição de raízes no solo. Pela análise das massas secas vegetais e do comprimento de raízes finas e de raízes grossas dos bambus (Figuras 2A e 2B) pôde-se inferir que o comprimento máximo de raiz fina foi de 21 cm de solo. Esse tipo de raiz contribuiu com um total de 17 a 43% da massa vegetal subterrânea, dependendo da época de coleta (Figura 3).

Tabela 8. Equações de regressão $y = f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) e para massa seca de raízes finas e grossas, sendo x o tempo em dias após o plantio

Espécie	Substrato	$y = f(x)$	R^2	F
Massa seca de raízes finas (g)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 1,06x^2 + 0,65x + 2,93$	1,00	10,80*
	S2	$y = 0,67x^2 + 0,39x + 6,11$	1,00	6,86*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 2,11x + 2,62$	0,99	328,47*
	S2	$y = 2,84x + 2,18$	0,85	418,13*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 9,16x + 3,10$	0,89	4365,55*
	S2	$y = 8,67x + 5,49$	0,84	2038,34*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 0,39x^2 - 0,04x + 3,55$	1,00	114,85*
	S2	$y = 0,86x^2 - 1,97x + 7,82$	1,00	142,71*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 0,25x^2 - 0,12x + 1,14$	1,00	569,47*
	S2	$y = 0,46x^2 - 0,9x + 2,00$	1,00	5,42*
Massa seca de raízes grossas (g)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 0,86x + 1,60$	1,00	30,56*
	S2	$y = 1,09x + 1,49$	0,95	158,26*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 0,58x^2 - 1,16x + 2,88$	1,00	36,94*
	S2	$y = 0,82x^2 - 2,19x + 4,22$	1,00	51,59*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 2,01x + 0,56$	0,96	4471,45*
	S2	$y = 2,72x - 0,1$	0,99	847,77*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 1,39x + 0,59$	0,91	330,01*
	S2	$y = 1,34x + 1,74$	0,83	280,91*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 0,12x^2 - 0,09x + 1,72$	1,00	33,60*
	S2	$y = 0,27x^2 - 0,26x + 1,97$	1,00	4,84*
Massa seca de raízes (g)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 1,03x^2 + 1,65x + 4,41$	1,00	5,30*
	S2	$y = 1,12x^2 - 0,315x + 9,10$	1,00	12,42*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 3,27x + 3,57$	0,99	910,92*
	S2	$y = 3,93x + 3,63$	0,97	440,30*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 11,17x + 3,66$	0,91	4498,60*
	S2	$y = 11,39x + 5,39$	0,88	3158,69*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 10,03x - 0,18$	0,95	1638,13*
	S2	$y = 10,11x + 1,56$	0,90	2009,47*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 6,98x^2 - 18,07x + 16,46$	1,00	458,71*
	S2	$y = 8,83x^2 - 24,86x + 22,60$	1,00	541,91*

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo teste de F

Tabela 9. Equações de regressão $y = f(x)$, coeficiente de determinação R^2 e significância do teste F em função da espécie de gramínea e substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) e para massa seca (g) de raiz e rizoma e total; sendo x o tempo em dias após o plantio

Genótipo	Substrato	$y = f(x)$	R^2	F
Massa seca de raiz e rizoma (g)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 1,02x^2 + 1,65x + 4,41$	1,00	5,30*
	S2	$y = 1,12x^2 - 0,31x + 9,10$	1,00	12,42*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 4,97x + 4,70$	1,00	413,71*
	S2	$y = 5,14x + 6,56$	0,99	385,30*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 14,13x + 2,49$	0,97	5528,58*
	S2	$y = 13,86x + 6,14$	0,93	4555,44*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 16,28x - 6,06$	1,00	2095,21*
	S2	$y = 15,94x - 1,93$	1,00	2343,58*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 6,985x^2 - 18,07x + 16,46$	1,00	458,71*
	S2	$y = 8,83x^2 - 24,86x + 22,66$	1,00	2960,79*
Massa seca total (raiz, rizoma, colmo, hastes e folhas)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	S1	$y = 9,93 + 3,36$	1,00	522,83*
	S2	$y = 8,65x + 7,09$	0,99	777,70*
<i>Bambusa textilis</i> var. “gracilis”	S1	$y = 6,05x + 7,44$	1,00	384,57*
	S2	$y = 6,22x + 9,83$	1,00	396,90*
<i>Phyllostachys aurea</i>	S1	$y = 15,84x + 4,62$	0,98	4554,85*
	S2	$y = 15,30x + 9,00$	0,96	3510,99*
Phyllostachys sp.	S1	$y = 17,82x - 3,83$	1,00	2055,53*
	S2	$y = 17,43x + 3,00$	1,00	2006,42*
<i>Brachiaria decumbens</i>	S1	$y = 7,24x^2 - 18,2x + 17,60$	1,00	398,23*
	S2	$y = 9,29x^2 - 25,76x + 24,66$	1,00	306,12*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo teste de F

As raízes finas de *Brachiaria decumbens* se estenderam até mais de 80 cm de comprimento (Figura 2A), perfazendo um total de mais 47% de massa radicular subterrânea total, aos 180 DAP (Figura 3). Essa alta incidência de raízes finas influi positivamente na fixação do solo nas áreas de encostas, devido ao aumento da resistência à tração e da área superficial de raízes com a diminuição de diâmetro da raiz (GENET et al., 2005).

Pelas médias de comprimento de raízes finas (Figura 2A) e grossas (Figura 2B), foi possível observar que o sistema radicular dos bambus fica restrito à camada mais superficiais do solo, geralmente a camada A. Essas informações foram relatadas por outros autores dentre eles, STOKES et. al.(2007).

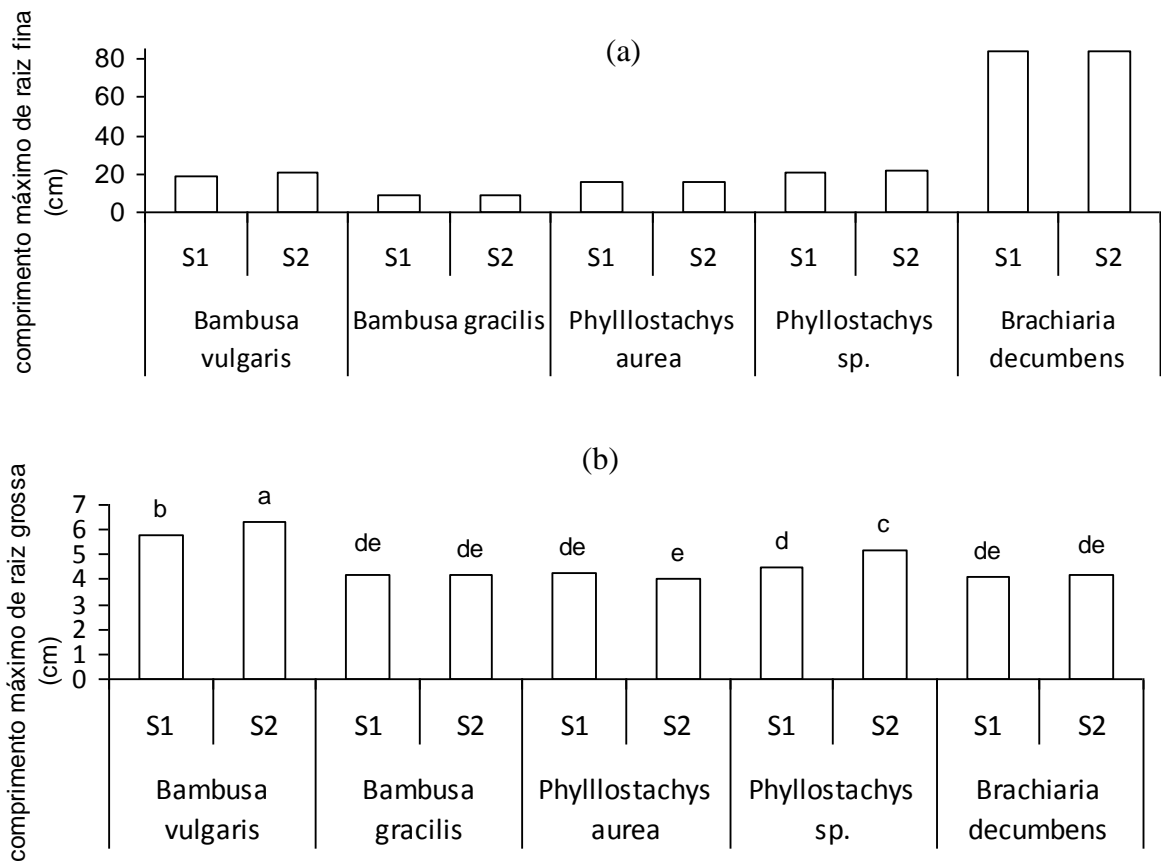


Figura 2. Médias de comprimento máximo de raiz fina (a) e de raiz grossa (b) (cm) de cinco gramíneas aos 180 dias após o plantio

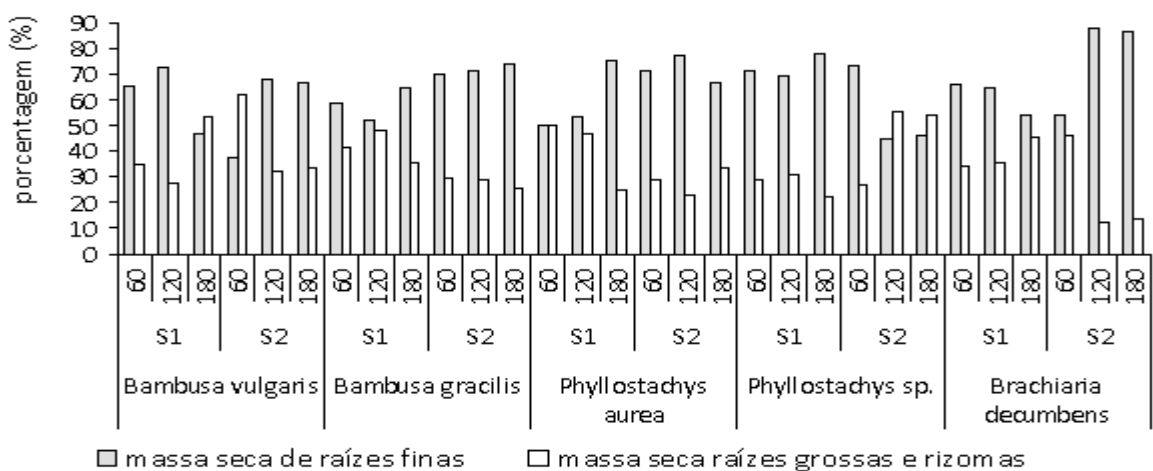


Figura 3. Porcentagem da massa radicular de raízes finas em relação à massa vegetal subterrânea total em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

Há vantagens e desvantagens para esse desenvolvimento superficial de raízes no controle dos processos erosivos e na colonização de áreas degradadas. Para GYSSELS et al. (2005), se a erosão é laminar e se restringe às primeiras camada do solo, a densidade de raízes mais próxima à superfície do solo e a cobertura aérea podem ser mais importantes do que o enraizamento em profundidade ou a força de tração nessa situação.

Por outro lado, PEREIRA (2006), afirmou que a presença de raízes superficiais muito concentradas em um local pode contribuir para a desagregação das partículas do solo e dificultar a infiltração de água no solo, aumentando os processos erosivos.

Apesar das controvérsias entre a eficácia da profundidade e da densidade do sistema radicular no controle de processos erosivos, a concentração de raízes finas acima de 40 cm desempenha um papel importante para alta produtividade vegetativa das espécies vegetais em áreas de difícil estabelecimento vegetativo (LOPES, 2009).

Do ponto de vista nutricional da planta, o desenvolvimento de raízes finas nas camadas superiores do meio poroso do solo está associado à melhor eficiência quanto às funções nutricionais e de aeração (LOPES, 2009). Nesses horizontes, o fluxo de ar geralmente é maior e os íons disponíveis das plantas são mais efetivamente e quase que imediatamente absorvidos pelo sistema radicular, gerando uma resposta mais rápida à adubação do que em camadas mais profundas.

Apesar disso, o sistema de raízes rasas do bambu é mais propenso a flutuações das condições de solo-água do que aqueles mais profundos de outras plantas (FARRELLY, 1984), o que pode afetar a sobrevivência dos bambus.

Para minimizar as desvantagens referentes à tendência natural das espécies em produzir raízes próximas à superfície do solo, é desejável que se combine o maior número possível de espécies que apresentem características complementares às do sistema radicular dos bambus (GRAY e LEISER, 1989).

Nesses aspectos, aumenta-se a chance de sucesso no estabelecimento da cobertura vegetal em encostas degradadas, se o bambu for associado a espécies com sistema radicular profundo, tal como *Brachiaria decumbens*, e outras plantas descompactadoras do solo e úteis ao movimento de nutrientes ao longo do perfil deste, dentre elas as leguminosas (FERNANDES, 2004).

Outra característica associada à colonização de áreas degradadas refere-se ao desenvolvimento de estrutura rizomatosa, que garante a reprodução das espécies nas condições em que o deslizamento do substrato afeta as plantações (STOKES et al., 2007). Com exceção de *Bambusa vulgaris*, os bambus *Phyllostachys aurea* e *Phyllostachys sp.* produziram rizomas que variaram de 6,32 a 15,44 g, aos 180 dap (Figura 4A).

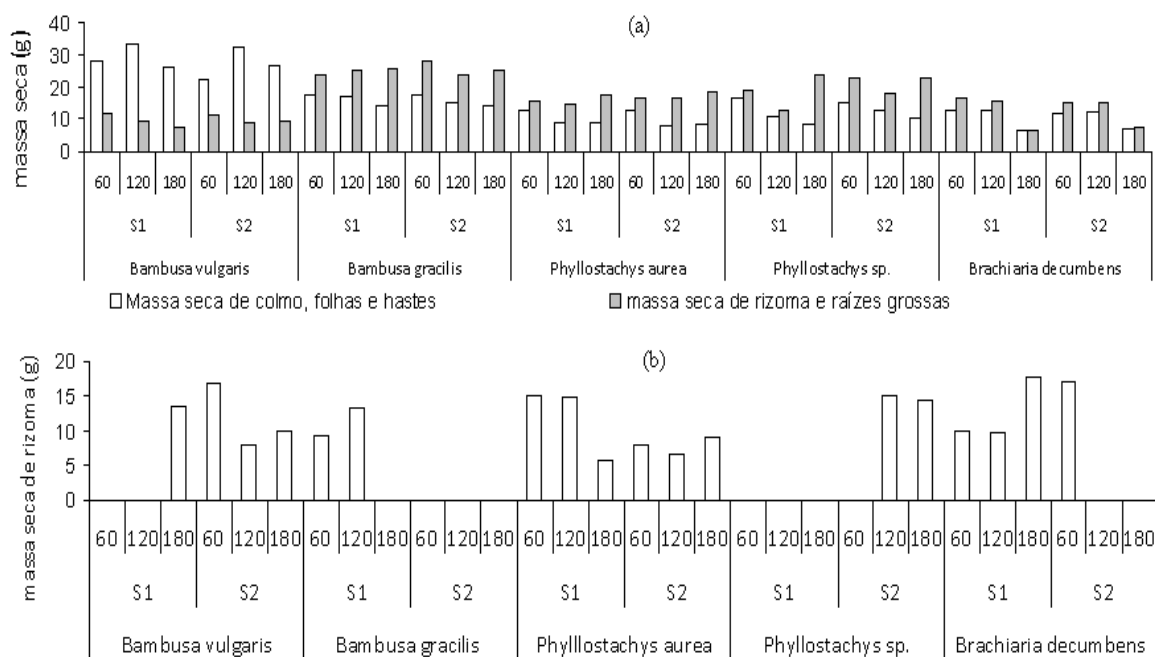


Figura 4. Média da massa seca (g) de rizoma de cinco gramíneas (a) e; distribuição da massa de raízes e rizomas em relação à massa vegetal área (colmo, hastes e folhas) (b) em solo com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

No que se refere à afirmação de TRUONG et al. (2008) de que os bambus não proporcionam uma situação de equilíbrio entre a parte aérea e a radicular e assim, adicionam tensões às margens de rios em lugares declivosos, embora os autores não tenham citado a espécie em que tal situação ocorre, esse desequilíbrio não foi verificado no presente estudo, até 180 dap. Nesse período, os valores médios da massa seca de raízes e rizomas foram superiores aos de colmo, hastes e folhas (Figura 4B).

Entretanto, em declividades acima de 30%, PEREIRA (2006) recomendou evitar o uso de espécies com maior massa vegetal aérea, tal como *Bambusa vulgaris* para evitar o efeito alavanca, resultado da gravidade combinada à ação de ventos fortes.

Nessas áreas, para proporcionar uma cobertura eficaz do solo, protegendo-o do processo de desagregação de partículas, o uso de espécies com maior volume aéreo e menor massa vegetal, tal como *Brachiaria decumbens*, seria mais indicado.

CONCLUSÕES

1. Aos 40 dias de plantio, *Brachiaria decumbens* mostra ser a espécie com maior taxa de sobrevivência dentre as gramíneas analisadas. Dentre as espécies de bambu, *Bambusa vulgaris* é aquela com maior número de sobreviventes devido à adaptação a altas temperaturas, associadas ao clima tropical. Em todas as espécies de bambu, o substrato que propicia maiores condições de sobrevivência é o com adubação organomineral.
2. O comprimento de raízes finas, volume de raízes finas ($\leq 1,61$ mm), área superficial, volume total de raízes, e volume de hastes e folhas, se destacou na *Brachiaria decumbens* aos 180 dap. Dentre os bambus, *Phyllostachys aurea*, apresenta maior crescimento em massa seca de raízes finas e grossas e de rizoma, área superficial e volume de raízes; *Phyllostachys* sp., apresenta maior volume de colmo, folhas e haste; e *Phyllostachys* sp. e *Bambusa vulgaris* maior comprimento máximo de raízes.

3. Para a maioria das variáveis analisadas, os resultados indicam que as gramíneas testadas respondem positivamente à adubação com fertilizantes na forma orgânica, provavelmente pelo maior teor de matéria orgânica e C orgânico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. O. P. O. **Revegetação de áreas mineradas**: estudo dos procedimentos aplicados em minerações de areia. 2002. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

ASSISTAT. **Assistência estatística**: versão 7.6 beta. Paraíba: Campina Grande. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2010.

AZZINI, A.; BERARDO, A. L.; **Bambu**: características e aplicações. Rio Grande do Sul: Editora Agropecuária Ltda., Guaíba, 2004. 180 p.

CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; MORTARI, D.; FÁZIO, J. A.; MOTTA, N. O.; FRANCISCO, R. A. Processos erosivos. In: CARVALHO, J. C.; SALES, M., M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. Processos erosivos no Centro-Oeste Brasileiro. Brasília, FINATEC, 2006. p. 40-91.

DNER/PARANÁ. **Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias**. Curitiba: Secretaria de Estado de Transportes do Paraná e UFPR/FUPEF, 2000. 246 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa e Instrumentação Agropecuária. Laboratório de Imagem: Softwares gratuitos. **Safira**: sistema de análise de fibra e raízes. Disponível em:<<http://www.cnpdia.embrapa.br/labimagem>>. Acesso em: 20 março 2010.

FARRELLY, D. **The book of bamboo**. 2. ed. San Francisco: Sierra Club Books. 1984, 352 p.

FERNANDES, L.S. **Avaliação de mantas comerciais na vegetação de encosta em corte de estrada**. 2004. 81f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FILGUEIRAS, T. S. Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil (Gramineae: Bambusoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.11, n 1/2, p.47-66. 1988.

GENET, M. S.; STOKES, A.; SALIN, F.; SLOBODAN, B.; MICKOVSKI, T.FDUMAIL J. F.; VAN BEEK, R. The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots. **Plant and Soil**. v. 278, n1/2, p 1-9, 2005.

GRAY, D. H.; LEISER, A. T. **Biotechnical slope protection and erosion control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. 217 p.

GYSSSELS, G.; POESEN J.; BOCHET E.; LI Y. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. **Progress in Physical Geography**, v.29, p.189-217, 2005.

KLEINGHENZ, V.; MIDMORE, D. J. Aspects of bamboo agronomy. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in Agronomy**. New York: Academic Press, 2001, v. 74, p. 99-153.

LOPES, V. G. **Quantificação das raízes finas em um povoamento de *Pinus taeda* L., na região dos Campos de Cima da Serra, RS**. 2009. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MATOS JÚNIOR, S. M. S. **Bambus como recurso florestal: Suas aplicações, manejo, silvicultura, propagação, entomologia e a situação no DF**. 2004. 50p. Trabalho final de curso de graduação (Graduação em Engenharia Florestal) - Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

- MOROKAWA, M. J. **Influência do bambu *Guadua Tagoara* (Nees) Kunth sobre a regeneração natural no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (RJ)**. 2008. 28f. Trabalho Final de Curso (Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica.
- PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: FAPI, 2006.150 p.
- STOKES, A., LUCAS, A.; JOUNEAU, L. Plant biomechanical strategies in response to frequent disturbance: uprooting of *Phyllostachys nidularia* (Poaceae) growing on landslide-prone slopes in Sichuan, China. **American Society of America**. v. 94, p. 1129-1136, 2007.
- TRUONG, P.; VAN, T. T.; PINNERS, E. **Sistema de aplicação vetiver: manual de referência técnica**. 2. ed. Santa Catarina: Rede Internacional Vetiver. 2008. 116p.
- VANEGAS CHACÓN, E. A. V. **Caracterização, decomposição e biodisponibilidade de nitrogênio e fósforo de materiais orgânicos de origem animal e vegetal**. 2005.143f. Tese de doutorado. (Doutorado em Solo e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.
- WITSCHORECK, R., SCHUMACHER, M. V., CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no município de Santa Maria – RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.177-183, 2003.
- WU, T. H. **Root reinforcement analyses and experiments**. In: STOKES, A., SPANOS, I. J.; NORRIS, E; CAMMERAAT L. H. (eds.), Eco and ground bio-engineering: the use of vegetation to improve slope stability **Developments in Plant and Soil Sciences**. v. 103, n.1, p. 21-30, 2007.

ANEXO 1

COMENTÁRIOS

Sobrevivência dos genótipos. Além das influências das adubações na sobrevivência das espécies de gramíneas, outro fator importante no processo de enraizamento dos propágulos cultivados esteve relacionado à lâmina de água aplicada na irrigação e a precipitação total durante os 40 dap.

Segundo NORBERTO (1999), a perda de água é uma das principais causas de morte em estacas antes da formação de raízes. Segundo o autor, para que haja divisão celular, é necessário que as células dos tecidos estejam túrgidas.

Para SEPÚLVEDA et al. (2004), os bambus se desenvolvem bem com precipitações de 1.000 ou mais milímetros anuais, ou seja, em média 2,78 mm dia⁻¹. Nesses aspectos, pela Tabela 11, a maior mortalidade de mudas ocorreu na presença de lâminas de água inferiores a 1,08 cm dia⁻¹, embora durante os meses de janeiro, a precipitação total fosse superior a 200 mm, não havendo déficit de água no meio poroso do solo nesse período (Tabela 10).

Tabela 10. Principais variáveis climáticas observadas na local do experimento durante janeiro a setembro de 2010

Mês	umidade relativa (%)	Temperatura média (°C)	precipitação total (mm)	evapotranspiração real (mm)	déficit de água no solo (mm)
janeiro	85,4	21,3	213,9	102,9	0,0
fevereiro	82,3	21,9	80,3	81,1	0,0
março	87,5	21,7	254,7	95,0	0,0
abril	81,1	20,1	112,8	80,3	0,0
maio	77,0	19,6	5,1	67,5	0,0
junho	73,2	17,3	4,3	25,4	0,0
julho	68,7	17,6	0,0	16,2	0,0
agosto	57,2	18,2	0,0	9,0	0,0
setembro	52,9	21,0	0,5	6,0	6,0

Fonte: ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DA FAZENDA ÁGUA LIMPA – UNB (2010) e INMET (2010)

Tabela 11. Distribuição dos tratamentos segundo a lâmina de água (cm dia⁻¹)* aplicada sob irrigação convencional por aspersão, distribuída em duas linhas laterais com cinco aspersores cada uma, do tipo 427 AG, vazão de 0,45 m³ h⁻¹ e pressão de serviço de 2,0 kgf cm⁻², espaçados de 12 x 12 m

Tratamento	E1S1	E4S2	E4S1	E3S1	E5S2	E5S1	E2S1	E3S1	E1S2	E2S2
Lâmina d'água	0,69	0,82	0,94	1,07	1,19	1,09	0,99	0,89	0,79	0,69
Tratamento	E1S1	E3S1	E2S1	E5S1	E2S2	E5S2	E1S1	E5S2	E3S2	E4S2
Lâmina d'água	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,15	1,04	0,92	0,81	0,70
Tratamento	E2S1	E5S1	E4S2	E4S1	E3S1	E1S1	E1S2	E2S2	E5S2	E4S1
Lâmina d'água	0,81	0,94	1,07	1,19	1,32	1,21	1,08	0,96	0,83	0,70
Tratamento	E3S2	E1S1	E1S2	E2S1	E4S2	E4S1	E3S2	E5S1	E2S2	E3S1
Lâmina d'água	0,87	1,00	1,13	1,25	1,38	1,27	1,13	0,99	0,85	0,71
Tratamento	E2S2	E5S2	E3S1	E3S2	E1S2	E2S1	E4S2	E4S1	E1S1	E5S1
Lâmina d'água	0,93	1,06	1,19	1,32	1,45	1,33	1,17	1,02	0,87	0,71
Tratamento	E5S1	E4S1	E3S2	E5S2	E1S1	E4S2	E5S1	E3S1	E2S1	E1S2
Lâmina d'água	0,93	1,06	1,20	1,34	1,48	1,37	1,21	1,06	0,91	0,75
Tratamento	E3S2	E2S1	E1S2	E2S2	E5S2	E3S1	E4S1	E1S1	E5S2	E5S1
Lâmina d'água	0,92	1,07	1,21	1,36	1,51	1,41	1,25	1,10	0,95	0,79
Tratamento	E1S1	E4S2	E5S1	E4S2	E4S1	E1S1	E3S1	E1S2	E2S2	E3S2
Lâmina d'água	0,92	1,07	1,23	1,38	1,54	1,45	1,29	1,14	0,99	0,83
Tratamento	E4S2	E3S2	E1S1	E1S2	E5S1	E2S2	E2S1	E5S2	E3S1	E4S2
Lâmina d'água	0,91	1,07	1,24	1,40	1,57	1,49	1,33	1,18	1,03	0,87
Tratamento	E2S1	E5S1	E4S1	E2S1	E3S1	S3B2	E1S2	E4S2	E4S1	E2S2
Lâmina d'água	0,91	1,07	1,24	1,40	1,57	1,49	1,33	1,18	1,03	0,87
Tratamento	E1S2	E1S1	E3S1	E3S2	E2S1	E5S2	E5S2	E2S2	E5S1	E4S1
Lâmina d'água	0,94	1,08	1,22	1,36	1,50	1,45	1,30	1,16	1,02	0,88
Tratamento	E4S1	E2S2	E5S2	E1S1	E4S2	E1S2	E5S1	E3S1	E3S2	E2S1
Lâmina d'água	0,97	1,08	1,20	1,31	1,43	1,41	1,28	1,14	1,01	0,88
Tratamento	E4S1	E3S2	E4S2	E5S1	E2S2	E1S1	E2S1	E1S2	E5S2	E3S1
Lâmina d'água	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,37	1,25	1,13	1,01	0,89
Tratamento	E1S2	E5S1	E5S2	E3S2	E3S1	E4S2	E2S2	E2S1	E1S1	E4S1
Lâmina d'água	1,03	1,09	1,16	1,22	1,29	1,33	1,22	1,11	1,00	0,89
Tratamento	E1S1	E2S2	E2S1	E1S1	E2S1	E4S1	E3S2	E5S1	E3S1	E1S2
Lâmina d'água	0,95	1,04	1,14	1,24	1,33	1,34	1,22	1,11	1,00	0,89
Tratamento	E4S2	E2S1	E1S1	E3S1	E1S2	E5S1	E4S1	E3S2	E4S2	E2S2
Lâmina d'água	0,86	0,99	1,12	1,25	1,38	1,35	1,23	1,11	1,00	0,88
Tratamento	E5S1	E1S2	E2S2	E4S2	E3S2	E2S1	E3S1	E1S1	E4S1	E5S2
Lâmina d'água	0,78	0,94	1,10	1,26	1,42	1,36	1,24	1,12	1,00	0,88
Tratamento	E3S1	E4S1	E1S2	E2S2	E5S2	E5S2	E4S2	E5S2	E3S2	E5S1
Lâmina d'água	0,69	0,89	1,08	1,27	1,47	1,37	1,24	1,12	1,00	0,87

*Quantificação da lâmina d'água feita por meio de coletores dispostos em espaçamento 2 x 2 m; células na cor cinza indicam mudas mortas; células em branco mudas sobreviventes; E1S1 – *Bambusa vulgaris* e adubação mineral; E1S2 - *Bambusa vulgaris* e adubação organomineral; E2S1 – *Bambusa textilis* var. "gracilis" e adubação mineral; E2S2 – *Bambusa textilis* var. "gracilis" e adubação organomineral; E3S1 – *Phyllostachys aurea* e adubação mineral; E3S2 – *Phyllostachys aurea* e adubação organomineral; E4S1 – *Phyllostachys* sp. e adubação mineral; E4S2 – *Phyllostachys* sp. e adubação organomineral; E5S1 – *Brachiaria decumbens* e adubação mineral; E5S2 – *Brachiaria decumbens* e adubação organomineral

Comprimento máximo de raízes. Analisando-se o crescimento do comprimento máximo de raízes de diferentes diâmetros, as raízes finas das cinco gramíneas alcançaram maior comprimento total em comparação às raízes grossas. Devido ao sistema radicular fasciculado, essa característica já era esperada para as gramíneas (PEREIRA, 2006). COSTA et al. (2002), estudando *Brachiaria humidicola*, verificou que as raízes finas foram responsáveis pela quase totalidade do comprimento, particularmente na camada superficial do solo.

Sobrevivência, disponibilidade de mudas no mercado e manejo da vegetação pós-implantação em áreas de encostas degradadas. Além dos aspectos técnicos concernentes ao sistema radicular e aéreo das gramíneas, para o estabelecimento da vegetação em encostas e áreas degradada pode haver a necessidade do plantio em larga escala de espécies vegetais dependendo da extensão das áreas a serem recuperadas.

Portanto, próximos aos locais de ocorrência dessas áreas deve haver disponibilidade de mudas e sementes. MATOS JR. (2004) relatou que, no mercado do Distrito Federal, há uma deficiência na oferta de mudas de bambu. Para o presente experimento, somente algumas espécies, tais como *Bambusa textilis* var. “gracilis”, *Bambusa vulgaris* e *Phyllostachys pubescences* foram encontradas à venda nos viveiros comerciais com valor de venda de R\$ 15,00 a R\$ 30,00.

Assim, para obtenção de um plantio em larga escala, há necessidade de multiplicar as mudas de bambu por meio de propagação vegetativa com sobrevivência de 82% a 58% das mudas, dependendo da espécie (Figura 1).

Em comparação aos bambus, o valor de venda encontrado para *Brachiaria decumbens* no presente experimento foi inferior ao dos bambus (R\$ 3,60/Kg de semente) e a taxa de sobrevivência superior com 100% de sobrevivência dos exemplares (Figura 1).

Apesar da desvantagem do bambu em relação ao preço e a disponibilidade de mudas no mercado, economicamente também deve ser analisado o aproveitamento dos colmos e de outras partes do bambuzal para o aumento de renda nas propriedades nas áreas plantadas. Segundo FONSECA (2007), o bambu oferece inúmeras possibilidades agrícolas e industriais, tais como fabricação de papel, madeira na construção civil, alimentos, móveis e artesanato para obtenção de renda.

Para finalizar, SILVEIRA (2001) destacou que, nos períodos secos, principalmente, a vegetação rasteira do Cerrado, composta principalmente por gramíneas, e as cavidades vazias dos colmos, bem como a grande quantidade de fibras em bambus torna as áreas com ocorrência desse material vegetal propícias à expansão do fogo. Assim há necessidade periódica de manejo da vegetação com retirada do material seco produzido nas áreas susceptíveis à ocorrência de incêndios.

Referências

COSTA, F.; PEREYRA, R.O.; PACLOMIK, S.; RODRIGUES DE ABREU, J.B. Distribuição vertical de características morfológicas do sistema radicular de *Brachiaria humidicola*. **Pasturas tropicais**, Colômbia, v. 24, n. 3, 2002.

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DA FAZENDA ÁGUA LIMPA. Universidade de Brasília. Disponível em:< <http://vsites.unb.br/fal/>>. Acesso em: 15 fevereiro 2010.

FONSECA, F.K. **Produção de mudas de bambu *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae) por propagação vegetativa**. 2007. 58f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>> Acesso em: 01 de janeiro de 2011.

MATOS JÚNIOR, S. M. S. **Bambus como recurso florestal**: Suas aplicações, manejo, silvicultura, propagação, entomologia e a situação no DF. 2004. 50p. Trabalho final de curso de graduação (Graduação em Engenharia Florestal) - Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

NORBERTO, P. M. **Efeitos da época de poda, cianamida hidrogenada, irrigação e ácido indolbutírico na colheita antecipada e enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, 1999. 89 p.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: FAPI, 2006.150 p.

SEPÚLVEDA, I.C.; RODRIGUEZ, J.A.; GARCIA, J.C.; Benefícios ambientais de la *Guadua angustifolia* Kunth en la protección del suelo en el Eje Cafetero colombiano. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL GUADUA. Pereira, Colombia, 2004.

SILVEIRA, M. A. **A floresta coberta com bambu no sudoeste da Amazônia**. 2001. 121p. Tese (doutorado) – Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, Brasília, 2001.

ANEXO 2

Tabela 12. Análise de variância do comprimento máximo de raiz (mm) de cinco gramíneas, com diâmetro: $\leq 1,61$ mm (fina); $> 1,61$ mm (grossa); e área superficial de raiz (mm²), em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

F.V.	60 dias			120 dias			180 dias			
	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Q.	Q.M.	F	S.Q.	Q.M.	F
Comprimento máximo de raiz fina										
Genótipos	4	20697,3	5174,3	237,3 **	71801,2	17950,3	110,0 **	3741240,9	935310,2	3299,4 **
Resíduo	20	436,0	21,8		3262,8	163,1		5669,4	283,4	
Parcelas	24	21133,3			75063,9			13746910,4		
Solos	1	1135,2	1135,2	256,0 **	2428,2	2428,2	92,7 **	1097,9	1097,9	5,7 *
Genótipos x Solos	4	897,7	224,4	50,6 **	4086,0	1021,5	39,0 **	225,9	56,5	0,3 ns
Resíduo	20	88,7	4,4		524,0	26,2		3831,6	191,5	
Total	49	23254,9			82102,2			37522065,8		
Comprimento máximo de raiz grossa										
Genótipos	4	1818,63	454,66	70,34 **	46259,7	11564,9	218,06**	10963,2	2740,8	143,2 **
Resíduo	20	129,28	6,46		1060,7	53,0		382,7	19,1	
Parcelas	24	1947,90			47320,4			919021,0		
Solos	1	108,52	108,53	39,25**	74,9	74,9	16,14**	190,6	190,6	11,8 **
Genótipos x Solos	4	6,95	1,74	0,63 ns	536,2	134,1	28,90**	604,1	151,0	9,4 **
Resíduo	20	55,30	2,76		92,8	4,6		322,7	16,1	
Total	49	2118,68			48024,2			12463,3		
Área superficial de raiz										
Genótipos	4	71708555,4	177777138,85	712,25**	4999628032,39	12499907008,10	501,4**	6543428250,30	1635857062,58	851,60**
Resíduo	20	499182,83	24959,14		5049488329,75	2769372,86		3382581,25	3382581,25	
Parcelas	24	71607738,2			5049488329,75			6581846742,19		
Solos	1	41607738,2	410872,92	19,8**	2769372,86	2769372,86	5,4*	3382581,25	3382581,25	29,58**
Genótipos x Solos	4	318555,83	796338,92	19,8**	2769372,86	2769372,86	5,4**	3382581,25	3382581,25	29,58**
Resíduo	20	414278,6	20713,93		10196711,48	509835,57		2287304,69	114365,23	
Total	49	7271445,60			5078122974,54			6594195047,48		

Fonte de variação (F.V.), graus de liberdade (G.L.), soma de quadrados (Q.M.), quadrado médio (Q.M.) e estatística do teste F (F); ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Tabela 13. Análise de variância do volume (mm³) de raízes finas, grossas e total de cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

F.V.	60 dias			120 dias			180 dias			
	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	S.Q.	Q.M.	F	S.Q.	Q.M.	F
Volume de raízes finas										
Genótipos	4	8813540,2	55084629,0	287,4 **	2961693690,9	740423422,7	468,42 **	418889467,1	1047222366,77	1852,2 **
Resíduo	20	153332,3	191665,7		31613932,4	1580696,0		16851402,8	842570,1	
Parcelas	24	8966872,5			2993307623,3			4205740869,9		
Solos	1	140567,7	140567,7	17,6 **	117440,8	117440,8	0,4 ns	22177930,5	22177930,5	189,7 **
Genótipos x Solos	4	138172,4	34543,1	4,3 *	750079,2	187519,8	0,6 ns	44536171,1	11134042,8	95,3 **
Resíduo	20	160087,7	8004,4		6030814,1	301540,7		2337147,0	116857,3	
Total	49	9405700,2			3000205957,4			4274792118,5		
Volume de raízes grossas										
Genótipos	4	28994399,1	7248599,8	264,30**	68786049,68	17196512,42	430,48**	160233727,0	40058431,7	566,5**
Resíduo	20	548505,7	27425,3		798947,02	39947,35		1414329,2	70716,5	
Parcelas	24	29542904,8			69584996,70			161648056,2		
Solos	1	85006,6	85006,6	14,98**	405967,72	405967,72	14,92**	0,3	0,3	0,0 ns
Genótipos x Solos	4	9803,5	2450,9	0,43 ns	1316517,17	329129,29	12,09**	555388,4	138847,1	1,8 ns
Resíduo	20	113474,4	5673,7		544302,06	27215,10		1525860,6	76293,0	
Total	49	297551189,2			71851783,65			163729305,6		
Volume total da raiz										
Genótipos	4	61906958,29	15476739,57	276,84**	3609237924,57	902309481,14	527,61**	5934476064,66	1483619016,17	2130,21**
Resíduo	20	1118117,30	55905,86		34203665,35	1710183,27		13929292,92	696464,65	
Parcelas	24	63025075,59			3643441589,92			5948405357,58		
Solos	1	444198,78	444198,78	20,02*	960109,13	960109,13	3,75 ns	22183245,55	22183245,55	107,12 **
Genótipos x Solos	4	201737,08	50434,27	2,27 ns	1683259,42	420814,85	1,65 ns	45070278,54	11267569,63	54,41 **
Resíduo	20	443799,52	22189,97		5110545,79	255527,29		4141611,18	207080,56	
Total	49	64114810,97			3651195504,26			6019800492,86		

Fonte de variação (F.V.), graus de liberdade (G.L.), soma de quadrados (Q.M.), quadrado médio (Q.M.) e estatística do teste F (F); ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Tabela 14. Análise de variância do volume de colmo, folhas e hastes (mm³) e massa seca de colmo, folhas e hastes (g) em substrato com adubação mineral (S1) organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

F.V.	60 dias			120 dias			180 dias			
	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	S.Q.	Q.M.	F	S.Q.	Q.M.	F
Volume de colmo, folhas e hastes										
Genótipos	4	15219818,74	3804954,68	385,2 **	647365687,11	161841421,78	422,6 **	1085177974,8	271294493,7	1655,92 **
Resíduo	20	197529,51	9876,47		7658329,84	382916,49		3276664,0	163833,20	
Parcelas	24	15417348,25			655024016,95			1088454638,7		
Solos	1	6675,91	6675,91	0,9 ns	1639518,42	1639518,42	2,2 ns	606726,0	606726,03	3,22 ns
Genótipos x Solos	4	135918,54	33979,63	4,4 **	792628,64	198157,16	0,3 ns	893448,	223262,10	1,18 ns
Resíduo	20	152622,96	7631,15		14994728,84	749736,42		3771200,8	188560,04	
Total	49	15712565,65			672450892,38			1093726014,0		
Massa seca de colmo, folhas e hastes										
Genótipos	4	94,44	23,61	123,9 **	555,26	138,81	269,2 **	652,26	163,07	745,8 **
Resíduo	20	3,81	0,19		10,31	0,52		4,37	0,22	
Parcelas	24	98,25			565,57			656,64		
Solos	1	0,95	0,95	10,2**	3,87	3,87	111,6**	7,65	7,66	71,8 **
Genótipos x Solos	4	1,61	0,40	4,3 *	21,67	2,40	69,4 **	12,08	3,02	28,3 **
Resíduo	20	1,87	0,09		0,69	0,03		2,13	0,11	
Total	49	102,69			579,77			678,50		

Fonte de variação (F.V.), graus de liberdade (G.L.), soma de quadrados (Q.M.), quadrado médio (Q.M.) e estatística do teste F (F); ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Tabela 15. Análise de variância da massa seca (g) de: raízes finas; raízes grossas e raiz e rizoma em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

F.V.	60 dias			120 dias			180 dias			
	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	S.Q.	Q.M.	F	S.Q.	Q.M.	F
Massa seca de raízes finas										
Genótipos	4	327,28	81,82	403,9941 **	3105,16	776,29	2562,43**	640,36	1743,37	963,25 **
Resíduo	20	4,05	0,20		11,98	0,60		20,55	1,03	
Parcelas	24	331,33			3117,14			2581,98		
Solos	1	19,40	19,40	69,6572 **	18,76	18,76	122,69**	6,41	6,41	14,83 *
Genótipos x Solos	4	10,75	2,69	11,41**	9,43	2,36	15,42 **	11,97	2,99	6,92 *
Resíduo	20	4,71	0,23		3,06	0,15		8,65	0,43	
Total	49	363,19			3148,39			2609,00		
Massa seca de raízes grossas										
Genótipos	4	2,73	0,68	10,3 **	50,59	12,65	127,68**	75,90	18,97	97,4**
Resíduo	20	1,33	0,07		1,98	0,10		3,89	0,19	
Parcelas	24	4,06			52,57			79,79		
Solos	1	1,10	1,10	38,4**	5,35	5,35	481,19**	6,57	6,57	68,2 **
Genótipos x Solos	4	0,52	1,13	4,6**	8,22	2,05	184,94**	2,23	0,56	5,8 **
Resíduo	20	0,57	0,03		0,22	0,01		1,93	0,09	
Total	49	6,26			66,36			90,52		
Massa seca de raiz e rizoma										
Genótipos	4	639,98	159,99	225,82**	5280,84	1320,21	867,85**	3036,36	759,09	608,97**
Resíduo	20	14,17	0,71		30,42	1,52		24,93	1,24	
Parcelas	24	654,15			5311,26			3061,29		
Solos	1	63,09	63,09	167,11**	98,42	98,42	655,18**	25,97	25,97	754,88**
Genótipos x Solos	4	5,68	1,42	3,76 **	49,62	12,41	82,59**	11,18	2,79	5,90**
Resíduo	20	7,55	0,38		3,00	0,15		9,47	0,47	
Total	49	730,47			5462,31			3107,91		

Fonte de variação (F.V.), graus de liberdade (G.L.), soma de quadrados (Q.M.), quadrado médio (Q.M.) e estatística do teste F (F); ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Tabela 16. Análise de variância da massa seca (g) total e de raízes, em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

F.V.	60 dias				120 dias			180 dias		
	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	S.Q.	Q.M.	F	S.Q.	Q.M.	F
Massa seca total (raízes, rizoma, colmo, hastes e folhas)										
Genótipos	4	902,49	225,62	121,93**	5689,67	1422,42	425,00**	6279,53	1569,88	481,22**
Resíduo	20	37,00	1,85		66,94	3,35		65,25	3,26	
Parcelas	24	939,50			5756,61			6344,78		
Solos	1	86,77	86,77	120,92**	141,32	14132,0	636,68**	76,72	76,72	111,24 **
Genótipos x Solos	4	2,80	0,70	0,97 ns	85,35	21,34	96,13**	31,93	7,98	11,57 **
Resíduo	20	14,38	0,72		4,44	0,22		13,79	0,69	
Total	49	1043,45			5987,72			6467,24		
Massa seca de raízes										
Genótipos	4	342,49	25,99	201,74 **	3919,09	979,77	882,44**	3036,36	759,09	608,98**
Resíduo	20	8,49	0,42		22,21	1,11		24,93	1,25	
Parcelas	24	350,97			3941,30			3061,29		
Solos	1	25,99	25,99	79,6 **	44,14	44,14	284,80**	25,97	25,97	54,87**
Genótipos x Solos	4	8,42	2,10	6,45**	16,36	4,09	26,39**	11,18	2,79	5,90**
Resíduo	20	6,53	0,33		3,10	0,15		9,46	0,47	
Total	49	391,92			4004,91			3107,91		

Fonte de variação (F.V.), graus de liberdade (G.L.), soma de quadrados (Q.M.), quadrado médio (Q.M.) e estatística do teste F (F); ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Tabela 17. Coeficiente de variação apresentado pelas médias das cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio para as variáveis dependente estudadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Variável dependente	60 dias		120 dias		180 dias	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Comprimento máximo de raiz fina (cm)	12,28	5,54	11,00	4,00	5,63	4,63
Comprimento máximo de raiz grossa (mm)	11,46	7,91	12,00	4,00	4,69	4,31
Área superficial de raízes (mm ²)	5,78	5,27	9,92	4,49	5,77	1,41
Volume de raízes finas (mm ³)	8,71	8,90	11,04	4,82	6,47	2,41
Volume de raízes grossas (mm ³)	14,28	6,48	7,07	6,06	6,59	6,84
Volume de colmo, folhas e hastes (mm ³)	12,36	10,87	9,73	13,61	5,28	5,66
Massa seca de colmo, folhas e hastes (g)	11,18	7,83	11,74	3,04	5,91	4,12
Massa seca de rizoma (g)	13,4	8,15	11,52	4,01	9,5	3,25
Massa seca de raízes finas (g)	6,98	7,52	5,58	2,82	5,10	3,31
Massa seca de raízes grossas (g)	10,74	7,05	8,65	2,90	8,8	6,19
Massa seca de raízes (g)	7,36	6,45	6,02	2,25	4,48	2,76
Massa seca de raiz e rizoma (g)	7,81	5,70	6,14	1,92	4,48	2,76
Massa seca total (raiz, rizoma, colmo, hastes e folhas) (g)	9,23	5,75	6,98	1,80	4,65	2,14

ANEXO 3

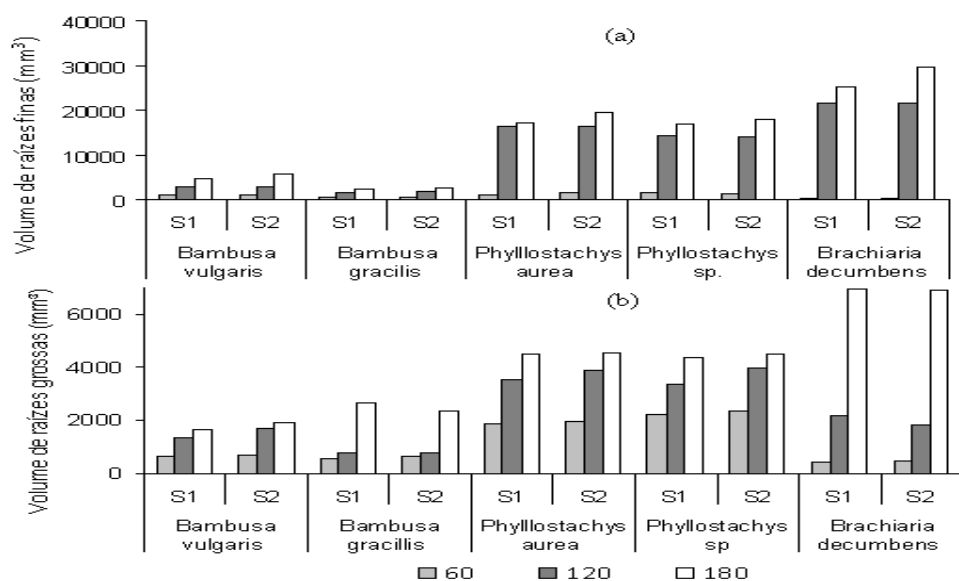


Figura 5. Volume (mm³) de raízes finas (a) e raízes grossas (b) de cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

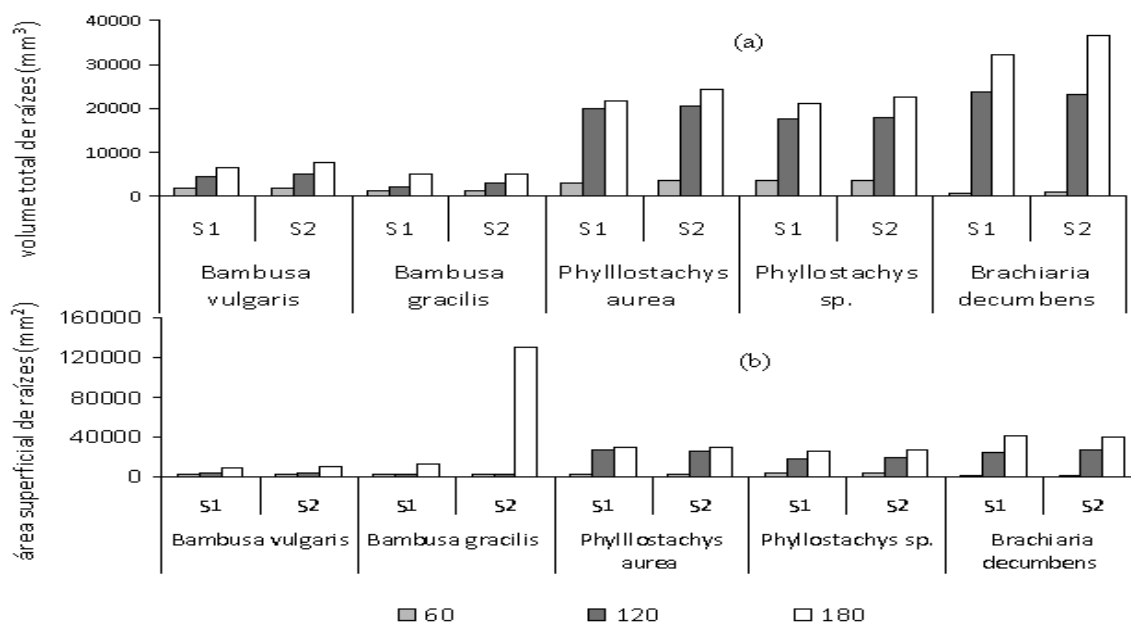


Figura 6. Volume total de raízes (mm³) (a) e área superficial de raízes (mm²) (b) de cinco gramíneas em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

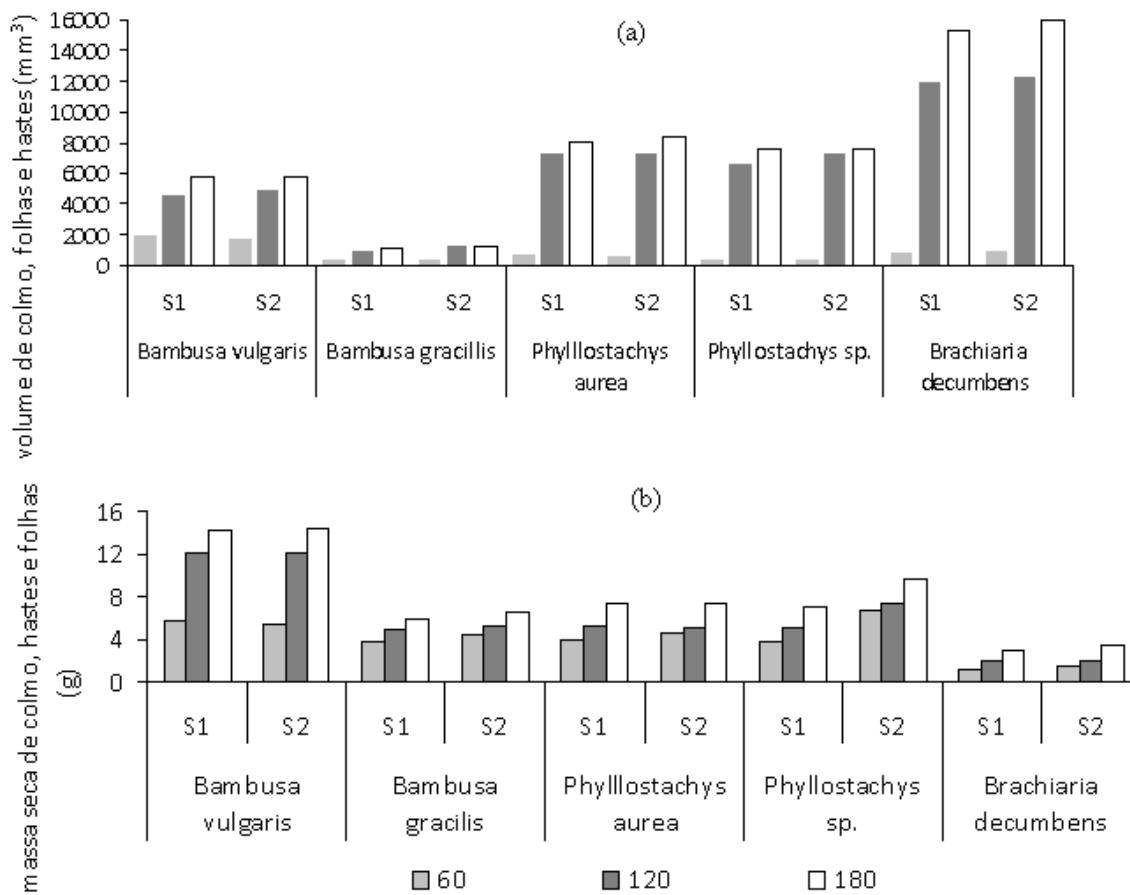


Figura 7. Volume de colmo, folhas e hastes (mm³) (a) e massa seca de colmo, hastes e folhas (g) (b) de cinco gramíneas, em substrato com adubação mineral (S1) e organomineral (S2) aos 60, 120 e 180 dias após o plantio

ANEXO 4



Figura 8. *Phyllostachys* sp. em substrato com adubação mineral (esquerda) e orgânico mineral (direita) aos 60 dias do plantio



Figura 9. Preparo de mudas de *Phyllostachys aurea* a serem plantadas nos vasos



Figura 10. Preparo das mudas de *Phyllostachys aurea* para plantio



Figura 11. *Brachiaria decumbens* em substrato com adubação mineral (esquerda) e organomineral (direita) aos 60 dias.



Figura 12. Seleção de *Bambusa textilis* var. “gracilis” para o plantio