

Produção do capim piatã submetido a fontes e doses de fósforo

Marllos Peres de Melo¹, Rômulo Caiam Pontes Lima², Gilson Araújo de Freitas³, Liomar Borges de Oliveira⁴
e Saulo Oliveira Lima⁵

¹Doutor em Produção Vegetal, Professor do Centro Universitário UnirG (UNIRG), marllospere@bol.com.br R. Dep. José de Assis, 11 - St. Central, Gurupi - TO, 77402-050; ²Estudante de Agronomia da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Rua Badejós, Chácaras 69/72, s/n - Zona Rural, Gurupi - TO; ³Doutor em Produção Vegetal, PNPD, Universidade Federal do Tocantins (UFT). Rua Badejós, Chácaras 69/72, s/n - Zona Rural, Gurupi - TO; ⁴Mestrando em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Rua Badejós, Chácaras 69/72, s/n - Zona Rural, Gurupi - TO; ⁵Professor do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Rua Badejós, Chácaras 69/72, s/n - Zona Rural, Gurupi - TO.

Resumo - A baixa disponibilidade de fósforo é característica do cerrado, sendo necessária a sua inclusão nas adubações, para estabelecimento, e obtenção de produtividades satisfatórias das pastagens, dentre elas o capim Piatã (*Urochloa brizantha*). Assim, objetivou-se avaliar a produção do capim Piatã submetido à fontes e doses de fósforo no cerrado tocantinense. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, cada parcela experimental foi formada por um vaso, contendo 5,0 dm³ de solo, totalizando 64 vasos. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, num arranjo fatorial 4 x 4, composto por quatro fontes de fósforo: Superfosfato Triplo (SFT), Linha Fertilizante Heringer especial - formação de Pastagem (FHP), Rejeito de Rocha Fosfática (RRF) e Fosfato Reativo de Bayóvar (FRB) e quatro doses de fósforo (45, 90, 135 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅). O capim Piatã foi submetido a três cortes e avaliado número de perfilhos, produção de massa (verde, seca, do colmo, da folha e das raízes). A adubação fosfatada promove incrementos na produção de forragem do capim Piatã. Os melhores resultados foram obtidos com as fontes FHP e FRB nos três cortes. Nessas fontes, as melhores doses para produção de MSPA foram 150 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. A fonte RRF também apresenta respostas positivas, podendo ser uma alternativa, puro ou misturado com fonte solúvel, para adubação fosfatada do capim Piatã.

Palavras-chave: adubação fosfatada, *Urochloa brizantha*, cerrado, Rejeito de Rocha Fosfática.

Production of Piatã grass submitted to sources and doses of phosphorus

Abstract - The low phosphorus availability is characteristic of the cerrado, being its inclusion in the fertilization, for the establishment and obtaining of satisfactory pasture yields, among them the Piatã grass. The objective of this study was to evaluate the production of Piatã grass submitted to sources and doses of phosphorus in the cerrado of Tocantins. The experiment was carried out in a greenhouse. Each experimental plot consisting of one pot containing 5,0 dm³ of soil, totaling 64 pots. The experimental design was completely randomized, with four replicates, in a 4 x 4 factorial arrangement, composed of four sources of phosphorus: Triple Superphosphate (FFT), FH Pasture (FHP), Phosphate Rock Reject (RRF) and Bayóvar Reactive Phosphate (FRB) and four doses of phosphorus (45, 90, 135 and 180 kg ha⁻¹ of P₂O₅). The Piatã grass was submitted to three cuts and evaluated number of tillers, mass production (green, dry, lap, leaf and roots). Phosphate fertilization promotes increases in forage production of Piatã grass. The best results are obtained with FHP and FRB sources in the three sections. In these sources, the best doses for the production of MSPA were 150 and 90 kg ha⁻¹ of P₂O₅, respectively. The RRF source also presents positive responses, being able to be an alternative, pure or mixed with soluble source, for phosphate fertilization of Piatã grass.

Keywords: phosphate fertilization, *Urochloa brizantha*, cerrado, Phosphate Rock Reject.

Introdução

O Brasil é considerado um dos maiores produtores mundiais de bovinos, com cerca de 217,7 milhões de cabeças (MAPA, 2017). A maior parte do rebanho é criada a pasto, em uma área de 173 milhões de hectares, sendo que cerca de 67% são de pastagens cultivadas e apenas 3% desse rebanho são terminados em sistema intensivo (SANTOS et al., 2015; ABIEC, 2016). A maior parte das pastagens cultivadas é representada por gramíneas do gênero *Urochloa* (*Syn. Brachiaria*) que são responsáveis pela maior parte do mercado de sementes e pelo incremento na produtividade animal.

A forrageira *Urochloa brizantha* (*Syn. Brachiaria brizantha*) cv. Piatã vem ganhando espaço nas áreas destinadas ao cultivo de pastagens por ser considerada produtiva, apresentar maior acúmulo de folhas, maior tolerância a solos com má drenagem e apresentar boa aceitação pelos animais, dentre as diversas espécies do gênero (PIMENTA, 2009).

Entretanto, para garantir que ocorra o estabelecimento adequado da planta em solos do cerrado, em termos de qualidade da forragem e produtividade da pastagem, é necessária aplicação de fósforo (MONTEIRO et al., 2014), uma vez que este elemento é deficiente em solos deste bioma. Doses equilibradas e fontes adequadas de fósforo implicam em

maior produção e qualidade de forrageiras, uma vez que é um nutriente crucial no metabolismo das plantas na transferência de energia da célula, respiração e fotossíntese, sendo componente estrutural de macromoléculas, genes e cromossomos e integrantes de diversas moléculas químicas, como açúcares fosfatados, nucleotídeos, além de ser parte estrutural do difosfato de adenosina (ADP) e do trifosfato de adenosina (ATP), participando de um grande número de compostos essenciais de vias metabólicas e nos processos de transferência de energia sendo ainda essencial para a divisão celular, devido ao seu papel na estrutura dos ácidos nucleicos (TAIZ & ZEIGER, 2017).

No entanto, os solos brasileiros de forma geral apresentam baixa disponibilidade de fósforo, principalmente na região do cerrado, sendo necessária a inclusão nas adubações para a obtenção de produtividades satisfatórias (FARIA et al., 2015). A deficiência no solo limita o desenvolvimento radicular, taxa de crescimento inicial, perfilhamento e o estabelecimento das pastagens, limitando sua capacidade produtiva, resultando em baixa produtividade e capacidade de suporte animal (DUARTE et al., 2016).

Os principais fertilizantes fosfatados se enquadram em três grupos (alta solubilidade, baixa e de solubilidade intermediária) que possuem eficiência agrônômica diferenciada. A utilização de fontes solúveis de fósforo, tais como os superfosfatos, ocasiona uma disponibilidade imediata desse nutriente no solo, o que leva à sua preferencial utilização nas adubações. Entretanto, essas fontes apresentam maior custo devido ao seu processo de industrialização, além de que grande parte do fósforo estará sujeita à fixação no solo, reduzindo a sua disponibilidade às plantas (DIAS et al., 2015).

Uma alternativa para reduzir custos com fertilizantes fosfatados na implantação e manutenção das pastagens tem sido a utilização de fontes fosfatadas menos solúveis, tais como os fosfatos naturais reativos. Os fosfatos naturais reagem gradualmente no solo e apresentam um efeito residual compensatório, e o somatório da sua eficiência, quando estimada por períodos longos, pode se igualar aos fosfatos solúveis (REZENDE et al., 2016).

O requerimento de grandes quantidades de fosfatos na correção da fertilidade, e a ausência de reservas abundantes de rochas fosfatadas de boa qualidade, associados ao elevado custo dos fertilizantes, justificam estudos para otimizar a eficiência no uso de adubos fosfatados em plantas forrageiras. A variação na solubilidade dos fosfatos, seja ele natural ou industrializado, a interação do fertilizante com os componentes dos diferentes tipos de solo, a forma de utilização, e as características da planta cultivada, são fatores que reforçam ainda mais a necessidade de estudos voltados para adubação fosfatada. Assim, o estudo de fontes com diferentes solubilidades e

quantidades de fósforo em pastagens cultivadas no cerrado pode definir a quantidade ideal do fertilizante a ser utilizado.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes (superfosfato triplo, FH Pastagem, rejeito de rocha fosfática e fosfato reativo de Bayóvar) e doses de fósforo na produção do *Urochloa brizantha* cv. Piatã no cerrado tocantinense.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Pesquisa do Campus de Gurupi - TO, da Universidade Federal do Tocantins (UFT), localizado a 11° 43'45" de latitude sul e 49° 04'07" de longitude oeste, a 280 m de altitude. A caracterização climática local é de clima tropical úmido com pequena deficiência hídrica (B1wA'a') conforme a classificação de Thornthwaite (TOCANTINS, 2005); ou Aw Cerrado ou Savana tropical segundo Köppen – Geiger (PEEL, 2007). A temperatura média anual varia de 22 a 32 °C, com umidade relativa média do ar em torno de 76%, precipitação anual média de 1.400 mm.

O experimento foi implantado em casa de vegetação, em vasos. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, franco argiloso (EMBRAPA, 2013), que após análise apresentou os seguintes resultados: pH_{CaCl2} = 5,8; MO = 0,7 dag kg⁻¹, P-Mehlich = 0,5 mg dm⁻³; K = 0,049 cmol_cdm⁻³; Ca = 0,1cmol_cdm⁻³; Mg = 0,1 cmol_cdm⁻³; Al = 0,0 cmol_cdm⁻³; (H + Al) = 1,30 cmol_cdm⁻³; SB = 0,25 cmol_c dm⁻³; V = 16,0 %, T = 1,55 cmol_c dm⁻³; Zn = 0,1 mg dm⁻³; Fe = 4,0 mg dm⁻³; Mn = 0,4 mg dm⁻³; Cu = 0,1 mg dm⁻³; B = 0,1 mg dm⁻³; S = 2,0 mgdm⁻³; argila = 448 g kg⁻¹, silte = 62 g kg⁻¹ e areia = 490 g kg⁻¹.

Cada parcela experimental foi formada por um vaso, contendo 5,0 dm³ de solo, totalizando 64 vasos. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em um arranjo fatorial 4 x 4, composto por quatro fontes de P, sendo duas fontes minerais e duas orgânicas: Minerais - superfosfato triplo (SFT), Linha Fertilizante Heringer especial para formação de Pastagem (FHP); orgânica - rejeito de rocha fosfática (RRF) e fosfato reativo de Bayóvar (FRB), e quatro doses de fósforo, sendo utilizadas o equivalente a: 45, 90, 135, 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, obtidas conforme as recomendações (VILELA et al., 2007), a partir dos resultados da análise de solo e da necessidade do capim, sendo considerado 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a dose ideal.

A escolha das fontes foi de acordo com a solubilidade e disponibilidade das mesmas, sendo escolhidas o superfosfato triplo (SFT), que possui de 41% P₂O₅ total, 38% de P₂O₅ solúvel em água, 3% de P₂O₅ solúvel em citrato de amônia e 7% de Ca; o fosfato reativo de Bayóvar (FRB) de origem sedimentar e orgânico, possui 26% P₂O₅ total, 34 % de Ca²⁺ total, 0,4 % de Mg²⁺, 0,05 B,

0,3 Fe³⁺ rejeito de rocha fosfática (RRF), que possui 23,6% de P₂O₅ total, contendo 11,3% de CaO e 4,68% de Fe₂O₃, e o FH pastagem (FHP), que possui 31% de P₂O₅ total, 16% de P₂O₅ solúvel ácido cítrico e 10% de P₂O₅ solúvel em água além de 23% de Ca e 6,5% de S, sendo uma mistura comercial de superfosfato simples e fosfato natural reativo Djebel Önk (Argélia).

O cálculo da quantidade de calcário foi realizado de acordo com a análise de solo, através do método da saturação de bases, visando elevar a saturação por base para 45%, segundo Vilela et al. (2007). O calcário foi misturado ao solo de cada vaso, visando maior homogeneização possível. Logo após a mistura o solo foi acondicionado no vaso.

Os tratamentos com fertilizantes fosfatados foram aplicados às parcelas após 40 dias da aplicação do calcário no solo. A quantidade de P aplicada em cada fonte de fósforo foi determinada levando-se em conta o teor de P₂O₅ total.

A semeadura foi com aproximadamente 20 sementes por vaso da *Brachiaria brizanta* cv. Piatã na profundidade de 2 cm abaixo da superfície do solo, na mesma ocasião da adubação fosfatada. A irrigação foi realizada adotando-se um turno de rega de dois dias, onde se aplicou 800 mL de água em cada vaso, para atingir 60% da capacidade de campo.

Aos 15 dias após a semeadura foi realizado o primeiro desbaste eliminando 50% das plantas presentes no vaso; aos 21 dias após a semeadura foi realizado o segundo desbaste no final do qual permaneceram apenas as 7 plantas por vaso e os parâmetros utilizados para a seleção das plantas foram homogeneidade, tamanho e a posição dentro do vaso. Aos 60 dias após a semeadura foi realizado o corte de uniformização a 15 cm de altura do solo.

Durante o desenvolvimento da forrageira foi realizada adubação nitrogenada e potássica em cobertura, aplicando-se o equivalente a 150 e 100 kg ha⁻¹ de cada nutriente, respectivamente, parceladas em três aplicações no período compreendido entre cada corte.

A partir do corte de uniformização foram realizados três cortes, com intervalos de 40 dias e a 15 cm de altura do solo. Em cada corte avaliou-se o número de perfilhos por vaso (PERF), a massa verde da parte aérea (MVPA) e a massa seca da parte aérea (MSPA), que foi subdividida em massa seca das folhas (MSF) e massa seca do colmo (MSC). Foi coletada a biomassa total das três plantas do recipiente e seca em estufa de circulação a 65 °C, até atingir massa constante. Após o último corte foi determinada a massa seca de raiz (RAIZ). As raízes foram separadas do solo, lavadas com água deionizada, secas em estufa de circulação a 65 °C, até atingir massa constante, sendo em seguida pesadas.

As análises estatísticas foram realizadas, utilizando o SISVAR (FERREIRA, 2008). Os dados foram submetidos à

análise de variância (teste F), teste de comparação de médias (teste de Tukey) e análise de regressão. A interação fontes x doses foi desdobrada quando significativa ($p \leq 0,05$). O efeito das doses de adubo fosfatado foi avaliado por análise de regressão. A escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes linear e quadrático, por meio do teste t de Student ($p \leq 0,05$) e no coeficiente de determinação.

Resultados e Discussão

O resumo das análises de variância apresentado na Tabela 1 são referentes aos dados de três cortes do capim Piatã referente a número de perfilhos (PERF), massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca do colmo (MSC), massa seca das folhas (MSF), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR), em função de fontes e doses de fósforo.

No corte 1 verifica-se que houve diferença para os parâmetros PERF, MVPA, MSPA, MSF e MSC em relação às fontes e doses ($p \leq 0,01$). A interação também foi significativa com exceção do PERF e da MSC. No corte 2 o efeito da fonte e dose foi significativo para todas as variáveis ($p \leq 0,01$) com exceção da MSC. Na interação fonte x dose foram significativos MSC e MSPA. Para o corte 3 somente MSC foi significativa ($p \leq 0,01$) para a fonte e dose.

A utilização de fontes solúveis de fósforo, tais como os superfosfatos, ocasiona uma disponibilidade imediata desse nutriente no solo, o que leva à sua preferencial utilização nas adubações. Entretanto, estas fontes apresentam maior custo devido ao seu processo de industrialização, além de que grande parte do fósforo estará sujeita à fixação no solo, reduzindo a sua disponibilidade às plantas (LIMA et al., 2007).

Os resultados demonstram que com a adubação fosfatada houve um incremento na produção do capim. Segundo Malavolta (2006) e Taiz & Zeiger (2017) o fósforo promove maior crescimento da forrageira principalmente por desempenhar função estrutural na planta além de fazer parte de compostos orgânicos como o ATP, os aminoácidos e de todas as enzimas e assim participa de diversos processos metabólicos, em especial no processo de transferência e de armazenamento de energia.

No primeiro corte as fontes de fósforo superfosfato triplo (SFT), FH pastagem (FHP) e fosfato reativo de Bayóvar (FRB) não se diferiram e proporcionaram as maiores produções de PERF, MVPA, MST, MSF e MSC, o que os diferenciou da fonte rejeito de rocha fosfática (RRF) ($p \leq 0,05$) (Tabela 2). Isso pode ser explicado pela baixa solubilidade da fonte RRF, que demonstra a necessidade da cultura por fósforo desde início do desenvolvimento.

Tabela 1. Resumo da análise da variância para Número de perfilhos (PERF; unidade), Massa verde da parte aérea (MVPA; g vaso⁻¹), Massa seca da parte aérea (MSPA; g vaso⁻¹), Massa seca das folhas (MSF; g vaso⁻¹), Massa seca do colmo (MSC; g vaso⁻¹) e massa seca da raiz (MSR; g vaso⁻¹) de capim Piatã submetido a fontes e doses de fósforo

Primeiro Corte	Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
			PERF	MVPA	MSPA	MSF	MSC	MSR
	Fonte (F)	3	357,7**	2334,4**	116,3**	60,4**	9,8**	-
	Dose (D)	3	163,1**	975,3**	54,4**	33,6**	2,7*	-
	F x D	9	18,6 ^{ns}	220,2**	12,3**	7,2**	0,96 ^{ns}	-
	Resíduo	48	13,6	72,1	3,7	1,7	0,74	-
	Média	-	13,3	24,4	5,8	4,3	1,5	-
	CV(%)	-	27,8	34,7	33,1	31,1	55,9	-
Segundo Corte	Fonte (F)	3	975,3**	17330,1**	460,9**	333,1**	13**	-
	Dose (D)	3	279,8**	3086,2**	131,2**	52,7*	1,4 ^{ns}	-
	F x D	9	54,1 ^{ns}	1022,5 ^{ns}	50,6*	17 ^{ns}	4,9**	-
	Resíduo	48	31,6	724,2	21,9	14,7	1,7	-
	Média	-	25,0	86,7	19,7	15,3	4,4	-
	CV(%)	-	22,5	31	23,7	25,7	32,1	-
Terceiro Corte	Fonte (F)	3	892,2**	6522,8**	306,2**	273,5**	0,93 ^{ns}	315,1**
	Dose (D)	3	202,8**	1719,6**	93,3**	79,6**	0,95 ^{ns}	164,5**
	F x D	9	59,9 ^{ns}	505,9*	27,2 ^{ns}	14,7 ^{ns}	2,7 ^{ns}	196,6**
	Resíduo	48	41,9	183,2	20,8	15,7	1,3	44,3
	Média	-	24,9	59,7	22,4	18,8	3,6	21,9
	CV(%)	-	25,9	22,7	20,3	21,1	32	30,3

^{ns} valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. * e ** valor significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. GL = graus de liberdade, CV = coeficiente de variação

Tabela 2. Número de perfilhos (PERF, unidade), massa verde da parte aérea (MVPA; g vaso⁻¹), massa seca da parte aérea (MSPA; g vaso⁻¹), massa seca das folhas (MSF; g vaso⁻¹), massa seca do colmo (MSC; g vaso⁻¹) e massa seca da raiz (MSR; g vaso⁻¹) de plantas de capim Piatã submetido a fontes de fósforo no cerrado tocantinense

	Fontes de P	Variáveis					
		PERF	MVPA	MSPA	MSF	MSC	MSR
Primeiro Corte	SFT	14,7a	35,1a	8,1a	5,7a	2,4a	-
	FHP	15,7a	29,2a	6,8a	5,2a	1,6a	-
	FRB	16,3a	26,1a	6,5a	4,8a	1,7a	-
	RRF	6,3b	7,2b	1,9b	1,4b	0,5b	-
Segundo Corte	SFT	24,1b	83,3b	18,2b	13,7b	4,5a	-
	FHP	31,1a	117,0a	24,5a	19,4a	5,1a	-
	FRB	30,5a	104,6ab	21,5ab	17,5ab	4,0ab	-
	RRF	14,3c	42,1c	12,1c	9,2c	2,9b	-
Terceiro Corte	SFT	21,1b	40,8b	18,1b	14,8b	3,3a	24,2a
	FHP	31,1a	83,9a	26,9a	23,1a	3,8a	24,0a
	FRB	31,4a	68,6a	25,3a	21,5a	3,8a	24,3a
	RRF	16,4b	45,5b	19,3b	15,9b	3,4a	15,3b

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. SFT (superfosfato triplo); FHP (FH pastagem); FRB (fosfato reativo de Bayóvar); e RRF (rejeito de rocha fosfática)

Para Santos et al. (2015) e Carneiro et al. (2017) ao avaliar o potencial de estabelecimento e a produtividade da *Brachiaria* híbrida cv. Mulato II e *Panicum maximum* cv. Mombaça, respectivamente, no estado do Tocantins, a adubação fosfatada proporciona grande influência no perfilhamento de espécies forrageiras, que confirmado por Cantarutti et al. (2002) que ressaltaram a importância

da adubação fosfatada para a estimulação do perfilhamento, e por consequência, para garantir a persistência e vigor do estande forrageiro. Porto et al. (2012) avaliou rendimento forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função de doses de fósforo e afirmam que houve um incremento no número de perfilhos por vaso em resposta aos níveis crescentes de

fósforo, chegando a um valor máximo (58 perfilhos por vaso) na dose de $130,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , proporcionando um aumento no perfilhamento de aproximadamente 40% em relação à ausência de adubação fosfatada.

No segundo corte as fontes consideradas de solubilidade intermediárias (FHP e FRB) proporcionaram maior produção, principalmente a FHP que diferenciou das demais. Isso é justificável, pois com o tempo, as fontes solúveis reduzem liberação do fósforo e as de solubilidade média a baixa aumentam sua disponibilidade. Para os perfilhos, assim como MVPA, MSPA, MSF e MSC, as fontes FHP e FRB proporcionaram maior produção ($p \leq 0,05$), superando o SFT.

No terceiro corte as fontes que proporcionaram maior PERF, MVPA, MSPA e MSF foram FHP e FRB ($p \leq 0,05$) superando SFT e RRF, que não diferiram entre si. Houve tendência de redução na produção do capim Piatã na fonte SFT (solúvel), do corte 1 ao 3, provavelmente pela alta solubilidade do P que pode ter sido utilizado pelas plantas nos cortes 1 e 2, ficando assim insuficiente no corte 3. Comportamento contrário foi observado nas demais fontes, em que a eficiência das fontes FHP e FRB já pôde ser perceptível, contribuindo para o acréscimo no PERF, MVPA, MSPA e MSF. Atenção deve ser dada a RRF, que com os cortes, a produção foi aumentando gradualmente. Fontes de baixa solubilidade necessitam de um maior tempo para liberação do P à solução do solo para então ser absorvido pelas plantas. Essa resposta corrobora com Carneiro et al. (2017), em que afirmam que, com o decorrer do tempo, as fontes menos solúveis de fósforo tendem a aumentar a produção pelo aumento de sua reatividade e por apresentarem maior efeito residual.

Em relação a MSR, avaliada no terceiro corte, observa-se que as fontes SFT, FHP e FRB propiciaram maiores resultados, não havendo diferença significativa entre si. A fonte RRF foi a que proporcionou menor MSR (Tabela 2). Rezende et al. (2016) relatam que o fósforo proporciona aumento no sistema radicular, perfilhamento e desenvolvimento de plantas pela melhoria da eficiência na utilização de água, principalmente na fase de implantação. Para Novais et al. (2007) os fosfatos de baixa solubilidade (RRF), por apresentarem menor disponibilidade imediata no solo, tornam-se insuficientes para manter uma concentração mínima de P na solução do solo e junto à raiz, proporcionando um menor desenvolvimento radicular.

Esses resultados indicam que, nas condições estudadas, as fontes de P com alta solubilidade (SFT), intermediária com composição P solúvel e parcialmente solúvel (FHP) e a fonte que é um fosfato natural reativo de origem sedimentar e orgânica (FRB), favoreceram mais o desenvolvimento do capim Piatã. A fonte RRF, baixa solubilidade, foi a que proporcionou menor desenvolvimento ao capim, provavelmente devido a

origem da fonte, que é um rejeito de rocha fosfatada, que não sofreu qualquer tratamento químico para aumentar a solubilidade do P, sendo apenas triturado e moído.

A fonte RRF pode ser uma boa opção para ser utilizada em mistura com uma fonte solúvel de P, pois se observou que com o tempo houve um aumento da solubilidade, evidenciado pelos resultados da Tabela 2. Existe ainda o fator ambiental, pois se trata de um rejeito que pode vir a se tornar um problema nas indústrias produtoras de fertilizantes fosfatados, pois segundo Benício et al. (2013), ao avaliar diferentes doses de rejeito de rocha fosfatada na ausência e presença de calagem concluiu que as plantas apresentam respostas positivas à aplicação do rejeito de rocha como fonte de fósforo podendo ser uma alternativa para adubação fosfatada.

Quanto ao número de perfilhos nas fontes de fósforo STF, FHP, FRB e RRF houve diferença em função dos cortes do capim. Para a fonte SFT, o PERF ajustou-se ao modelo de regressão linear positiva nos cortes 1, 2 e 3. O aumento no PERF ocorrido nas doses $45, 90, 135, 180 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 foi de 280,3, 268,1 e 260,2%, em relação à ausência de adubação, para o corte 1, 2 e 3 respectivamente, demonstra que o aumento da dose provocou aumento do PERF (Figura 1A).

O aumento do PERF com a aplicação de fósforo é condizente com os resultados obtidos por Resende et al. (2011), os quais ao avaliarem as doses 45, 90, 180, 360 e 720 mg dm^{-3} de fósforo sobre o estabelecimento de quatro cultivares de *Braquiária* observaram que o número estimado de perfilhos correspondente a 90% do perfilhamento máximo foi de 28; 52; 69 e 70 perfilhos vaso⁻¹ obtidos com aplicação de 309; 282; 335 e 318 mg dm^{-3} de fósforo, para a *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. ruziziensis* e *B. humidicola*, respectivamente.

Para a fonte FHP (Figura 1B), o PERF em função das doses de P ajusta-se ao modelo de regressão quadrática para os cortes 1 e 3, com as maiores produções de perfilhos (18,3 e 35 perfilhos por vaso⁻¹) as doses de 150 e $140,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , enquanto para o corte 2 o acréscimo da dose 45 kg ha^{-1} de P_2O_5 para 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 é de 45,5%. Já para a fonte FRB (Figura 1C), o PERF ajustou-se ao modelo de regressão linear para os três cortes, promovendo um acréscimo da dose menor (45 kg ha^{-1} de P_2O_5) para maior (180 kg ha^{-1} de P_2O_5) de 69,4; 112,2 e 60,3% respectivamente.

Quanto a fonte RRF (Figura 1D), o PERF no corte 1 foi acrescido da dose 45 kg ha^{-1} de P_2O_5 para 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 em 58,3%. Nos cortes 2 e 3, as menores produções de perfilhos (12,8 e 14,5 perfilhos por vaso⁻¹) ocorreram com as doses de 50 e $19,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 .

Considerando a dose recomendada de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 , foi obtido média de 12 perfilhos por vaso nos 3 cortes para a fonte RRF, o que comparado com as fontes FRB (24,1 perfilhos por vaso⁻¹) e FHP (25,2 perfilhos por vaso⁻¹), já utilizadas no mercado, demonstram que

mesmo, apesar de ser rejeito de rocha (RRF), pode ser uma alternativa para o uso na agricultura por pequenos produtores, ou utilizado em misturas com outros

produtos como o SFT. Mesmo sendo de solubilidade menor, o RRF conseguiu suprir as necessidades da planta para que formasse perfilhos em todas as avaliações.

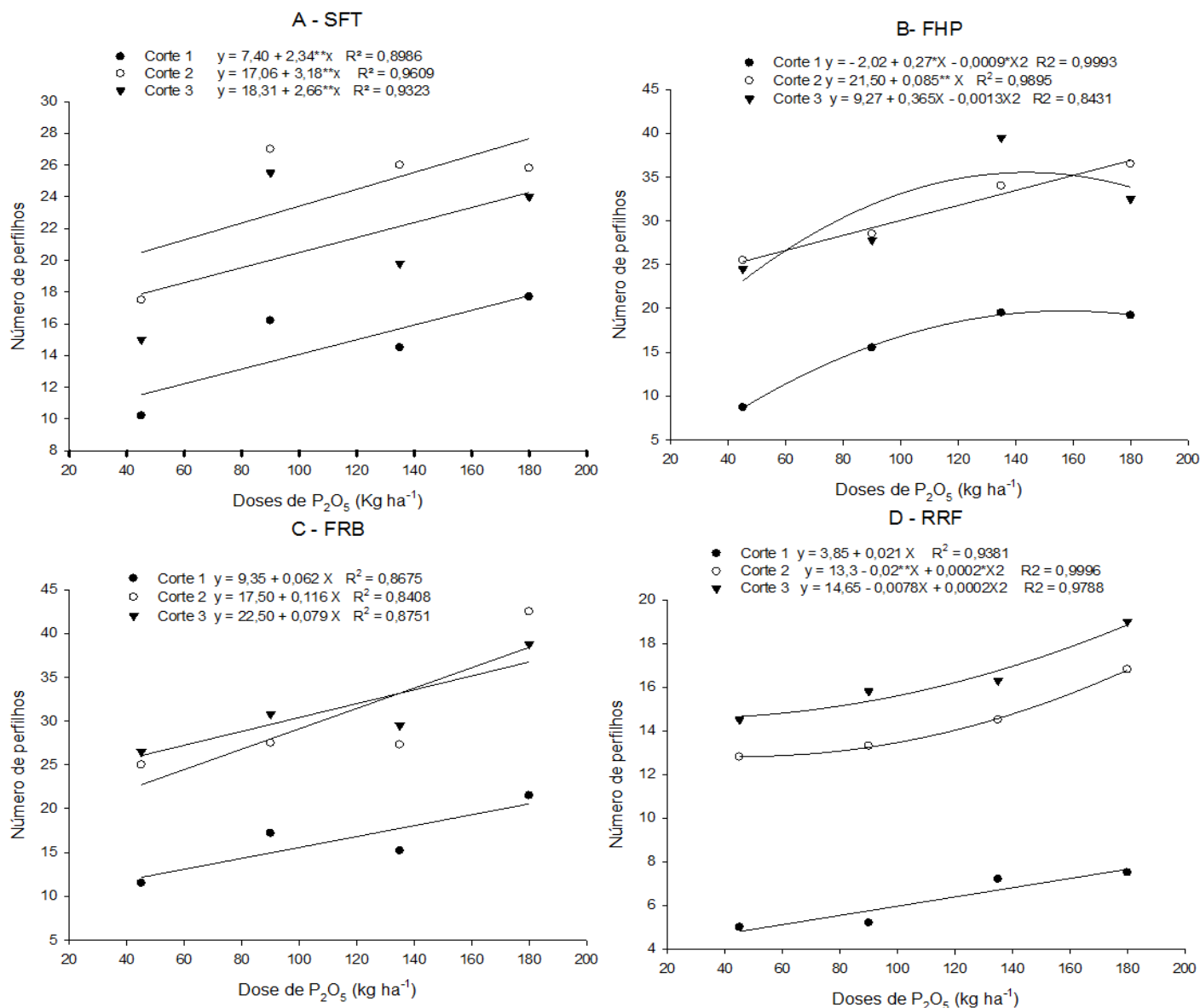


Figura 1. Número de perfilhos (PERF-unidade) de três cortes do capim Piatã em função das fontes de fósforo STF (1A), FHP (1B), FRB (1C) e RRF (1D) no cerrado tocantinense

Para a fonte SFT (Figura 2A), o aumento da dose resulta em aumento da MVPA, em 60, 225 e 92,3% em relação a menor dose, para o corte 1, 2 e 3 respectivamente. Na fonte FHP, o corte 1 e 3 ajusta-se ao modelo quadrático e corte 2 linear (Figura 2B). Na fonte FRB (Figura 2C), a MVPA em função das doses de P ajusta-se ao modelo de regressão linear para os cortes 1 e 3 e modelo quadrático para o corte 2. Para o corte 1 e 3 o acréscimo da dose menor 45 kg kg ha⁻¹ de P₂O₅ em relação a dose maior 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi de 79,1 e 55,6% respectivamente.

Por fim, a fonte RRF (Figura 2D) em que a MVPA ajusta-se ao modelo de regressão linear para o corte 3 e modelo quadrático para os cortes 1 e 2. Para o corte 3 o acréscimo da dose menor (45 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em relação

a dose maior (180 kg ha⁻¹ de P₂O₅) foi de 34,9%. Para o corte 1 e 2 na fonte RRF, com ajustes quadrático, obteve a maiores produções de MVPA (18,6 e 16,7 g vaso⁻¹) na dose 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Para a MSPA em função das doses e fontes de fósforo, a fonte SFT nos cortes 1 e 2, com ajustes quadráticos, obteve as maiores produções (10,2 e 23,1 g vaso⁻¹) com as doses de 195 e 170 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para o corte 3, com ajuste linear, o acréscimo da dose menor (45 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em relação maior (180 kg ha⁻¹ de P₂O₅) foi de 76,4% (Figura 3A). Esse resultado é semelhante ao obtido por Rezende et al. (2016), que trabalharam com doses de fosfato natural reativo no desenvolvimento e produção da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã em Latossolo Vermelho do Cerrado com massa seca de folhas e colmos.

Chagas (2014) avaliando três fontes de fosfato, incluindo o fosfato natural reativo de Bayóvar, com seis doses de P_2O_5 (0 a 800 mg dm^{-3}), verificou que o quarto corte do capim-piatã proporcionou maior produção de massa seca de folhas, quando se analisou isolado o efeito

do fosfato natural reativo de Bayóvar, com produção de $8,41 \text{ g vaso}^{-1}$ na dose de $454,54 \text{ mg dm}^{-3}$. A maior produção com essa fonte de fósforo ocorreu no quarto corte, possivelmente devido à baixa solubilidade da presente fonte utilizada.

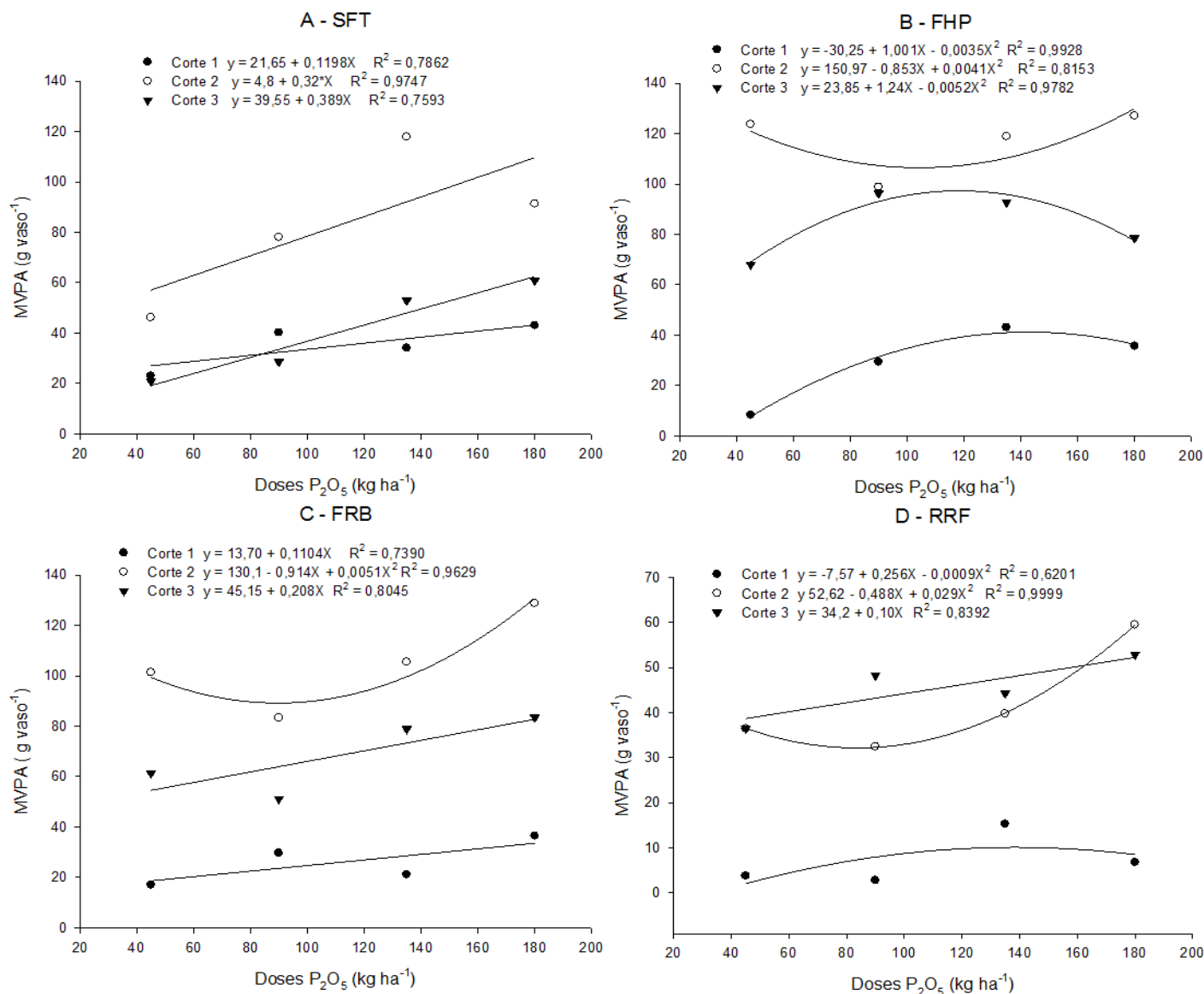


Figura 2. Massa verde da parte aérea (MVPA; g vaso^{-1}) de três cortes de capim Piatã em função de doses de fósforo (45, 90, 135 e $180 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$) para as fontes SFT (2A), FHP (2B), FRB (2C) e RRF (2D) no sul do Tocantins - TO em 2015

Para a fonte FHP (Figura 3B), os cortes 1 e 3, com ajustes quadráticos, obtiveram as maiores produções MSPA ($9,3$ e $13,5 \text{ g vaso}^{-1}$) nas doses de $150,1$ e $118,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 . Na fonte FRB (Figura 3C), os cortes 1, 2 e 3, com ajustes quadráticos, as maiores produções MSPA ($6,8$; $20,9$; $28,8 \text{ g vaso}^{-1}$) ocorrem nas doses de $98,1$; $66,7$ e 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Costa et al. (2008) avaliando a resposta de diferentes fontes de fósforo aplicadas em Latossolo Vermelho distroférrico utilizando a *Brachiaria brizantha* como planta indicadora, verificaram que a produção total de massa seca foi mais eficiente com fontes de maior solubilidade, dentre estas um fosfato natural reativo.

Por fim, a fonte RRF, que nos cortes 1, 2 e 3, com comportamento linear, o acréscimo da dose menor (45 kg ha^{-1} de P_2O_5) em relação a dose maior (180 kg ha^{-1} de P_2O_5) foi de $267,2$; $105,4$ e $21,2\%$ respectivamente (Figura 3D).

A utilização de fontes de P de alta solubilidade (fosfatos reativos) vinculadas a fosfatos de baixa solubilidade (fosfatos naturais) pode equilibrar a nutrição fosfatada em forrageiras perenes, aumentando a qualidade e a produção de forrageiras podendo reduzir o custo de produção.

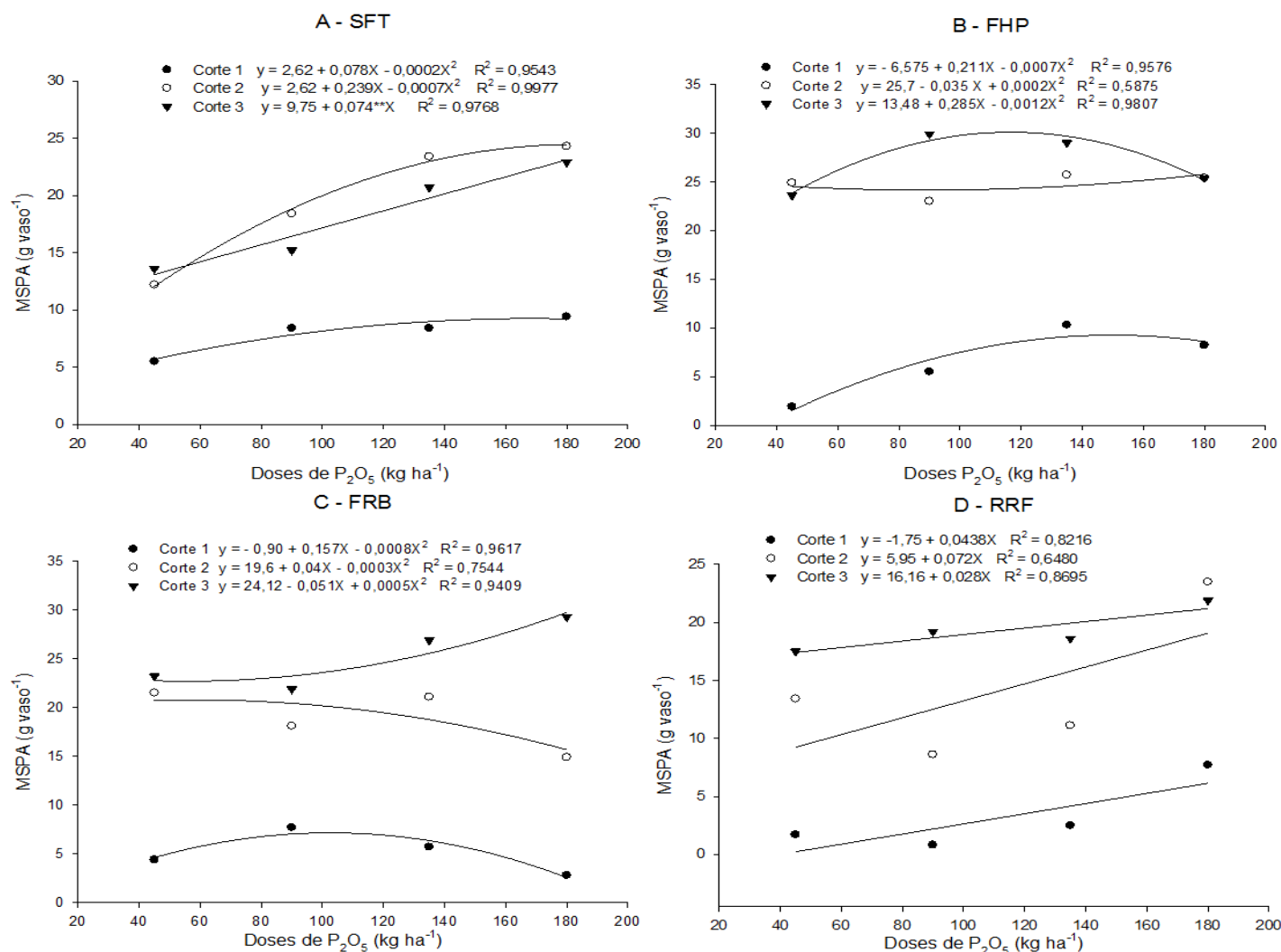


Figura 3. Massa seca da parte aérea (MSPA; g vaso⁻¹) de três cortes de capim Piatã em função de doses de fósforo (45, 90, 135 e 180 kg ha⁻¹ P₂O₅) para as fontes SFT (3A), FHP (3B), FRB (3C) e RRF (3D) no sul do Tocantins - TO, em 2015

Conclusões

1. As características estruturais e produtivas do capim piatã foram influenciadas pelas doses e fontes de fósforo. Os melhores resultados nos três cortes foram obtidos com a utilização das fontes FHP e FRB.

2. O capim Piatã apresenta respostas positivas à aplicação do RRF como fonte de fósforo, podendo ser uma alternativa para utilizar junto de uma fonte solúvel a fim de complementar o fornecimento de P sendo assim uma alternativa para adubação fosfatada.

3. De acordo com os dados, para a MSPA, as melhores doses para as fontes SFT, FHP, FRB e RRF, são 180, 150, 90 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

Referências

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Pecuária Brasileira**. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp> Acesso em: 02 jan. 2018.

ANUALPEC 2015: **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: FNP, 2015, 400p.

BENÍCIO, L.P.F.; LIMA, S.O.; SANTOS, V.M. Avaliação da aplicação de diferentes doses e rejeito de rocha fosfática no desenvolvimento do capim Piatã na ausência e presença de calagem. **Magistra**, v. 25, n. 3/4, p.221-234 jul./dez., 2013.

CARNEIRO, J.S.S.; SILVA, P.S.S.; SANTOS, A.C.M.; FREITAS, G.A.; SILVA, R.R. Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. **Journal Bioenergy and Food Science**, v.4, n.1, p.12-25, 2017.

CANTARUTTI, R.B; FONSECA, D.M. da; SANTOS, H.Q; ANDRADE, C.M.S. de. Adubação de pastagens - Uma análise crítica. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG, 2002. p. 43-84.

- COSTA, S.E.V.G.A.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; SILVA, T.O.; SILVA, T.R. Crescimento e nutrição da braquiária em função de fontes de fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1419-1427, 2008.
- DIAS, D.G.; PEGORARO, R.F.; ALVES, D.D.; PORTO, E.M.V.; SANTOS NETO, J.A.; ASPIAZÚ, I. Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.330-335, 2015.
- DUARTE, C.F.D.; PAIVA, L.M.; FERNANDES, H.J.; PROCHERA, D.L.; CASSARO, L.H.; BREURE, M.F.; FLORES, L.S.; FERNANDES, R.L.; SOUZA, E.R.C.; FLEITAS, A.C.; FALCÃO, K.R.S. Capim-piatã adubado com fontes de fósforo de diferente solubilidade em água. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.315-318, 2015.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA]. 2013. **Avaliações comprovam qualidade de forragem do capim-piatã**. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/produtoseservicos/piata/piata_3.pdf>. Acesso em: 02 out. 2018.
- FARIA, A.J.G.; FREITAS, G.A.; GEORGETTI, A.C.P.; FERREIRA JÚNIOR, J.M.; SILVA, M.C.A.; SILVA, R.R. da. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim mombaça cultivados sobre adubação fosfatada. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.2, n.3, p.98-106, 2015.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- LIMA, S.O.; FIDELIS, R.R.; COSTA, S.J. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sul do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.100-105, 2007.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Dados de rebanho bovino e bubalino no Brasil – 2017**. Acesso em: 02 out. 2018.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 2006. 638p.
- MONTEIRO, E.M.M.; BRASIL, E.C.; LOURENÇO JUNIOR, J.B.; BARROS, C.S. Massa de forragem e composição químico-bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça adubadas com resíduo de siderurgia, nitrogênio e fósforo. **Agroecossistemas**, v. 6, n. 1, p. 74-96, 2014.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.
- PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; McMAHON, T.A. Update world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sci**, v. 11, p. 1633-1644. 2007.
- PORTO, E.M.V.; ALVES, D.D.; VITOR, C.M.T.; GOMES, V.M.; SILVA, M.F.; DAVID, A.M.S.S. Rendimento forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a doses crescentes de fósforo. **Scientia Agraria Paranaensis**, V. 11, n. 3, p.25-34, 2012.
- PIMENTA, L. Capim novo a caminho. **Revista ABCZ**, v.50, p.18-20, 2009.
- REZENDE, C.G.B.; BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, T.J.A.; CABRAL, C.E.A.; SCHLICHTING, A.F. Fosfato natural reativo na adubação do capim piatã em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Agrarian**, v.9, n.31, p.55-62, 2016.
- REZENDE, A.V. de; LIMA, J.F. de; RABELO, C.H. S.; RABELO, F.H.S.; NOGUEIRA, D.A.; CARVALHO, M.; FARIA JÚNIOR, D.C.N.A. de; BARBOSA, L. de A. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Revista Agrarian**, v.4, p.335-343, 2011.
- SANTOS, L.M.; SIQUEIRA, F.L.T.; SIQUEIRA, G.B.; CALÇADO, J.P.A. Potencial de estabelecimento da *Brachiaria* híbrida cultivar mulato II (convert hd364) no Estado do Tocantins. **Nativa Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 3, n. 4, p.224-232, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TOCANTINS, Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. Atlas do Tocantins: **subsídio ao planejamento e gestão territorial**. Palmas: SEPLAN, 2005 54p.
- VILELA, L.; SOARES, W.V.; SOUSA, D.M.G. de; MACEDO, M.C.M. **Calagem e adubação para pastagens**. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p.367-382.