



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p99-105>

Resposta de vetiver à aplicação de calcário e fósforo em três classes de solo

Paulo C. Teixeira¹, Ivanilde L. de Mesquita², Sheron T. de Macedo³, Wenceslau G. Teixeira⁴ & Wanderlei A. A. de Lima⁵

Palavras-chave:

Chrysopogon zizanioides
matéria seca
calagem
horizonte subsuperficial
erosão

RESUMO

O vetiver tem sido bastante utilizado para controle de erosão, principalmente em áreas degradadas em que o horizonte superficial do solo foi removido. O manejo do solo pode influenciar a eficiência de absorção de nutrientes e o crescimento das plantas. Este trabalho objetivou avaliar a produção de matéria seca de vetiver em resposta à aplicação de calcário e fósforo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando-se amostras de horizontes subsuperficiais de um Cambissolo Háplico, um Latossolo Amarelo e um Argissolo Amarelo. O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial 2 x 5 sendo duas doses de calcário (0 t ha⁻¹ e dose para elevar a saturação por bases a 60%) e cinco doses de fósforo (0, 50, 100, 200, 400 mg dm⁻³ de P), totalizando 30 unidades experimentais por solo. Após a incubação foram aplicadas as doses de fósforo e, a seguir, feito o plantio de vetiver. Aos 168 dias após o plantio as plantas foram colhidas separando-se a parte aérea e as raízes. A calagem e a adubação fosfatada promoveram aumento da produção de perfilhos e de matéria seca em vetiver. A calagem aumentou a eficiência da adubação fosfatada e, em consequência, favoreceu o estabelecimento do vetiver.

Key words:

Chrysopogon zizanioides
dry matter
liming
subsurface horizon
erosion

Vetiver response to the application of limestone and phosphorus in three classes of soils

ABSTRACT

Vetiver grass has been used to control erosion, especially in areas with severe degradation in the upper soil layers and when the subsurface horizons are exposed on the ground surface. Soil management can influence the efficiency of nutrient uptake and plant growth. This study aimed to evaluate the yield of vetiver plants in response to lime and phosphorus. The experiment was conducted in a greenhouse, using samples from subsurface horizons of a Cambisol, an Oxisol and an Ultisol. The experiment was conducted in a randomized block design with three replications in a factorial 2 x 5 scheme, with two doses of lime (0 t ha⁻¹ and recommended dose to raise the base saturation to 60%) and five doses of P (0, 50, 100, 200, 400 mg dm⁻³). After incubation with limestone, doses of phosphorus were applied and vetiver was planted. At 168 days after planting, the plants were harvested, separating the shoots and roots. Liming and application of phosphorus significantly increased tillering and dry matter accumulation of vetiver grass. Liming increased the efficiency of phosphorus fertilization and hence favored the establishment of vetiver, confirming the need of using these practices for faster recovery of degraded soils.

Protocolo 415.13 – 18/12/2013 • Aprovado em 19/09/2014 • Publicado em 01/02/2015

¹ Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ. E-mail: paulo.c.teixeira@embrapa.br (Autor correspondente)

² Universidade Nilton Lins. Manaus, AM. E-mail: ivalins_13@yahoo.com.br

³ Secretaria de Estado da Produção Rural. Manaus, AM. E-mail: sheronmt@gmail.com

⁴ Embrapa Solo. Rio de Janeiro, RJ. E-mail: wenceslau.teixeira@embrapa.br

⁵ Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM. E-mail: wanderlei.lima@embrapa.br

INTRODUÇÃO

O vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty syn. *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) é uma planta herbácea perene, cespitosa (em moita) que chega a atingir cerca de 2 m de altura cujas raízes podem penetrar até 5 m de profundidade (Truong & Loch, 2004) e ocorre em muitas regiões tropicais, tais como: Índia, Sudeste Asiático, Nepal, Paquistão, Polinésia, África tropical, Antilhas e em partes da América do Sul.

O vetiver tem sido muito utilizado para controle de erosões (Barbosa & Lima, 2013) principalmente em áreas com degradação severa em que os horizontes superficiais do solo já foram removidos enquanto o horizonte subsuperficial (Horizonte C) e menos fértil está exposto na superfície do terreno. Os grupos densos de colmos ajudam a reduzir o escoamento de água superficial (Donjadee & Tingsanchali, 2013). Como a planta não cria estolhos não é uma planta invasiva e seu cultivo se torna controlável. O plantio de cordões do vetiver tem-se mostrado eficiente na conservação do solo e da água em várias regiões do mundo devido à elevada resistência ao arrancamento pelas enxurradas, característica proporcionada pelo extenso e resistente sistema radicular que estabiliza a planta e agrega o solo (Truong & Loch, 2004). A partir de ensaios de cisalhamento direto Barbosa & Lima (2013) determinaram os parâmetros de resistência ao cisalhamento (intercepto de coesão e ângulo de atrito interno) verificando que o capim vetiver proporcionou incremento de coesão aparente ao solo sendo este destacado após três anos de plantio do capim. Em virtude de seu rápido crescimento a espécie ainda forma rapidamente densas touceiras que criam barreiras às enxurradas, tornando-a capaz de recuperar áreas degradadas com o aumento da agregação do solo e consequente aumento da infiltração da água (Truong & Loch, 2004). Além disso, o vetiver também vem sendo testado para remediação da contaminação do solo por metais pesados. Antiochia et al. (2007) comprovaram, em experimentos de fitoextração, que o vetiver pode ser considerado hiperacumulador de Pb e de Zn mas com baixa acumulação de Cr e Cu tanto na parte aérea quanto nas raízes.

Alguns solos de regiões tropicais, inclusive os da Amazônia podem, graças ao seu avançado intemperismo, apresentar eletropositividade e adsorção aniônica, como as de fosfatos. O solo compete com a planta pelo P adicionado caracterizando-se, neste caso, como um dreno (Novais & Smith, 1999). Em geral, os solos ácidos apresentam baixos teores de fósforo na solução devido à grande adsorção do nutriente pela fase sólida (Raij, 1991) limitando, nesta condição, a eficiência da adubação fosfatada e a produção econômica.

A capacidade dos solos em adsorver P influencia marcadamente a resposta das plantas à aplicação de fertilizantes e à calibração do P disponível do solo. Portanto, o conhecimento da capacidade tampão ou fator capacidade de P do solo ou de alguma propriedade do solo a ele correlacionado, melhora a interpretação de análises dos solos e as estimativas dos requerimentos de fósforo para os cultivos (Ron et al., 1995). Teixeira et al. (2008) comentam que os horizontes de solos da superfície e subsuperfície da Base de Operações Geólogo Pedro de Moura, região do Rio Urucu no município de Coari, AM, apresentam baixos valores de P disponível e elevada capacidade

de adsorção de fósforo; conseqüentemente, a adubação fosfatada é uma prática essencial para o estabelecimento dos cultivos e recuperação das áreas alteradas nesta região.

A calagem é uma prática comum para elevar o pH do solo e aumentar a disponibilidade de fósforo nas regiões tropicais; todavia, o efeito da calagem na adsorção e na biodisponibilidade de fósforo tem sido relatado de forma controversa (Pereira & Faria, 1998; Arias & Fernandes, 2001; Ferreira et al., 2013). Sato & Comerford (2005) verificaram que a calagem teve efeitos duplos de reduzir a adsorção de P e de aumentar a desorção de fósforo. Alguns trabalhos também têm mostrado efeito positivo da calagem na formação de mudas de espécies nativas da Amazônia (Silva et al., 2007; 2008; Tucci et al., 2010; Macedo & Teixeira, 2012); entretanto, poucos trabalhos foram realizados com plantas de vetiver, especialmente em horizontes subsuperficiais

Este trabalho teve por objetivo avaliar o perfilhamento e a produção de matéria seca de plantas de vetiver em resposta à aplicação de calcário e fósforo em amostras de horizontes subsuperficiais de três classes de solos da Amazônia Ocidental.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental (CPAA) situado no km 29 da Rodovia AM 010, em Manaus, AM, durante o ano de 2009. As médias anuais da temperatura e da umidade do ar são, respectivamente, de 26°C e de 80%. A temperatura e a umidade da estufa eram controladas por um sistema automatizado visando manter esses valores. Foram utilizadas amostras de três solos: um Cambissolo Háplico franco argiloso da região petrolífera da bacia do Rio Urucu, em Coari, AM (4° 52' 56.62" - S e 65° 14' 20.02" - L); um Latossolo Amarelo muito argiloso, coletado no km 28 nas margens da Rodovia AM 010 (2° 54' 21.94" - S e 59° 58' 31.67" L) e um Argissolo Amarelo franco arenoso, coletado no CPAA (2° 53' 03.24" - S e 59° 58' 35.02" L). Todas as amostras foram coletadas nos horizontes subsuperficiais (Horizonte C). As amostras de solo foram destorroadas, homogeneizadas, secadas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm. As propriedades químicas e as características físicas iniciais do solo foram determinadas conforme EMBRAPA (1997) e podem ser observadas na Tabela 1. Cada solo foi considerado experimento específico. Cada experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial 2 x 5 sendo duas doses de calcário dolomítico com PRNT 85% (0 e a dose recomendada para elevar a saturação por bases a 60%) e cinco doses de fósforo (0, 50, 100, 200 e 400 mg dm⁻³ de P) totalizando 30 unidades experimentais por experimento. As doses de calcário recomendadas foram 2,67 t ha⁻¹ para o Cambissolo Háplico, 0,25 t ha⁻¹ para o Latossolo Amarelo e 1,44 t ha⁻¹ para o Argissolo Amarelo.

Depois de aplicado o calcário e homogeneizada toda a amostra, os solos foram colocados nos vasos plásticos com capacidade de 2 dm³ e incubados por quarenta dias. Após a incubação o fósforo foi aplicado em solução, parcelado em duas vezes, sendo 70% antes do plantio e os 30% restantes aos 30 dias após o plantio utilizando-se NaH₂PO₄.H₂O como fonte de P; em seguida, foi feito o plantio de vetiver. As mudas

Tabela 1. Características químicas e físicas das amostras dos solos

Propriedades/ Características	Cambissolo Háplico	Latossolo Amarelo	Argissolo Amarelo
pH em água (1:2,5)	4,43	4,82	4,64
C (g kg ⁻¹)	1,95	1,17	8,12
M. O. (g kg ⁻¹)	3,35	2,01	13,96
P (mg dm ⁻³)	0,1	0,1	1
K (mg dm ⁻³)	25	1	8
Na (mg dm ⁻³)	1	1	1
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,07	0,06	0,07
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,08	0,07	0,09
Al (cmol _c dm ⁻³)	2,99	0,00	0,65
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,92	0,45	2,17
t (cmol _c dm ⁻³)	3,20	0,14	0,83
T (cmol _c dm ⁻³)	4,14	0,58	2,35
V %	5,3	23,5	7,9
m %	93,2	0,0	77,9
Fe (mg dm ⁻³)	12	1	174
Zn (mg dm ⁻³)	0,05	0,03	0,11
Mn (mg dm ⁻³)	0,69	0,7	1,16
Cu (mg dm ⁻³)	0,10	0,08	0,12
Areia grossa (g kg ⁻¹)	111	42	653
Areia fina (g kg ⁻¹)	350	10	152
Areia total (g kg ⁻¹)	461	52	805
Silte (g kg ⁻¹)	141	912	40
Argila (g kg ⁻¹)	398	36	155
Classificação textural	Franco argiloso	Silte	Franco arenoso
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,54	1,31	1,49

de vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) utilizadas no presente estudo foram obtidas a partir de brotos selecionados pela subdivisão de touceiras da coleção de plantas medicinais da Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus-AM. Por ocasião do cultivo foi efetuada uma adubação de manutenção, em solução, com 0,82 mg dm⁻³ de B, 3,66 mg dm⁻³ de Mn, 1,55 mg dm⁻³ de Fe, 1,39 mg dm⁻³ de Cu, 0,20 mg dm⁻³ de Mo e 4 mg dm⁻³ de Zn utilizando-se, como fontes, os H₃BO₃, MnCl₂.4H₂O, FeCl₃.6H₂O, CuSO₄.5H₂O, Na₂MoO₄.2H₂O, ZnSO₄.7H₂O, respectivamente, além de duas adubações com 75 mg dm⁻³ de N e K utilizando-se, como fontes, o NH₄NO₃ e o KCl.

Os vasos foram irrigados diariamente com água destilada visando manter a umidade do solo próximo à capacidade do campo. O controle de ervas invasoras foi feito por catação manual, tal como o monitoramento de pragas e doenças visto que não foi constada incidência de pragas e doenças durante a condução do experimento. Aos 168 dias após o plantio foi feita a contagem do número de perfilhos e a seguir a parte aérea das plantas foi colhida. As raízes foram separadas do solo com o auxílio de uma peneira e lavadas em água corrente. Todas as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar (65 °C) até peso constante para avaliação da matéria seca.

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e feitos os ajustes dos dados dos números de perfilhos, matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca total (MST) em função das doses de fósforo aplicadas na presença e ausência de calcário por meio de análises de regressão linear. As análises foram realizadas com auxílio do software SAEG (UFV, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para mudas de vetiver cultivadas em Cambissolo Háplico o crescimento foi maior devido à aplicação de calcário e das doses

de fósforo e ocorreu interação entre a aplicação de fósforo e o calcário, para todas as variáveis (P < 0,05), exceto para MSR cuja interação não foi significativa (Tabela 2). No Latossolo Amarelo ocorreu efeito significativo das doses de calcário e de fósforo sobre todas as variáveis, com exceção da MST, influenciada apenas pela calagem e a interação entre doses de calcário e fósforo não foi significativa para todas as variáveis. Para o Argissolo Amarelo houve efeito significativo do calcário, do fósforo e da interação para todas as variáveis, exceto para número de perfilhos cuja interação não foi significativa.

É provável que o efeito da calagem se deva ao aumento do pH do solo embora haja aumento nas cargas negativas da superfície resultando em maior repulsão eletrostática entre o fosfato e a superfície adsorvente (Haynes, 1982; Sato & Comerford, 2005) e também de todas as modificações dos atributos de fertilidade. Para o Latossolo esta relação não foi significativa provavelmente porque o solo apresentava, de início, saturação por bases superior a 20% requerendo menor quantidade de calcário para elevá-la a 60%.

Nos três tipos de solo a calagem promoveu aumento significativo da produção de perfilhos e de matéria seca em vetiver (Tabela 3 e Figuras 1, 2, 3 e 4). Arrigoni-Blank et al. (2013) verificaram, estudando o crescimento de mudas de vetiver em substrato de pó de coco, que a aplicação de calcário acrescido de fertilizante NPK, promoveu maior acúmulo de massa seca de raízes; entretanto, ao se analisar as doses de calcário na utilização de pó de coco + areia (3:1) verifica-se que o efeito das doses de calcário não foi significativo em nenhuma das dosagens de NPK utilizadas. Cruz et al. (1994) também observaram efeito positivo da calagem sobre a produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf. cv. Marandu, *Andropogon gayanus* Kunth cv. Planaltina e

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos dados de número de perfilhos, matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST) de vetiver cultivadas em três classes de solo em função da aplicação de calcário e de fósforo

Fontes de variação	Quadrado médio				
	GL	Perfilhos	MSPA	MSR	MST
Cambissolo Háplico					
Bloco	2	1,73 ^{ns}	2,79 ^{ns}	64,49 ^{ns}	65,21 ^{ns}
Calcário	1	145,20**	1375,52**	1915,04**	6536,61**
Dose P	4	78,08**	348,50**	577,51**	1784,12**
Calcário x Dose	4	12,28*	80,26**	97,92 ^{ns}	337,83**
Resíduo	18	2,92	5,47	34,10	46,73
CV%		18,3	13,9	32,2	19,6
Latossolo Amarelo					
Bloco	2	4,23 ^{ns}	31,19 ^{ns}	56,35 ^{ns}	232,71 ^{ns}
Calcário	1	32,03**	113,29*	264,15*	1125,83*
Dose P	4	38,38**	119,23**	155,56*	321,55 ^{ns}
Calcário x Dose	4	0,28 ^{ns}	33,71 ^{ns}	59,25 ^{ns}	144,17 ^{ns}
Resíduo	18	2,90	19,16	35,18	147,16
CV%		25,2	44,3	60,5	58,1
Argissolo Amarelo					
Bloco	2	3,43 ^{ns}	3,68 ^{ns}	13,03 ^{ns}	5,07 ^{ns}
Calcário	1	36,30**	847,47**	3110,80**	7205,64**
Dose P	4	42,70**	237,55**	615,93**	1574,02**
Calcário x Dose	4	3,63 ^{ns}	25,57**	166,94**	303,09**
Resíduo	18	3,03	5,39	26,98	44,10
CV%		18,0	13,0	20,4	15,4

^{ns}: não-significativo a 0,05 de probabilidade; * e **: significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste de F

Tabela 3. Valores médios de número de perfilhos, matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST) de plantas de vetiver cultivadas nos três solos, com e sem calagem, e submetidas a diferentes doses de fósforo

Variável	Calagem ^{1/}	Dose de P (mg dm ⁻³)					Média
		0	50	100	200	400	
Cambissolo Háplico							
Perfilhos	Com	4,0	12,7	13,0	16,7	11,3	11,5a
	Sem	2,3	7,7	7,0	8,7	10,0	7,1b
MSPA	Com	5,2	26,0	27,3	32,4	26,5	23,5a
	Sem	2,5	8,8	7,5	13,8	17,2	9,9b
MSR	Com	5,1	29,5	22,6	39,7	33,6	26,1a
	Sem	1,9	9,3	5,3	15,0	19,2	10,1b
MST	Com	10,4	55,5	49,9	72,1	60,1	49,6a
	Sem	4,5	18,1	12,8	28,7	36,3	20,1b
Latossolo Amarelo							
Perfilhos	Com	3,7	8,3	7,3	9,7	10,0	7,8a
	Sem	1,7	6,7	5,0	8,0	7,3	5,7b
MSPA	Com	2,8	9,9	11,0	17,7	17,7	11,8a
	Sem	3,1	11,8	5,6	9,8	9,4	7,9b
MSR	Com	2,5	10,5	11,3	19,3	20,2	12,8a
	Sem	1,4	12,7	3,8	7,9	8,3	6,8b
MST	Com	5,3	20,4	22,3	37,1	37,8	24,6a
	Sem	4,5	24,6	9,4	17,7	17,6	14,8b
Argissolo Amarelo							
Perfilhos	Com	5,0	13,3	11,0	13,0	11,3	10,7a
	Sem	5,0	9,3	9,7	10,0	8,7	8,5b
MSPA	Com	8,4	26,4	25,5	28,9	26,4	23,1a
	Sem	5,1	12,9	13,6	16,2	14,7	12,5b
MSR	Com	12,1	40,2	31,9	54,1	39,7	35,6a
	Sem	7,2	16,8	14,5	20,2	17,4	15,2b
MST	Com	20,5	66,6	57,4	83,0	66,1	58,7a
	Sem	12,3	29,7	28,1	36,4	32,1	27,7b

^{1/} Dose recomendada de calcário (PRNT 85%) para elevação da saturação por bases a 60%: Cambissolo Háplico - 0,2666 t ha⁻¹; Latossolo Amarelo - 0,249 t ha⁻¹; Argissolo Amarelo - 1,442 t ha⁻¹

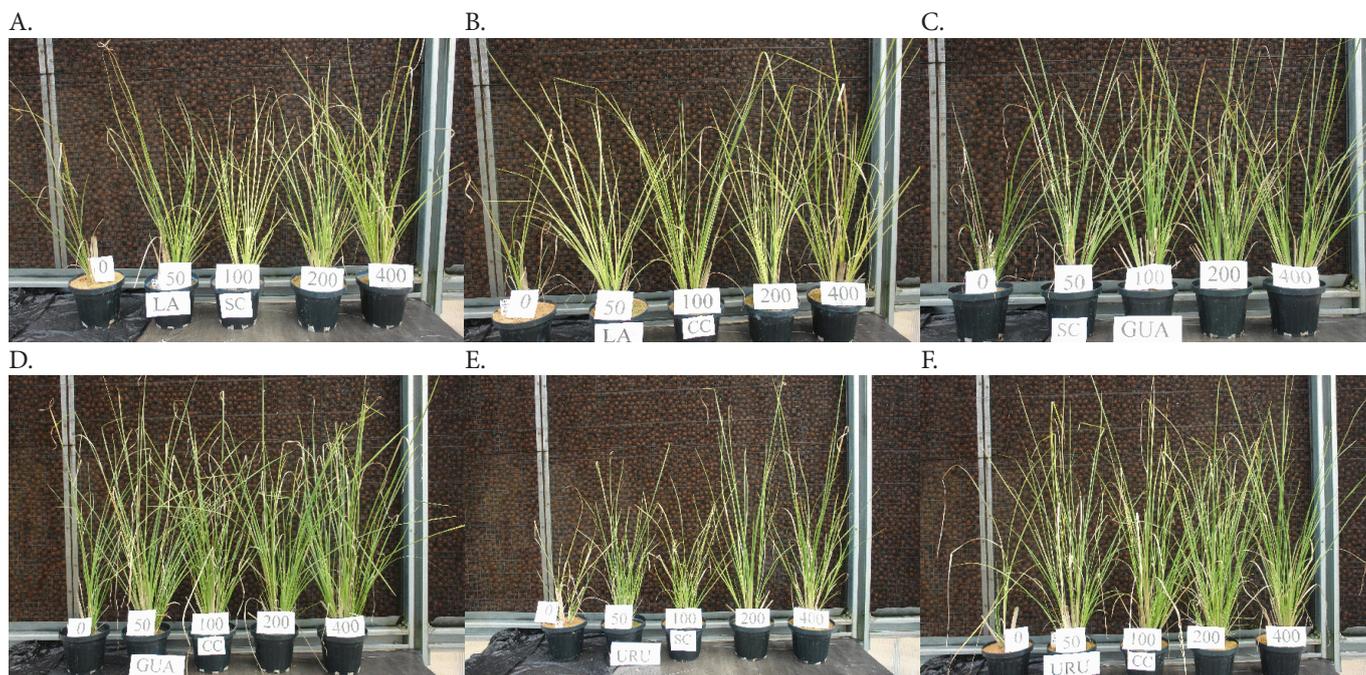


Figura 1. Crescimento de plantas de vetiver cultivadas em amostras subsuperficiais de um Latossolo Amarelo (LA), de um Argissolo Amarelo (GUA) e de um Cambissolo Háplico (URU), com (CC) e sem (SC) aplicação de calcário, submetidas à aplicação de diferentes doses de fósforo (em mg dm⁻³)

Panicum maximum Jacq. cv. Aruana sobre Latossolo Vermelho-Escuro textura média sugerindo, neste caso, a elevação da saturação por bases a 70% para implantação dessas espécies em pastagens. Diferentemente, a produção de matéria seca de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) não apresentou diferenças significativas entre os níveis de calagem nem interação significativa entre os níveis de calagem e doses

de fósforo quando cultivada em um Latossolo Vermelho-Amarelo (Nascimento et al., 2002).

De modo geral, os maiores valores obtidos de matéria seca e número de perfilhos foram encontrados no Cambissolo Háplico e no Argissolo Amarelo sendo os menores valores observados em plantas cultivadas no Latossolo. Além do pH, a disponibilidade de fósforo para as plantas pode ser influenciada

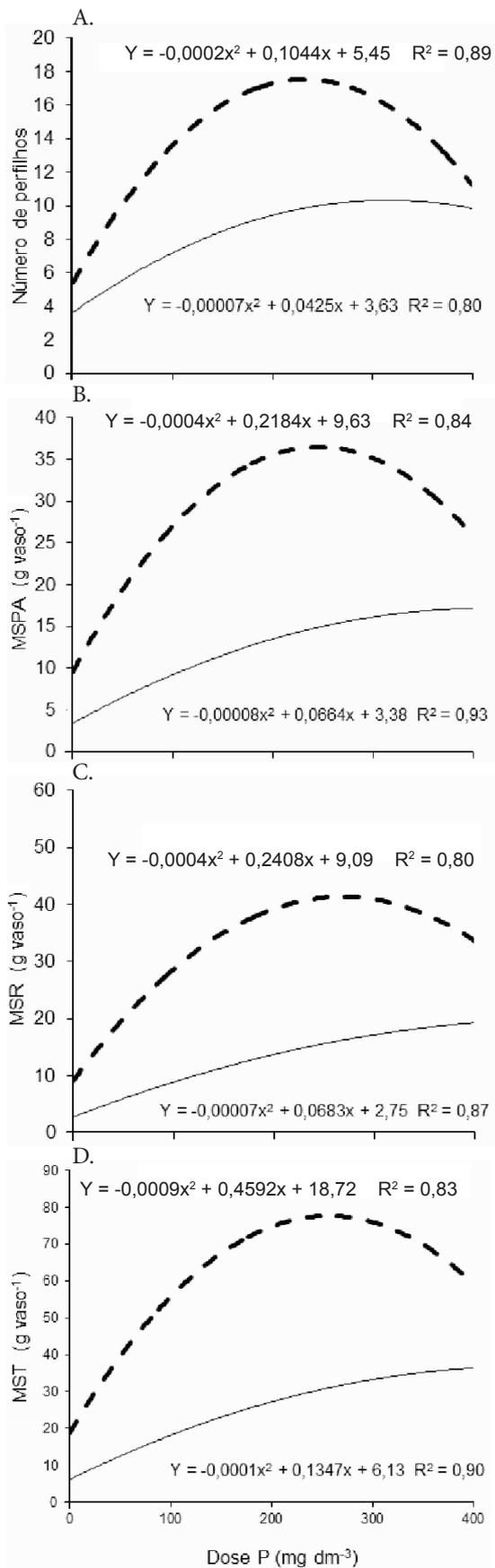


Figura 2. Número de perfilhos, matéria seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plantas de vetiver cultivadas em amostras subsuperficiais de um Cambissolo Háplico, com (linha tracejada) e sem (linha contínua) aplicação de calcário, em função da aplicação de diferentes doses de fósforo

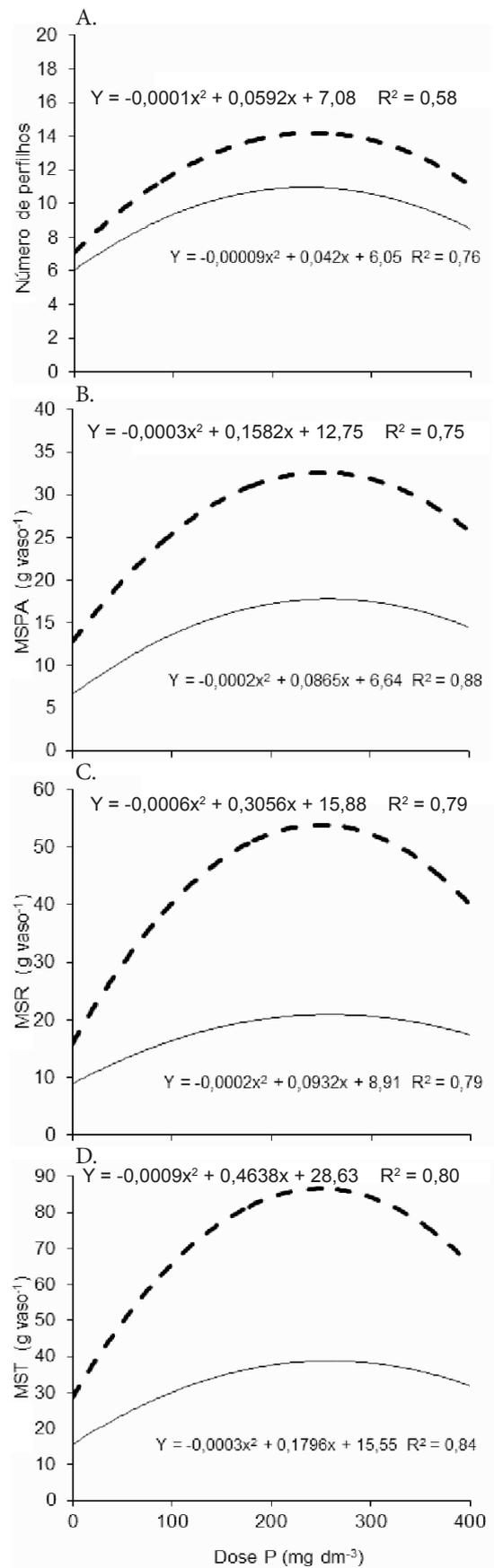


Figura 3. Número de perfilhos, matéria seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plantas de vetiver cultivadas em amostras subsuperficiais de um Argissolo Amarelo, com (linha tracejada) e sem (linha contínua) aplicação de calcário, submetidas à aplicação de diferentes doses de fósforo

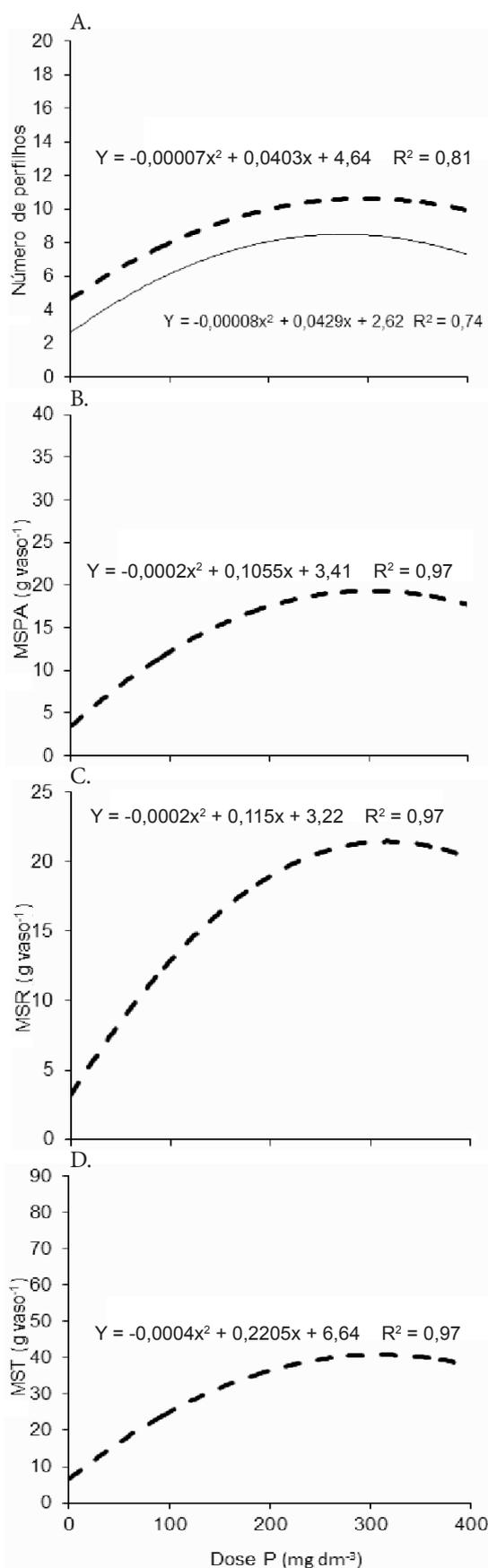


Figura 4. Número de perfilhos, matéria seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plantas de vetiver cultivadas em amostras subsuperficiais de Latossolo Amarelo, com (linha tracejada) e sem (linha contínua) aplicação de calcário, submetidas à aplicação de diferentes doses de fósforo

pela textura do solo. Machado et al. (2011) observaram que em solo de textura média quanto maior a dose de P_2O_5 aplicada menor a disponibilidade de P com o passar do tempo enquanto para os solos de textura arenosa a disponibilidade de P foi maior com o passar do tempo. Segundo Novais & Smyth (1999), em razão do fator capacidade dos solos de textura argilosa ser elevado, só se conseguem alterações no fósforo da solução do solo com a aplicação de doses muito elevadas de P. Assim, os menores ganhos em matéria seca de vetiver cultivado em Latossolo Amarelo, em função das doses de P, podem ser devidos à maior adsorção deste elemento pela fração ativa do solo o que proporciona menor disponibilidade de P para as plantas.

A simples aplicação de calcário sem aplicação de fósforo, aumentou significativamente a produção de matéria seca no Cambissolo e no Argissolo (Tabela 3 e Figuras 1, 2 e 3). Em média, a produção de matéria seca total estimada aumentou 305 e 171% com a adição de calcário para o Cambissolo e Argissolo, respectivamente, na dose zero de calcário, fato este que se deveu à redução da acidez nesses dois solos e a aumentos dos teores de Ca e de Mg que, inicialmente, eram baixos nos três solos porém no Latossolo Amarelo a acidez inicial já estava baixa o que proporcionou, sem dúvida, menor efeito da calagem na dose zero de P. Para o Latossolo, na ausência de calcário o ajuste da matéria seca em função das doses de fósforo apesar de significativo (curvas não apresentadas), apresentou valores de R^2 muito baixos (ex: MSR = $-0,00005x^2 + 0,0297x + 4,62$ $R^2 = 0,13$).

As equações polinomiais quadráticas foram as que melhor se ajustaram para explicar os parâmetros avaliados do vetiver em função das doses de fósforo (Figuras 2, 3 e 4). Em uma análise geral e independente da classe de solo, o valor máximo estimado para número de perfilhos ($17,54 \text{ vaso}^{-1}$) pode ser alcançado com a dose de $231,79 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, quando combinado com a aplicação de calcário visto que sem a calagem a dose de fósforo sobe para $234,13 \text{ mg dm}^{-3}$.

Os maiores acúmulos de MSPA ($36,44 \text{ g planta}^{-1}$), MSR ($53,86 \text{ g planta}^{-1}$) e MST ($86,51 \text{ g planta}^{-1}$) podem ser obtidos com as doses máximas estimadas de $245,59$; $248,59$ e $249,51 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, respectivamente, em junção com a calagem. Na ausência de calagem, semelhante ao observado no número de perfilhos, essas doses podem ultrapassar 400 mg dm^{-3} de P sem, contudo, promover maior produção de matéria seca comparativamente aos tratamentos com calagem.

Outras espécies também respondem positivamente à adição de calcário e fósforo no substrato. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresentou efeito significativo da calagem, da adubação fosfatada e da interação sobre a produção de matéria seca com resposta quadrática das doses de P dentro dos níveis de calcário (Paulino et al., 1994). Viviani et al. (2010) observaram, avaliando o efeito da aplicação de calcário com adubo fosfatado na disponibilidade de P no solo e no acúmulo deste elemento em plantas de soja, que o aumento do pH do solo promoveu aumento na produção de massa seca da parte aérea da soja com resposta linear para o Latossolo Vermelho Distroférrico e quadrática para o Latossolo Vermelho Distrófico. Por outro lado, Costa Filho et al. (2013) verificaram efeito positivo da adubação fosfatada para mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth mas não constataram efeito da calagem associando ao fato de o solo estudado apresentar,

originalmente, teores de Ca e Mg considerados médios, de acordo com as classes propostas por Raij (1991).

CONCLUSÕES

1. A adição de calcário e fósforo ao substrato influenciou positivamente a produção de perfilhos e de matéria seca nas plantas de vetiver.

2. A calagem aumentou a eficiência da adubação fosfatada e, em consequência, favoreceu o estabelecimento do vetiver em solos degradados.

3. Nas condições estudadas a maior produção de matéria seca total das mudas de vetiver pode ser obtida com a aplicação de calcário dolomítico e de até 257, 370 e 250 mg dm⁻³ de fósforo para o Cambissolo Háplico, Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Rede CT-Petro, ao FINEP, à Petrobras, à Embrapa Amazônia Ocidental, ao INPA, ao CNPq e à FAPEAM, pelo apoio logístico e financeiro.

LITERATURA CITADA

- Antiochia, R.; Campanella, L.; Ghezzi, P.; Movassaghi, K. The use of vetiver for remediation of heavy metal soil contamination. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v.388, p.947-956, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s00216-007-1268-1>
- Arias, J. S.; Fernandes, P. G. Changes in phosphorus adsorption in a Paleixerult amended with limestone and/or gypsum. *Communication Soil Science Plant Analysis*, v. 32, p.751-758, 2001. <http://dx.doi.org/10.1081/CSS-100103906>
- Arrigoni-Blank, M.F.; Blank, A.F.; Santos, T.C. Produção de mudas de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) com uso de diferentes substratos. *Bioscience Journal*, v.29, p.597-604, 2013.
- Barbosa, M. C.; Lima, H. M. Resistência ao cisalhamento de solos e taludes vegetados com capim vetiver. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.113-120, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000100012>
- Costa Filho, R. T.; Valeri, S. V.; Cruz, M. C. P. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em Latossolo Vermelho-Amarelo. *Ciência Florestal*, v.23, p.89-98, 2013. <http://dx.doi.org/10.5902/198050988442>
- Cruz, M. C. P.; Ferreira, M. E.; Luchetta, S. Efeito da calagem sobre a produção de matéria seca de três gramíneas forrageiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, p.1303-1312, 1994.
- Donjadee, S.; Tingsanchali, T. Reduction of runoff and soil loss over steep slopes by using vetiver hedgerow systems. *Paddy Water Environment*, v.11, p.573-581, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s10333-012-0350-2>
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p.
- Ferreira, A. L. L.; Lima, I. M. A.; Nascimento, B. L. M.; Aquino, B. F. Influência da calagem na adsorção de fósforo em diferentes solos do estado do Ceará. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.9, p.1-5, 2013.
- Haynes, R. J. Effects of liming on phosphate availability in acid soils - A critical review. *Plant soil*, v.68, p.289-308, 1892.
- Machado, V. J.; Souza, C. H. E.; Andrade, B. B.; Lana, R. M. Q.; Korndorfer, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. *Bioscience Journal*, v.27, p.70-76, 2011.
- Macedo, S. T.; Teixeira, P. C. Calagem e adubação fosfatada para formação de mudas de araçá-boi. *Acta Amazônica*, v.42, p.405-412, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000300013>
- Nascimento, J. L.; Almeida, R. A.; Silva, R. S. M. Magalhães, L. A. F. Níveis de calagem e fontes de fósforo na produção do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.32, p.7-11, 2002.
- Novais, R. F.; Smyth, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.
- Paulino, V. T.; Costa, N. L.; Lucena, M. A. C. de; Schammas, E. A.; Ferrari, J. R., Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu à calagem e a fertilização fosfatada em um solo ácido. *Pasturas Tropicales*, v.16, p.34-40, 1994.
- Pereira, J. R.; Faria, C. M. B. Phosphorus sorption in some soils of the semi-arid region of the Brazilian Northeast. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, p.1179-1184, 1998.
- Raij, B. van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- Ron, M. M.; Bussetti, S. G.; Loewy, T. Uso de un índice de sorción como complemento del fósforo extraíble para la fertilización de trigo. *Ciencia del Suelo*, v.13, p.35-37, 1995.
- Sato, S.; Comerford, N. B. Influence of soil pH on inorganic phosphorus sorption and desorption in a humic Brazilian Ultisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.685-694, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000500004>
- Silva, A. R. M.; Tucci, C. A. F.; Lima, H. N.; Figueiredo, A. F. Doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica*, v.37, p.195-200, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000200004>
- Silva, A. R. M.; Tucci, C. A. F.; Lima, H. N.; Souza, P. A.; Venturin, N. Efeitos de doses crescentes de calcário na produção de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn). *Floresta*, v.38, p.295-302, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v38i2.11623>
- Teixeira, P. C.; Ribeiro, G. A. A.; Rodrigues, M. R. L. Características de adsorção de fósforo em solos da bacia petrolífera de Urucu. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 17, 2008, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CNPS, 2008. CD-Rom
- Truong, P. N. V.; Loch, R. Vetiver system for erosion and sediment control. In: International Soil Conservation Organisation Conference, 13, 2004, Brisbane. Anais... Brisbane: Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions, 2004. 6p.
- Tucci, C. A. F.; Lima, H. N.; Gama, A. S.; Costa, H. S.; Souza, P. A. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw., bombacaceae). *Acta Amazonica*, v.40, p.543-548, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672010000300013>
- UFV - Universidade Federal de Viçosa. SAEG: Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes. 2007. CD-Rom
- Viviani, C. A.; Marchetti, M. E.; Vitorino, A. C. T.; Novelino, J. O.; Gonçalves, M. C. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, p.61-67, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000100007>