

**CAPIM-BRAQUIÁRIA ADUBADO COM
DIFERENTES PROPORÇÕES DE FOSFATO
NATURAL E REATIVO EM SOLOS
DISTINTOS**

EDUARDO PIMENTA PERES

2012

EDUARDO PIMENTA PERES

**CAPIM-BRAQUIÁRIA ADUBADO COM
DIFERENTES PROPORÇÕES DE FOSFATO
NATURAL E REATIVO EM SOLOS DISTINTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Orientador
Prof. Dr. Dorismar David Alves

JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL

2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca Setorial do Campus Avançado de Janaúba
UNIMONTES

P437c Peres, Eduardo Pimenta.
Capim-braquiária adubado com diferentes proporções de fosfato natural e reativo em solos distintos [manuscrito] / Eduardo Pimenta Peres

54 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros-Janaúba, 2012.

Orientador: Profº. DSc. Dorismar David Alves.

1. Capim-braquiária. 2. Fontes de fósforo. 3. Rendimento forrageiro. I. Alves, Dorismar David. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.2

EDUARDO PIMENTA PERES

**CAPIM-BRAQUIÁRIA ADUBADO COM
DIFERENTES PROPORÇÕES DE FOSFATO
NATURAL E REATIVO EM SOLOS DISTINTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA em 31 de AGOSTO de 2012.

Prof. Dr. Álvaro Luiz Carvalho Veloso - UFMG

Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro - UNIMONTES

Prof. Dr. Virgilio Mesquita Gomes - UNIMONTES

Prof. Dr. Dorismar David Alves
UNIMONTES
(Orientador)

JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL

*Dedico este trabalho à minha querida esposa
Jacy que sempre me incentivou e apoiou neste e
em todos os projetos de minha vida.*

*Aos meus filhos Ana Beatriz e Carlos Eduardo
como incentivo aos seus estudos que estão apenas
iniciando.*

BIOGRAFIA

EDUARDO PIMENTA PERES, filho de Carlos Guimarães Peres e Marília Pimenta Peres, nasceu em Montes Claros em 04 de agosto de 1970.

Em Dezembro de 1987 concluiu o curso Técnico em Agropecuária no Colégio Agrícola Antônio Versiane Athayde da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG em Montes Claros, Minas Gerais.

Em Dezembro de 1993 graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras, Minas Gerais.

Em Dezembro de 2000, graduou-se em Administração de Empresas pela Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, em Montes Claros, MG.

Em 2001 concluiu o curso de especialização em Manejo de pastagens, pela faculdade de Zootecnia de Uberaba – FAZU, em Uberaba, MG.

Em 2002 concluiu curso de especialização em Administração Rural pela Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras, MG.

Em 2003 concluiu curso de especialização em Manejo e Adubação de Pastagens na Faculdade de Zootecnia de Uberaba – FAZU, em Uberaba, MG.

Em 2008 concluiu curso de especialização MBA em Gestão Comercial pela Fundação Getulio Vargas - FGV, em Belo Horizonte, MG.

Em 2010 ingressou no programa de pós-graduação em Zootecnia na área de concentração Produção e Nutrição de Ruminantes da UNIMONTES, e, em agosto de 2012, defendeu sua dissertação.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 O gênero braquiária.....	12
2.2 Fósforo em solos brasileiros.....	12
2.3 Fontes de fósforo usadas em adubações de gramíneas.....	14
2.4 Adubação com fontes de fósforo em gramíneas.....	16
2.5 Características morfogênicas, estruturais e produtivas.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1 Características morfogênicas.....	28
4.2 Características produtivas.....	34
5 CONCLUSÕES.....	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

RESUMO

PERES, Eduardo Pimenta. **Capim-braquiária adubado com diferentes proporções de fosfato natural e reativo em solos distintos**. 2012. 54 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), na cidade de Janaúba - MG, no período de 11 de abril a 25 de julho de 2012, com objetivo de avaliar a morfogênese, as características estruturais e o rendimento forrageiro do capim-braquiária adubado com diferentes proporções de fosfato reativo e natural em solos distintos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 2 x 6, sendo dois tipos de solo (ácido e neutro) e seis proporções entre superfosfato simples (SS) e fosfato natural de apatita (FN), com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais e 12 tratamentos. Foram avaliadas as seguintes proporções de fosfato reativo e natural: 100 % FN; 20 % SS + 80 % FN; 40 % SS + 60 % FN; 60 % SS + 40 % FN; 80 % SS + 60 % FN e 100 % SS. A adubação fosfatada de todos os tratamentos foi ajustada para 200 kg/ha de P₂O₅. As unidades experimentais foram constituídas de vasos plásticos com capacidade de 8 dm³ de solo. Foram avaliados taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono (FILO), taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de pseudocolmo (TAIPC), comprimento final da lâmina foliar (CLF), número de folhas vivas (NFV), número de perfilhos (PERF), altura das plantas (ALT), peso de raízes (PESORZ) e produção de matéria seca (PMS) em três cortes avaliativos aos 35, 70 e 105 dias após corte de uniformização. Com a dosagem de 200 kg de P₂O₅/ha, o solo neutro apresentou melhores resultados que o solo ácido para as características morfogênicas e produtivas. As diferentes proporções de fosfato natural e superfosfato simples não interferiram nas características morfogênicas ou produção de raízes, seja em solo ácido ou em solo neutro. Para perfilhamento e produção de matéria seca, verificou-se efeito das diferentes proporções de fontes de fósforo.

Palavras-chave: fontes de fósforo, capim-braquiária, rendimento forrageiro.

¹ **Comitê Orientador:** Dorismar David Alves - UNIMONTES (Orientador), Virgílio Mesquita Gomes - UNIMONTES, Rodinei Facco Pegoraro – UNIMONTES, Álvaro Luiz Carvalho Veloso - UFMG.

ABSTRACT

PERES, Eduardo Pimenta. **Signal grass fertilized with different rates of natural and reactive phosphate on distinct soils.** 54 p. Dissertation (Master in Animal Science) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba-MG.¹

The experiment was carried out in a greenhouse at Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) in Janauba-MG, from 11 April 2012 to 25 July 2012, in order to evaluate morphogenesis, structural characteristics and forage yield of Brachiaria grass fertilized with different doses of reactive and natural phosphate on distinct soils. The experimental design was in randomized blocks (RBD) in a 2 x 6 factorial scheme, being two types of soil (acid and neutral) and six ratios between single superphosphate (SS) and Nature phosphate apatite (NP), with three replications, totaling 36 units and 12 experimental treatments. The following rates of reactive and natural phosphate were evaluated: 100 % NP; 20 % SS + 80 % NP; 40% SS + 60 % NP; 60% + 40% SS NP; 80 % SS + 60 % FN and 100 % SS. Phosphorus fertilization of all of the treatments was adjusted to 200 kg / ha of P₂O₅. The experimental units were constituted of plastic pots with capacity of 8 dm³ soil. They were evaluated the leaf appearance rate, phyllochron, leaf elongation rate, elongation pseudoculm rate, final length of the leaf blade, number of alive leaves, number of tillers, plant height, root weight and dry matter production in three evaluative cuts at 35, 70 and 105 days after uniform cut. With the dosage of 200 kg P₂O₅ / ha, the neutral soil presented better results than the acid soil for morphogenic and productive characteristics. The different proportions of natural phosphate and single superphosphate did not affect the morphogenetic characteristics nor root production, neither on acid soil nor on neutral one. For tillering and dry matter production, it was verified effect of different proportions of phosphorus sources.

Keywords: phosphorus sources, signal grass, forage yield.

¹ **Guidance Committee:** Dorismar David Alves - UNIMONTES (Adviser), Virgílio Mesquita Gomes - UNIMONTES, Rodinei Facco Pegoraro – UNIMONTES, Álvaro Luiz Carvalho Veloso - UFMG.

1 INTRODUÇÃO

A atividade pecuária brasileira é alicerçada na bovinocultura e baseia-se no uso de pastagens nativas ou cultivadas para suprimento de nutrientes aos animais. A grande extensão geográfica do país juntamente com a introdução de gramíneas do gênero *brachiaria* permitiu o avanço das áreas de pastagens para regiões com limitações pluviométricas e em diversos tipos de solos, sobretudo os de baixa fertilidade.

Macedo (1995) já indicava que naquele ano cerca de 40 milhões de hectares já estavam cobertos por pastagens do gênero *brachiaria* formando extensos monocultivos. Entretanto, os solos brasileiros apresentam limitações de fertilidade que restringem a produtividade das gramíneas, tornando importante a identificação pontual de nutrientes específicos que podem ser fornecidos via adubações a fim de elevar o patamar produtivo dessas pastagens.

O fósforo (P) desempenha papel importante na respiração vegetal, além de influenciar no armazenamento, transporte e utilização de energia no processo fotossintético (WERNER, 1984). Dessa forma, a baixa disponibilidade desse elemento nos solos acarreta perdas relevantes para as plantas, como a redução no perfilhamento e crescimento, resultando em menor cobertura do solo, reduzindo, por fim, a capacidade de suporte das pastagens (ROSSI e MONTEIRO, 1999).

As fontes alternativas de fósforo, como os fosfatos naturais de baixa reatividade, apresentam custos menores e maior efeito residual para as plantas quando comparadas com os fosfatos reativos, como é o caso do superfosfato simples (SS).

Assim sendo, diversos trabalhos foram conduzidos no Brasil para avaliar a eficiência agrônômica dos fosfatos naturais. Goedert *et al.* (1990) e Coutinho *et al.* (1991) mostraram que os fosfatos naturais apatíticos apresentam baixa eficiência em relação ao superfosfato triplo.

Em contrapartida, também são muitos os trabalhos que apresentam maior eficácia das rochas fosfatadas, sobretudo em condições de acentuada acidez do solo. Goedert & Lobato (1980), estudando a eficiência agronômica de onze fontes de fósforo num latossolo amarelo de cerrado evidenciaram que a eficiência dos fosfatos naturais é maior na medida em que a acidez do solo é aumentada.

A combinação de variáveis morfogênicas, tais como a taxa de aparecimento e alongamento foliar e duração da vida das folhas, determina as principais características estruturais da pastagem: tamanho de folha, densidade populacional de perfilhos e número de folhas vivas por perfilho (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

Dessa forma, o estudo dos aspectos morfológicos pode contribuir para conclusões sobre os reais efeitos de adubações sobre a produtividade das plantas e a definição de quais fontes de fósforo devem ser utilizadas em sistemas de produção distintos, sendo que o ideal seria uma fonte de fósforo, ou conjugação de fontes, de custo baixo, que fornecessem fósforo prontamente disponível para o estabelecimento e desenvolvimento da pastagem ao longo do tempo. O presente estudo teve o objetivo principal de avaliar as características morfogênicas, estruturais e produtivas da *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária) adubada com diferentes proporções de fosfato natural e reativo em dois tipos de solo (ácido e alcalino).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O gênero *Brachiaria*

As espécies do gênero *Brachiaria* são bem adaptadas a solos ácidos e de baixa fertilidade, tolerando bem altos teores de alumínio e baixos teores de fósforo e cálcio no solo. Possuem boa persistência sob condições de pastejo frequente e intenso, apresentando alto poder de rebrota (FISHER; KERRIDGE, 1996).

Neste gênero foram registradas cerca de 100 espécies distribuídas nas regiões tropical e subtropical, sendo mais encontradas nas africanas (RENVOIZE, 1996). Sete espécies são consideradas perenes africanas, entre elas a *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária) e a *Brachiaria dictyoneura*, que são bastante utilizadas como plantas forrageiras no Brasil.

O capim-braquiária, especificamente, é nativo em pradarias da região dos grandes lagos, em Uganda, no leste tropical da África, tendo sua distribuição natural restrita a altitudes de 500 a 2.300 metros, sob um clima moderadamente úmido com precipitação anual de 870 a 1.900 mm (KELLER-GREIN, MAASS; HANSON, 1996; PEREIRA, DO VALLE, FERREIRA, 2001).

Atualmente, estima-se em 102 milhões de hectares a área ocupada no país com espécies do gênero *Brachiaria*, e a participação do Capim-braquiária e a da *B. Brizantha* respondem por 85% desta área.

2.2 Fósforo em solos brasileiros

Os solos do Brasil, com elevado intemperismo, como são os latossolos, são caracterizados por uma mineralogia dominada por argilominerais do tipo caulinita, óxidos e hidróxidos de Fe e Al, pH ácido, alto teor de alumínio e baixo valor de saturação por bases.

O manejo de fósforo nesses solos apresenta certa complexidade que está relacionada à adsorção específica desse elemento pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, que o torna indisponível para as plantas e limita a produtividade das culturas (LOPES, 1983; RAIJ, 1991). Segundo Sanches e Uehara (1980), a adsorção específica é geralmente entendida como a transformação de formas solúveis do mineral em formas menos solúveis após a ocorrência de reações com o solo.

Diversos autores demonstraram que, em solos ácidos, os óxidos de ferro da fração argila são os principais responsáveis por essa adsorção (HINGSTON *et al.*, 1972; BAHIA FILHO, 1982; SOUZA *et al.*, 1991), sendo que a magnitude desse fenômeno sofre influência da natureza e quantidade dos sítios de adsorção, os quais variam em função de alguns fatores como a mineralogia, a textura, o pH, o balanço de cargas, a matéria orgânica, o tipo de ácidos orgânicos e a atividade microbiana do solo (BAHIA FILHO *et al.*, 1983).

Alguns autores, estudando sobre o melhor manejo de solo para produção vegetal, considerando o efeito de fixação do fósforo, definiram que o manejo adequado requer: suprimento cumulativo de P com o propósito de esgotar os sítios de imobilização desses solos; minimização do contato da fonte com o solo; adubações localizadas nas linhas de plantio (NOVAIS & SMITH, 1999); granulação do fertilizante (SOUZA & VOLKWEISS, 1987) e redução do tempo de contato do fertilizante com o solo, podendo-se até parcelar a aplicação do P.

Segundo Rheinheimer (2001), a elevação do pH, via calagem, retarda o processo de dissolução do fosfato natural ao mesmo tempo que diminui a disponibilidade de fósforo proveniente desse fertilizante às plantas, sobretudo com pH acima de 5,2. Considerando essa afirmação e ainda a indicação de Almeida (1999) de que solos com pH acima de 5,2 já têm os efeitos tóxicos do alumínio reduzidos, esse pH parece ser o mais indicado para ser trabalhado quando da aplicação de fosfato natural, visto que obter-

se-ia boas respostas das plantas em função do bom aproveitamento do fertilizante paralelo a uma redução no custo da adubação.

2.3 Fontes de Fósforo usadas em adubações de gramíneas

Em regiões tropicais, uma das maiores limitações à elevação da produtividade tem sido a deficiência de fósforo. Dessa forma, a produção de alimentos fica altamente dependente da utilização de fertilizantes fosfatados, principalmente fontes solúveis. Essas fontes proporcionam boa disponibilidade de P logo após sua aplicação (PROCHNOW *et al.*, 2004), porém, em função da adsorção específica, apresentam baixo efeito residual no solo além de apresentarem custos mais elevados por tonelada.

Com vistas a reduzir os custos de produção das culturas, o uso de fontes de P, como os fosfatos naturais (FN), tem sido observado. Esses fosfatos necessitam de baixos valores de pH e drenos de P e Ca do solo para favorecer sua dissolução e disponibilização de P (ROBINSON e SYERS, 1990; SANYAL e DATTA, 1991).

Inúmeros trabalhos têm estudado a acidificação da rizosfera, a microrregião do solo que possui características desejáveis à dissolução do FN (HINSINGER e GILKES, 1995; ZOYSA *et al.*, 1997, 1998; RAMIREZ *et al.*, 2001; PEARSE *et al.*, 2007; PEREZ *et al.*, 2007).

Esse fenômeno é causado pela maior absorção de cátions em relação aos ânions, com conseqüente liberação de exsudados de H⁺, por exsudação de ácidos orgânicos pelas raízes das plantas, e também por causa da absorção de OH⁻ para manter a eletronegatividade da planta após a liberação de ácidos orgânicos aniônicos (HINSINGER *et al.*, 2003). Como conseqüência, o aumento na concentração de H⁺ e a diminuição do teor de Ca (absorção) próximo às partículas dos FN favorecem a reação de dissolução desses fosfatos. Contudo, os ácidos orgânicos também promovem a dissolução dos FN por meio de reações de complexação (ARCAND *et al.*, 2006), ou

mobilizam P do solo pela competição desses ácidos com os sítios de adsorção de P na superfície dos óxidos de Fe e Al, através de reações de troca de ligantes (TROLOVE *et al.*, 2003). Além disso, as raízes também podem induzir a alta atividade de fosfatase na rizosfera, que aumenta a disponibilidade de P às plantas (GAHOONIA e NIELSEN, 2004), a partir de formas menos disponíveis.

As fontes de fósforo podem ser divididas em: solúveis; pouco solúveis e insolúveis (KORNDORFER *et al.* 1999). As fontes solúveis, quando adicionadas aos solos, aumentam rapidamente a sua concentração na solução do solo, mas em função do processo de fixação têm sua eficiência diminuída ao longo do tempo (NOVAIS E SMITH, 1999). Já os fosfatos naturais (FN) que são pouco solúveis em água, se dissolvem lentamente na solução do solo e, com o passar do tempo, tendem a aumentar a disponibilidade do P para as plantas.

Muitos são os experimentos no Brasil que mostram a superioridade de fosfatos mais reativos, comparativamente a fontes solúveis, mesmo para cultivos anuais.

A eficiência dos fosfatos naturais nacionais tem sido menor quando se faz a correção da acidez do solo através da calagem (GOEDERT e LOBATO, 1980 e CANTARUTI *et al.* 1981). Dessa forma, a acidez, o baixo teor de P disponível e o baixo teor de cálcio trocável dos solos ácidos fazem desses os mais indicados para utilização de fosfatos naturais apatíticos, pois nessas condições sua solubilização é otimizada.

Lobato *et al.* (1986), trabalhando em latossolo vermelho-amarelo argiloso de cerrado cultivado com *Andropogon gayanus* e comparando o fosfato natural de Patos de Minas com o superfosfato triplo (ST), observaram que a produção obtida com 150 kg/ha de P₂O₅ aplicados na forma de FN foi inferior à produção obtida com a aplicação de 26 kg/ha de ST. A maior produção de matéria seca foi obtida no tratamento em que se misturaram 52 e 26 kg/ha de P₂O₅, nas formas de FN e ST, respectivamente.

Sob cerrado, estudando os efeitos da calagem, fontes de P (superfosfato triplo e os fosfatos de Araxá e de Patos de Minas) e doses de P no estabelecimento e produção de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), GOMIDE *et al.* (1986) comprovaram que com a aplicação de superfosfato triplo o rendimento forrageiro foi favorecido no primeiro corte, assim como a produção total do primeiro ano, porém esse efeito não foi significativo nos anos subsequentes do cultivo do capim. Quanto aos fosfatos naturais, esses autores constataram que não houve efeito sobre a produção da gramínea.

Sanzonowicz *et al.* (1987), durante dez anos em condições de campo, estudaram o efeito residual de cinco fontes de P na presença de três doses de calcário sobre a produção de MS de *Brachiaria decumbens*, e verificaram que a eficiência das fontes foi a seguinte: superfosfato simples = termofosfato > fosfato de Gafsa = fosfato Carolina do Norte > fosfato de Araxá.

Costa *et al.* (1997), trabalhando com latossolo vermelho-amarelo, argiloso, ácido, compararam fontes e doses de P na gramínea *Brachiaria humidicola*. As adubações foram feitas por ocasião da semeadura, na linha de plantio. Os autores concluíram que o superfosfato triplo e o termofosfato Yoorin foram as fontes mais eficientes, seguindo-se os fosfatos naturais de Araxá e Olinda, ficando o fosfato natural Patos de Minas com a menor eficiência agrônômica.

2.4 Adubação com fontes de fósforo em gramíneas

A maioria das pastagens brasileiras está estabelecida em solos com deficiência generalizada de P disponível, neste sentido, respostas à adubação fosfatada têm sido obtidas constantemente. Mesmo as *braquiárias*, espécies citadas como menos exigentes em P, necessitam de teores mínimos de fósforo disponível para seu adequado estabelecimento.

Corrêa (1991), estudando níveis críticos de P para o estabelecimento de Capim-braquiária e *B. brizantha* e do capim-colonião, em condições de campo, verificou que as diferenças de exigência entre as espécies foram bem evidentes. O Capim-braquiária destacou-se como o menos exigente em P para seu estabelecimento, seguido em ordem crescente pelo capim-colonião e por último pelo *B. brizantha*.

Ainda que o capim-braquiária seja tolerante às condições de acidez do solo (SOARES FILHO, 1994), a aplicação de calcário para suprimento de Ca e Mg muitas vezes se faz necessária. Por isso, o efeito da calagem sobre a solubilidade dos fosfatos naturais e consequente sobre a produção vegetal tem gerado inúmeros estudos ao longo dos anos, os quais apresentam resultados controversos (FAQUIN *et al.*, 1997).

Em pesquisa realizada pela EMBRAPA (1977), em solo de baixada gley pouco húmico, comparou-se o efeito do superfosfato simples e do fosfato de araxá sobre o rendimento de MS de capim-angola, ficando evidenciada a solubilização do fosfato natural com o passar do tempo. Pelo fato de o fosfato natural ter proporcionado maiores rendimentos de forragem após o segundo ano, o estudo revelou que houve efeito benéfico da acidez sobre a solubilidade do fosfato natural e que houve alto poder de fixação do P disponível pelo solo, já que este era ácido, com alta saturação de Al (69%).

Sanzonowicz e Goedert (1986) compararam a produtividade de *B. humidicola* com aplicação de 87 kg/ha de P nas formas de fosfato natural e superfosfato simples, tendo observado maior eficiência do superfosfato simples no início do trabalho, após o quinto ano de estudo, a diferença desapareceu. Os autores ressaltam que a superioridade do superfosfato simples foi pequena desde o início, mostrando que a aplicação do fosfato natural tende a ser mais viável economicamente em função de preços menores por tonelada deste produto. Após revisão de vários trabalhos, esses mesmos autores concluíram que quando se utiliza no plantio um fosfato natural como fonte de P o estabelecimento da pastagem é mais lento. No

entanto, a aplicação de doses muito elevadas de P na forma natural ou a mistura deste com fontes solúveis pode corrigir esse problema.

Com o objetivo de testar diversas relações de substituição do P solúvel pelo fosfato natural, no rendimento do Capim-braquiária e *B. humidicola*, Pereira (1986) trabalhou em Latossolo Vermelho argiloso (LVa), com média saturação de Al, baixos teores de Ca, Mg, P e K, sob vegetação natural de Campo Limpo. Em todos os tratamentos foram aplicados 200 kg/ha de P₂O₅ solúvel antes do plantio, e incorporado ao solo como fosfatagem corretiva, além de 50 kg/ha de K₂O no plantio e após o segundo ano, e ainda 20 kg/ha de N anualmente. Metade da parcela recebeu, anualmente, 40 kg/ha de P₂O₅ de manutenção e a outra metade não. Não foi observada vantagem significativa na aplicação do P de manutenção anual até o terceiro ano após o estabelecimento, mostrando que o fosfato natural foi liberando gradativamente o P na solução do solo, além de possivelmente afetar a disponibilidade de outros elementos existentes na composição da rocha. Observou-se um efeito acentuado do calcário (2,5 t/ha) na produtividade das pastagens e tendência a um menor rendimento de forragem pela aplicação do P anual. Em consequência da menor solubilidade do fosfato natural de Patos de Minas em relação ao fosfato natural de Araxá, uma associação de metade de P na forma solúvel e metade na forma pouco solúvel foi altamente positiva.

Em virtude de os fosfatos naturais nacionais, via de regra, apresentarem menor custo em relação aos fosfatos mais solúveis e de o custo da mão de obra pela aplicação de uma só vez do fosfato no solo também ser menor, todo o fósforo necessário como corretivo pode ser de uma fonte pouco solúvel. Entretanto, caso sejam colocadas somente pequenas doses iniciais de P, será necessária a aplicação em cobertura anual de outras fontes de P solúvel, o que não acontece quando são utilizadas altas doses iniciais e, principalmente, se a fonte for um fosfato natural (SANZONOWICZ e GOEDERT, 1986).

2.5 Características morfogênicas, estruturais e produtivas

A morfogênese pode ser definida como a dinâmica de geração (“*gênesis*”) e da expansão da forma da planta (“*morphos*”) no espaço, podendo ser expressa em termos de taxas de aparecimento ou crescimento, expansão de novos órgãos, dentre outras variáveis (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993).

O entendimento de características morfogenéticas permite a visualização da curva de produção e do acúmulo de forragem, possibilitando a adoção de manejo mais racional das pastagens (HODGSON, 1990) em substituição às conhecidas e generalizadas recomendações baseadas em valores fixos e pré-determinados.

Conforme Nascimento Jr. e Adese (2004), as características morfogênicas, aparecimento foliar, alongamento foliar, alongamento do colmo, tempo de vida da folha, determinam as características estruturais, tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos, número de folhas por perfilho e relação lâmina/colmo que, por sua vez, determinam diretamente o índice de área foliar (IAF), que possui alta correlação com as respostas tanto de plantas como de animais em ambientes de pastagens.

Quando os conceitos de morfogênese são aplicados em espécies de plantas tropicais, a taxa de alongamento de colmos é característica morfogênica bastante relevante, pois interfere na estrutura do dossel e nos equilíbrios dos processos de competição de luz, afetando a relação folha:colmo (SBRISSIA e DA SILVA, 2001), variável importante para os resultados agrônômicos e zootécnicos de sistemas de produção a pasto.

A taxa de aparecimento foliar (TA_pF) desempenha o papel central na morfogênese, pois influencia diretamente cada um dos três componentes da estrutura da pastagem: tamanho da folha, densidade de perfilhos e número de folhas por perfilho (CHAPMAN e LEMAIRE, 1996). Esta variável é expressa em número médio de folhas surgidas por perfilho, em determinado

período de tempo, sendo geralmente expresso em número de folha/perfilho/dia.

Nabinger e Pontes (2001) demonstram relação direta da TApF com a densidade de perfilhos e que esta variável determina o potencial de perfilhamento para um dado genótipo, uma vez que cada folha formada sobre um colmo representa a geração de novas gemas axilares. Portanto, a TApF determina grandes diferenças na estrutura da pastagem em função do seu efeito sobre o tamanho e a densidade de perfilhos.

De acordo com Oliveira (2005), qualquer mudança de temperatura gera respostas nas plantas que alteram a TApF e, segundo Gastal *et al.* (1992), a curva de resposta da TApF à temperatura difere em função do estágio vegetativo da planta, visto que no estágio reprodutivo a planta apresenta maiores respostas do que no estágio vegetativo.

A taxa de aparecimento de folhas varia entre e dentro de espécies sendo amplamente influenciada por flutuações estacionais que são causadas não apenas pela temperatura, mas também por mudanças na intensidade luminosa, fotoperíodo e disponibilidade de água e nutrientes no solo (LANGER, 1972, citado por CAVALCANTE, 2001).

O inverso da taxa de aparecimento de folhas estima o intervalo de tempo para o aparecimento de duas folhas consecutivas ou o Filocrono (WILHELM e MACMASTER, 1995).

O filocrono também pode ser expresso em tempo térmico, sendo caracterizado pela quantidade de graus-dia para formação de uma folha. O tempo térmico, por integrar uma unidade de tempo à temperatura, variável à qual as plantas são responsivas, é mais apropriado para se estudar o filocrono.

A taxa de alongamento foliar (TAIF) de gramíneas está restrita a uma zona na base da folha em expansão que está protegida pelo conjunto de bainhas das folhas mais velhas ou pseudocolmo sendo geralmente expressa em mm/dia (SKINNER e NELSON, 1995), se relacionando com alterações

na estrutura do pasto, por meio de modificações que resultam no comprimento final das folhas.

Outra variável muito pesquisada por sua relevância é a taxa de alongamento de pseudocolmo (TAIPC), variável esta muito importante por interferir na estrutura do pasto e no equilíbrio do processo de competição por luz (SBRISSIA e DA SILVA, 2001). Uma TAIPC elevada é uma característica genética e traz como consequência uma alteração na quantidade e qualidade de luz no interior do dossel, estimulando competição entre plantas vizinhas, em face de um maior sombreamento (TAIZ e ZEIGER, 2003).

Pesquisando *B. brizantha*, Peternelli (2003) observou que o alongamento de colmos aumentou com intervalos entre pastejos mais longos e/ou intensidade de pastejo mais baixa, alterando significativamente a estrutura do pasto por meio do acúmulo desse componente na massa de forragem.

A duração de vida da folha (DVF) representa o intervalo de tempo durante o qual uma dada folha permanece verde, ou seja, do seu aparecimento até sua senescência, sendo que essa variável é pré-determinada geneticamente e sofre influência dos fatores ambientais e de manejo (HODGSON *et al.*, 1981 *apud* ZEFERINO, 2006).

O conhecimento da duração de vida das folhas é fundamental no manejo da pastagem (DIFANTE, 2003), pois de um lado retrata a máxima quantidade de material vivo por área e, por outro lado, é um indicador para a determinação da intensidade de pastejo com lotação contínua ou da frequência do pastejo em lotação rotativa que permita obter maior produtividade da pastagem.

Os fatores determinantes do tamanho das folhas são a TAIF e TApF, uma vez que, para dado genótipo, o período de alongamento da folha é uma fração constante no intervalo de aparecimento de folhas sucessivas (DALE, 1982). Assim, variações na TAIF e TApF, por meio de práticas de manejo ou

flutuações climáticas, podem ocasionar variações no comprimento final da folha.

Pontes (2001), trabalhando com azevém, relata que as maiores alturas de manejo propiciaram maior comprimento de bainha e, por consequência, também maior tamanho das folhas e conclui que o comportamento observado com essa característica, ou seja, tamanho das folhas, é um bom exemplo da relação existente entre as características morfogênicas e estruturais da pastagem, já que as folhas dessa espécie se apresentaram mais curtas nas menores alturas pela redução da TAlF, associada a um filocrono constante.

A TApF e a DVF influenciam diretamente outra variável que é o número de folhas vivas por perfilho (NFV), característica bastante estável na ausência de deficiências nutricionais (NABINGER e PONTES, 2001).

A unidade estrutural básica de um pasto é o perfilho, e o balanço entre perfilhos vivos e mortos é bastante relevante para a estabilidade do pasto. Segundo Nabinger (1997), uma planta é constituída de um conjunto de perfilhos provenientes de uma haste primária, cuja morfologia e disposição determinam a sua arquitetura.

A taxa de aparecimento de folhas, a taxa de alongamento de folhas, o tamanho final da folha e a duração de vida das folhas influenciam a produção de massa por perfilho. Todavia, a produção de massa por área e a estrutura da pastagem é dependente da quantidade de perfilhos no pasto. A densidade de colmos da pastagem é resultante do equilíbrio entre a taxa de surgimento de perfilhos (TSP) e a taxa de mortalidade dos perfilhos (DIFANTE, 2003).

Considerando que uma única planta pode apresentar várias gerações de perfilhos ou ramificações, pode-se afirmar que o potencial de perfilhamento de um genótipo depende da sua velocidade de emissão de folhas (NABINGER, 1997).

Passos *et al.* (1997), avaliando o efeito de fontes de fósforo (termofosfato magnésiano e superfosfato triplo) na produção de massa seca e perfilhamento em *Brachiaria brizantha* e *Andropogon gayanus*, não observaram perfilhamento do primeiro crescimento nos tratamentos sem a aplicação de fósforo para as plantas de *Brachiaria* e *Andropogon*. Constataram que as fontes de fósforo não diferiram entre si no número de perfilhos por vaso na *Brachiaria* nos demais períodos de crescimento.

Werner e Hagg (1972), trabalhando com solo de baixa fertilidade e avaliando o efeito de diversos nutrientes no desenvolvimento do capim-colonião (*Panicum maximum* cv. Colonião), verificaram que as plantas não perfilharam na ausência de adubação de fósforo, independente de qualquer outro nutriente, resultando em uma produção de forragem muito baixa.

Oliveira (1999) cita a adubação e a altura de corte como os fatores de manejo que mais influenciam no perfilhamento da planta e relata ainda como fatores relevantes para o perfilhamento a nutrição mineral, o manejo de cortes ou pastejo, e fatores de ambiente, como luz, temperatura, fotoperíodo e disponibilidade hídrica.

Rosolem e Marcelo (1998), trabalhando com soja e estudando seu crescimento radicular, não observaram efeito significativo da calagem e adubação fosfatada sobre a produção de matéria seca de raízes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do campus da Universidade Estadual de Montes Claros, localizada no município de Janaúba / MG a 15° 47' de latitude Sul, 43° 18' de longitude Oeste e 516 m de altitude.

O ensaio teve início no dia 23 de dezembro de 2011 e término no dia 25 de julho de 2012, tendo como período experimental o período de 11 de abril de 2012 a 25 de julho de 2012.

Foram coletadas amostras de dois latossolos de origens distintas na camada de 0-20 cm de profundidade. Os solos foram classificados como Latossolo de origem calcária com pH mais elevado (5,6) proveniente da região de Janaúba / MG (solo calcário) e Latossolo com pH ácido (4,4) proveniente da região de Riacho dos Machados / MG (solo ácido).

A seguir os resultados analíticos dos dois solos:

Identificação	Composição Química													
	pH ¹	MO ²	P ³	K ³	Na ³	Ca ⁴	Mg ⁴	Al ⁴	H+Al ⁵	SB	T	T	V	m
		dag/kg	mg/dm ³											%
Solo calcário	5,6	2,3	4,9	191	0,1	2,8	1,3	0,1	4,8	4,1	4,8	9,5	49	02
Solo ácido	4,4	2,5	2,5	29	0,1	0,7	0,2	0,8	7,5	1,1	1,9	8,5	12	43

1= em água; 2= colorimetria; 3= extrator mehlich-1; 4= extrator KCl 1 mol / L; 5= pH SMP

As amostras foram secadas ao ar (TFSA), destorroadas e peneiradas em peneira de 6 mm para a montagem do experimento em vasos de polietileno contendo 8 dm³ de solo. Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 2 x 6, com dois Latossolos e seis relações entre fosfato natural originário de rocha apatita (FN) e fosfato reativo, superfosfato simples (SS), descritos do seguinte modo: T₁= 100%FN; T₂= 80%FN + 20%SS; T₃= 60%FN + 40%SS; T₄= 40%FN + 60%SS; T₅ = 20%FN + 80%SS; T₆= 100%SS, sendo que as quantidades das fontes foram equacionadas para que cada tratamento recebesse a dosagem de 200 kg/há⁻¹ de P₂O₅.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições totalizando 36 unidades experimentais.

Os fosfatos foram misturados manualmente aos solos de forma homogênea, sendo que para os tratamentos que continham misturas de fosfatos foi realizada uma pré-mistura dos mesmos para em seguida efetuar a mistura desses com os solos ficando incubados por um período de três meses com umidade constante a 60% da capacidade de campo.

Após esse período foi feita a semeadura de capim-braquiária nos vasos, na profundidade de 1 cm juntamente com a adubação de potássio e nitrogênio conforme indicação da 5^a APROXIMAÇÃO CSFEMG (Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais). O controle hídrico foi feito diariamente mantendo o solo com aproximadamente 80 % de sua capacidade de campo e em temperatura controlada variando de 25 a 27 °C.

Nos primeiros 15 dias após a germinação foram efetuados três desbastes até restarem oito plantas por vaso. Aos 45 dias após o plantio foi realizado o corte de uniformização a 10 cm de altura do solo, quando então se iniciaram as avaliações morfogênicas.

Para as avaliações morfogênicas e estruturais, no início de cada período de rebrotação (intervalo de 35 dias), foram marcadas três plantas por

vaso, ao acaso, as quais receberam um anel plástico de coloração diferenciada nas cores branca, preta e vermelha para identificação dos perfilhos que foram acompanhados durante todo o período avaliativo, num total de três cortes avaliativos, cujo primeiro foi aos 35 dias, o segundo corte aos 70 dias e o terceiro corte aos 105 dias.

A cada corte avaliativo foi realizada adubação de potássio e nitrogênio conforme indicação.

A coleta dos dados para o cálculo das taxas morfogênicas foi realizada duas vezes por semana, a partir do corte de uniformização, durante todo período experimental e os dados registrados em planilhas previamente elaboradas.

O comprimento das folhas foi medido de acordo com o estágio de desenvolvimento das mesmas. Para as folhas completamente expandidas, mediu-se o comprimento da ponta da folha até a lígula. No caso de folhas em expansão, o mesmo procedimento era adotado, porém, considerando-se a lígula da última folha completamente expandida como referencial de medida.

O tamanho do pseudocolmo foi considerado como sendo a distância do solo até a lígula da última folha completamente expandida.

A partir dessas informações, foram estimadas as seguintes características:

a) Taxa de aparecimento foliar (TApF), em folhas/perfilho/dia: relação entre o número de folhas surgidas por perfilho e o número de dias do período de avaliação;

b) Filocrono: inverso da taxa de aparecimento de folhas (dias/folha/perfilho). Representa a média do intervalo de tempo para o aparecimento de duas folhas sucessivas em cada perfilho.

c) Taxa de alongamento foliar (TAIF), em cm/perfilho/dia: calculada como a diferença entre o comprimento final e o comprimento inicial das folhas em expansão, dividida pelo número de dias entre as medições.

d) Taxa de alongamento do pseudocolmo (TAIPC), em cm/perfilho/dia: Relação entre a diferença do comprimento do pseudocolmo, final e inicial, e o número de dias do período de avaliação.

e) Comprimento de folhas vivas (CFV), em cm/perfilho: Comprimento médio das lâminas foliares de todas as folhas expandidas.

f) Número de folhas vivas por perfilho (NVF), em folhas/perfilho: Média do número de folhas em expansão e expandidas por perfilho durante o período de avaliação.

g) Duração de vida das folhas (DVF), em dias: Estimada pela equação proposta por Lemaire & Chapman (1996), $DVF = NVF \times \text{Filocrono}$.

Após o corte de uniformização, a cada 35 dias, procedeu-se à mensuração das características produtivas, totalizando três cortes avaliativos, cortando-se a forragem a 10 cm do solo e acondicionando as amostras em sacos plásticos, previamente identificados, amarrados e, posteriormente pesados para cálculo da produtividade de matéria verde.

Para a avaliação de matéria seca, as amostras foram levadas para a estufa, as quais foram acondicionadas em sacos de papel, a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, até que se obteve o peso constante. Posteriormente, o material foi pesado em balança semianalítica e os pesos obtidos por medição direta.

Utilizou-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2000) para avaliação dos resultados, que foram submetidos à análise de variância e regressão em nível de 5 % pelo teste “F”, pelo teste SNK. As estimativas dos parâmetros da regressão foram avaliadas pelo teste “t” em nível de 5 % de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3 Características morfológicas

Na Tabela 01 são apresentados os resultados da análise de variância da taxa de aparecimento foliar, filocrono, taxa de alongamento foliar e taxa de alongamento do colmo.

TABELA 01.Resumo da análise de variância para taxa de aparecimento foliar - TApF (folhas/perfilho/dia), filocrono (FILO - dias/folha/perfilho), taxa de alongamento foliar - TAIF (cm/perfilho /dia) e taxa de alongamento do pseudocolmo (TAIPC - cm/perfilho/dia) de plantas de capim-braquiária submetidas a seis proporções de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		TApF	FILO	TAIF	TAIPC
Solo	1	0,1975 ^{-04 ns}	0,221 ^{ns}	0,687 [*]	0,229 [*]
Proporções de Fontes	5	0,7413 ^{-04 ns}	0,894 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Solo x Proporções de Fontes	5	0,1451 ^{-03 ns}	0,726 ^{ns}	0,028 ^{ns}	0,034 ^{ns}
Bloco	2	0,208 ^{-04 ns}	0,065 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,411 ^{-03 ns}
Erro	22	0,000	1,873	0,029	0,018
Total	35				
Coefficiente de Variação (%)		16,07	18,39	8,54	16,39

*significativo ao nível de 5 % pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Não foi observado interação ($P > 0,05$) entre proporções de fontes de P e tipos de solo para nenhuma das variáveis. Observou-se apenas efeito isolado de solo para as variáveis taxa de alongamento foliar e taxa de alongamento do pseudocolmo.

TABELA 02. Médias de taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono (FILO), taxa de alongamento foliar (TAIF) e taxa de alongamento do pseudocolmo (TAIPC) para plantas de capim-braquiária submetidas a seis proporções de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Solo	Proporções de Fontes ⁽¹⁾						X
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	
TApF (folhas/perfilho/dia)							
Ácido	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15 ^A
Neutro	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,15 ^A
FILO (dias/folha/perfilho)							
Ácido	7,48	7,29	7,59	7,11	7,90	7,77	7,52 ^A
Neutro	6,39	7,43	6,83	7,71	7,52	8,30	7,37 ^A
TAIF (cm/perfilho/dia)							
Ácido	1,99	1,88	1,93	1,89	1,79	1,68	1,86 ^B
Neutro	2,10	2,17	2,06	2,18	2,21	2,11	2,14 ^A
TAIPC (cm por perfilho por dia)							
Ácido	0,68	0,83	0,79	0,75	0,69	0,82	0,76 ^B
Neutro	1,04	0,86	0,80	0,89	1,01	0,90	0,92 ^A

⁽¹⁾T₁ = 0 % Superfosfato Simples / 100 % Fosfato Natural; T₂ = 20 % Superfosfato Simples / 80 % Fosfato Natural ; T₃ = 40 % Superfosfato Simples / 60 % Fosfato Natural; T₄ = 60 % Superfosfato Simples / 40 % Fosfato Natural; T₅ = 80 % Superfosfato Simples / 20 % Fosfato Natural; T₆ = 100 % Superfosfato Simples / 0 % Fosfato Natural

X = média geral

^{A,B}Letras maiúsculas distintas na coluna, diferem entre si pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade.

A TApF média encontrada no presente trabalho foi de 0,15 folhas por perfilho por dia para ambos os tipos de solo e não variou em função das proporções das fontes de fósforo, valores estes próximos aos encontrados por Corsi *et al.* (1994) que observaram valores de aparecimento de 0,14 a 0,18 folhas por perfilho por dia e Gomide *et al.* (1997) que registraram valores de 0,10 a 0,14 folhas por perfilho por dia, ambos durante o verão e em capim-braquiária.

Sendo o filocrono o inverso da taxa de aparecimento foliar, o mesmo comportamento observado para TApF ocorreu com o filocrono, não sendo verificado efeito do tipo de solo e das proporções das fontes de fósforo.

Santos *et al.* (2009) ressaltaram que o filocrono, para determinado genótipo, é relativamente constante durante o desenvolvimento vegetativo de um perfilho, quando em condições ambientais constantes. Esse mesmo autor (SANTOS, 2007) não registrou diferença estatística para filocrono trabalhando com capim-braquiária para tratamentos com fósforo e sem fósforo. Porém, quando se promoveram adubações de nitrogênio foram registradas diferenças estatísticas para esta variável, observando 5,8 dias por folha com a adubação com nitrogênio contra 8,0 dias por folhas tanto para o tratamento com adubação de P quanto para o tratamento sem adubação de P.

Diversos são os trabalhos que mostram redução do filocrono com o aumento das doses de nutrientes, porém, a maioria dos trabalhos sobre esta variável é desenvolvida com o elemento Nitrogênio.

Os resultados de Santos (2007), Santos *et al.* (2009) e Cecato *et al.* (2007), em adição aos encontrados no presente trabalho, denotam que o fósforo, apesar de ser um elemento imprescindível no desempenho das funções biológicas dos vegetais, pode apresentar menor relevância nos processos morfogênicos de algumas forrageiras, especialmente em contraste com o nitrogênio.

A taxa de alongamento foliar e a taxa de alongamento do pseudocolmo foram influenciadas pelo tipo de solo, não sendo verificado efeito das proporções das fontes de fósforo, tampouco interação entre os fatores (TABELA 02). Maiores valores de alongamento foliar e de pseudocolmo foram observados no solo neutro em relação ao solo ácido.

A taxa de alongamento de folhas é uma variável morfogênica que se correlaciona com a massa seca da forragem, ou seja, com o rendimento (HORST *et al.*, 1978), sendo que o alongamento da lâmina foliar se interrompe na medida em que a lígula é exposta, apresentando-se

completamente expandida quando a folha é considerada adulta (LANGER, 1972).

Diferentemente do que foi observado neste trabalho, Cecato *et al.* (2007) constataram maior taxa de alongamento foliar em capim-mombaça adubado com a fonte solúvel (formulado de superfosfato simples e superfosfato triplo), comparativamente ao termofosfato magnésiano Yoorin[®] que apresenta solubilidade intermediária. De acordo com os autores, tal fato se deve à maior absorção de fósforo pelas plantas adubadas com fontes solúveis de maior teor de fósforo disponível para as plantas no solo. Essa divergência do trabalho de Cecato *et al.* (2007) em relação aos encontrados neste trabalho, provavelmente, pode estar associada à menor exigência nutricional do capim-braquiária em relação ao capim-mombaça.

Na Tabela 03 são apresentados os resultados da análise de variância do número de folhas vivas, comprimento final da lâmina foliar e duração de vida da folha.

TABELA 03. Resumo da análise de variância para número de folhas vivas – (NFV), comprimento final da lâmina foliar (CLF) e duração de vida da folha (DVF) para plantas de capim-braquiária submetidas a seis proporções de fontes de fósforo em dois tipos de solo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		NFV	CLF	DVF
Solo	1	0,410*	60,684*	8,064 ^{ns}
Proporções de fontes	5	0,088 ^{ns}	3,181 ^{ns}	17,543 ^{ns}
Solo x Proporções de fontes	5	0,0150 ^{ns}	1,898 ^{ns}	4,956 ^{ns}
Bloco	2	0,012 ^{ns}	1,575 ^{ns}	4,391 ^{ns}
Erro	22	0,041	2,568	19,414
Total	35			
Coefficiente de variação (%)		6,47	7,43	18,64

*significativo ao nível de 5 % pelo teste F; ^{ns} não significativo.

O número de folhas vivas e o comprimento final da lâmina foliar foram influenciados pelo tipo de solo, não havendo efeito das proporções das fontes de fósforo, tampouco interação significativa dos fatores. Para a característica duração de vida da folha, não houve efeito isolado de fatores, bem como interação significativa dos mesmos.

Houve um acréscimo de aproximadamente 7 % no número de folhas vivas no capim-braquiária em solo neutro comparativamente ao solo ácido (TABELA 4).

TABELA 04. Número de folhas vivas (NFV), comprimento final da lâmina foliar (CLF) e duração de vida das folhas (DVF) em capim-braquiária submetidas a seis proporções de fontes de fósforo em dois tipos de solo.

Solo	Proporções de fontes ⁽¹⁾						X
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	
NFV (folhas/perfilho)							
Ácido	3,11	3,02	3,06	2,85	2,98	3,10	3,02 ^B
Neutro	3,45	3,26	3,37	3,01	3,16	3,16	3,23 ^A
CLF (cm/perfilho)							
Ácido	19,39	19,29	20,96	21,13	21,62	19,28	20,28 ^B
Neutro	22,30	22,75	21,77	23,51	23,65	23,26	22,87 ^A
DVF (dias)							
Ácido	24,43	22,42	23,68	19,29	24,41	24,80	23,17 ^A
Neutro	22,68	24,25	23,12	22,37	25,27	27,01	24,12 ^A

⁽¹⁾T₁ = 0 % Superfosfato Simples / 100 % Fosfato Natural; T₂ = 20 % Superfosfato Simples / 80 % Fosfato Natural ; T₃ = 40 % Superfosfato Simples / 60 % Fosfato Natural; T₄ = 60 % Superfosfato Simples / 40 % Fosfato Natural; T₅ = 80 % Superfosfato Simples / 20 % Fosfato Natural; T₆ = 100 % Superfosfato Simples / 0 % Fosfato Natural

X = média geral

^{A,B}Letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade.

A senescência foliar é caracterizada pela redução dos níveis de clorofila e proteínas, sendo que esse processo pode ser acelerado por estresses, tais como: temperaturas elevadas, ausência de luz, excesso de

água, deficiências hídricas e de nutrientes minerais (CALBO, 1989). Deficiências nutricionais podem causar aumento na senescência em virtude da alta translocação de nitrogênio e fósforo para as folhas mais novas (HILL, 1980). Como anteriormente mencionado, solos com pH menos ácidos apresentam maior disponibilidade de macronutrientes, explicando uma menor senescência foliar e, conseqüentemente, o maior número de folhas vivas observado neste trabalho. Outra hipótese que justificaria estes resultados seria a maior adsorção de P pelo solo mais ácido.

O resultado de maior comprimento final da lâmina foliar no solo neutro, que foi de aproximadamente 13 % (TABELA 04), está em consonância com a maior taxa de alongamento foliar observada em solo neutro (TABELA 02).

Verifica-se também que não houve efeito ($P>0,05$) entre os tipos de solo e nem das proporções das fontes de fósforo para a duração de vida das folhas. Estes resultados estão de acordo com os da taxa de aparecimento foliar, pois, segundo Andrade *et al.* (2005), o aumento da TApF é acompanhado de redução equivalente na duração de vida das folhas (DVF).

A ausência de efeito das proporções das fontes de fósforo para todas as variáveis morfogênicas avaliadas pode estar associada à reduzida exigência de fósforo pelo capim-braquiária, bem como à elevada dose de P_2O_5 aplicada.

De forma complementar, pode-se aventar também a possibilidade de a forrageira estudada ter proporcionado alterações químicas no solo rizosférico para aumentar a disponibilidade de fósforo, tais como a acidificação da rizosfera, a exsudação de ácidos orgânicos e a secreção de fosfatases assim como a hipótese de associação da forrageira com fungos solubilizadores de fósforo. Essas possibilidades podem ter limitado eventuais vantagens de fontes de fósforo solúveis. Nesse sentido, Goedert *et al.* (1986) e Sousa *et al.* (2004) afirmaram que espécies do gênero *Brachiaria*

apresentam índices de aproveitamento relativamente elevados de adubos fosfatados.

4.4 Características produtivas

Na Tabela 05 são apresentados os resultados da análise de variância para peso de raízes (PESORZ). Observa-se que houve interação significativa entre os fatores, havendo efeito apenas para o fator solo.

Apenas nos tratamentos 3 (40 % de Fosfato Super Simples + 60 % de Fosfato Natural) e 5 (80 % Superfosfato Simples + 20 % Fosfato Natural) foi constatado efeito do tipo de solo sobre o peso de raízes (TABELA 6), com maiores valores observados no solo neutro. Explicação biológica para tal comportamento não se encontra na literatura, razão pela qual pode se aventar que houve diferenças nos procedimentos de lavagem entre os tratamentos, sendo que possivelmente os maiores valores de raízes observados possam estar contaminados com solo residual. Sugere-se, desse modo, que estudos posteriores contemplem também a determinação da matéria mineral nas amostras de raízes, para determinar eventual contaminação do conteúdo por solo.

TABELA 05. Resumo da análise de variância para peso de raízes - PESORZ (g / vaso) em capim-braquiária submetido a seis proporções de substituição de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		PESORZ
Solo	1	1317,93 *
Proporções de fontes	5	253,09 ^{ns}
Solo x Proporções de fontes	5	549,04 *
Bloco	2	45,47 ^{ns}
Erro	22	182,97
Total	35	
Coeficiente de variação (%)		25,97

*significativo ao nível de 5 % pelo teste F; ^{ns} não significativo.

TABELA 06. Peso de raízes (PESORZ) em capim-braquiária submetido a seis proporções de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Solo	Proporções de fontes ⁽¹⁾						X
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	
PESORZ (g)							
Ácido	47,33 ^A	46,57 ^A	44,17 ^B	50,65 ^A	31,92 ^B	55,58 ^A	46,04
Neutro	43,27 ^A	46,65 ^A	79,75 ^A	49,83 ^A	69,42 ^A	59,90 ^A	58,14

⁽¹⁾T₁ = 0 % Superfosfato Simples / 100 % Fosfato Natural; T₂ = 20 % Superfosfato Simples / 80 % Fosfato Natural ; T₃ = 40 % Superfosfato Simples / 60 % Fosfato Natural; T₄ = 60 % Superfosfato Simples / 40 % Fosfato Natural; T₅ = 80 % Superfosfato Simples / 20 % Fosfato Natural; T₆ = 100 % Superfosfato Simples / 0 % Fosfato Natural

X = média geral

^{A,B}Letras maiúsculas distintas na coluna, diferem entre si pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade.

Na Tabela 07 constam os resultados da análise de variância para a variável altura das plantas nos três cortes avaliativos. Apenas o tipo de solo influenciou na altura das plantas, não havendo efeito das proporções das fontes de fósforo bem como interação significativa.

TABELA 07. Resumo da análise de variância para altura de plantas nos três cortes avaliativos (ALTC₁, ALTC₂, ALTC₃) em capim-braquiária submetido a seis proporções de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		ALTC1**	ALTC2**	ALTC3**
Solo	1	434,03 *	765,44 *	2.773,27 *
Proporções de fontes	5	44,36 ^{ns}	82,24 ^{ns}	03,66 ^{ns}
Solo x Proporções de fontes	5	21,56 ^{ns}	19,24 ^{ns}	32,64 ^{ns}
Bloco	2	10,19 ^{ns}	11,44 ^{ns}	19,08 ^{ns}
Erro	22	34,71	54,96	15,75
Total	35			
Coeficiente de variação (%)		11,50	12,66	8,62

** ALTC1= altura da planta no primeiro corte avaliativo; ALTC2= altura da planta no segundo corte avaliativo; ALTC3= altura da planta no terceiro corte avaliativo; *significativo ao nível de 5 % pelo teste F; ^{ns} não significativo.

No primeiro corte, o solo neutro apresentou uma altura média das plantas de 54,67 cm comparado a uma altura de 47,72 cm para o solo ácido (TABELA 08), ou seja, 14,6 % de superioridade para aquele solo. No segundo corte, o solo neutro apresentou altura média de 63,17 cm, enquanto que o solo ácido apresentou altura média de 53,94, ou seja, 17,1 % de superioridade para o solo neutro. No terceiro corte, o solo neutro apresentou altura das plantas de 54,77 cm, enquanto que no solo ácido a altura média foi de 37,22 cm, ou seja, no solo neutro as plantas foram 47,15 % superiores.

Esses resultados denotam que na medida em que se aumenta o número de cortes efetuados na forrageira, aumenta-se a magnitude da diferença de altura do capim-braquiária cultivado no solo ácido e no neutro, com maiores valores sendo observados no solo neutro.

TABELA 08. Resultados médios de altura de plantas nos três cortes avaliativos (ALTC₁, ALTC₂, ALTC₃) em capim-braquiária submetido a seis proporções de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Solo	Proporções de fontes ⁽¹⁾						X
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	
ALTC1 (cm)							
Ácido	45,33	46,33	48,67	50,33	48,67	47,00	47,72 ^B
Neutro	50,33	50,33	55,00	53,67	61,67	57,00	54,67 ^A
ALTC2 (cm)							
Ácido	50,67	49,00	60,33	58,00	54,33	51,33	53,94 ^B
Neutro	57,00	61,67	67,00	63,00	67,00	63,33	63,17 ^A
ALTC3 (cm)							
Ácido	38,00	40,33	36,67	37,00	33,67	37,67	37,22 ^B
Neutro	55,67	49,67	57,00	54,33	57,00	55,00	54,77 ^A

⁽¹⁾T₁ = 0 % Superfosfato Simples / 100 % Fosfato Natural; T₂ = 20 % Superfosfato Simples / 80 % Fosfato Natural ; T₃ = 40 % Superfosfato Simples / 60 % Fosfato Natural; T₄ = 60 % Superfosfato Simples / 40 % Fosfato Natural; T₅ = 80 % Superfosfato Simples / 20 % Fosfato Natural; T₆ = 100 % Superfosfato Simples / 0 % Fosfato Natural

X = média geral

^{A,B}Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade.

A ausência de efeito das proporções das fontes de fósforo na altura das plantas, provavelmente, pode estar associada aos índices de aproveitamento relativamente elevados de adubos fosfatados pela forrageira.

Corrêa e Haag (1993), analisando sete doses de fósforo em solo de cerrado de baixa fertilidade, com *B. decumbens*, *B. brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum*, verificaram que a *B. decumbens* apresentou eficiência de absorção e uso do fósforo superior às outras espécies, tanto do fósforo já presente no solo quanto do fósforo aplicado. Esses resultados nos indicam que assim como os fosfatos reativos, os fosfatos naturais podem atender à demanda de fósforo pelas plantas de capim-braquiária.

Na Tabela 09 constam os resultados da análise de variância para a variável quantidade de perfilhos por vaso, em função das proporções das fontes de fósforo e tipos de solo, para os três cortes avaliativos.

No primeiro corte, o solo neutro apresentou número médio de perfilhos de 63,05 comparado a uma quantidade de 43,05 perfilhos para o solo ácido, significando um percentual de 47 % de superioridade (TABELA 10).

TABELA 09. Resumo da análise de variância para número de perfilhos por vaso nos cortes 1, 2 e 3 (PERFC₁, PERFC₂, PERFC₃) em capim-braquiária submetido a seis proporções de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		PERFC ₁	PERFC ₂	PERFC ₃
Solo	1	3.600,00 *	3.823,36 *	3.948,03 *
Proporções de fontes	5	129,98 *	73,83 ^{ns}	173,96 *
Solo x Proporções de fontes	5	17,07 ^{ns}	168,89 *	53,83 ^{ns}
Bloco	2	35,86 ^{ns}	0,86 ^{ns}	29,19 ^{ns}
Erro	22	15,49	59,98	32,16
Total	35			
Coefficiente de variação (%)		7,42	13,99	13,82

*significativo a nível de 5 % pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Constatou-se também efeito das proporções das fontes de fósforo (TABELA 10). Pela equação de regressão para o primeiro corte, observa-se uma proporção das fontes de fósforo para a máxima quantidade de perfilhos de 56,2 % de superfosfato simples e 43,8 % de fosfato natural. Com essa proporção, a quantidade de perfilhos produzida estimada seria de 71,4 perfilhos por vaso.

TABELA 10. Número médio de perfilhos por vaso nos cortes 1, 2 e 3 (PERFC₁, PERFC₂, PERFC₃) em capim-braquiária submetido a seis proporções de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Solo	Proporções de fontes ⁽¹⁾						X	ER
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆		
PERFC₁								
Ácido	36,33	38,67	48,67	47,33	45,33	42,00	43,05 ^B	1
Neutro	58,33	55,67	66,33	63,67	68,33	66,00	63,05 ^A	
PERFC₂								
Ácido	46,67 ^A	54,33 ^A	49,00 ^B	43,00 ^B	36,33 ^B	41,00 ^B	---	$\hat{Y}=\bar{Y}$
Neutro	53,33 ^A	65,33 ^A	66,33 ^A	70,67 ^A	70,00 ^A	68,33 ^A	---	
PERFC₃								
Ácido	28,67	34,67	28,00	26,67	25,33	40,00	30,55 ^B	2
Neutro	44,00	49,00	57,67	46,00	51,33	61,00	51,50 ^A	

⁽¹⁾T₁ = 0 % Superfosfato Simples / 100 % Fosfato Natural; T₂ = 20 % Superfosfato Simples / 80 % Fosfato Natural ; T₃ = 40 % Superfosfato Simples / 60 % Fosfato Natural; T₄ = 60 % Superfosfato Simples / 40 % Fosfato Natural; T₅ = 80 % Superfosfato Simples / 20 % Fosfato Natural; T₆ = 100 % Superfosfato Simples / 0 % Fosfato Natural

X = média geral

^{A,B} Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade.

ER = Equação de Regressão

$$1: \hat{Y} = [2083,6523 + 29,9769 * X + (-0,2098 * X^2)]^{0,5}; R^2 = 0,73$$

$$2: \hat{Y} = (1431,8363 + 0,0007 * X^3)^{0,5}; R^2 = 0,43$$

onde X = % de Super Simples; * significativo ao nível de 5 % pelo teste t.

No segundo corte avaliativo houve interação significativa dos fatores solo e proporções de fontes de fósforo, sendo observado efeito apenas do fator solo. A partir do tratamento 3 (40 % superfosfato simples + 60 % fosfato natural), verificaram-se maiores valores de número de perfilhos para o capim-braquiária cultivado em solo neutro, justificados pela maior disponibilidade do fósforo nesse tipo de solo.

Já no terceiro e último corte avaliativo, aos 105 dias, a forrageira que estava sob o solo neutro produziu 51,50 perfilhos enquanto a que estava em solo ácido produziu 30,55 quando em solo ácido, representando 68 % a mais de perfilhos a favor do solo neutro. A partir da equação de regressão,

estimou-se a produção máxima de 46,6 perfilhos/vaso na proporção de 100 % de superfosfato simples.

Na Tabela 11 são apresentados os resultados da análise de variância para a variável produção de matéria seca por vaso. No primeiro e segundo cortes houve apenas efeito isolado de solo, já no terceiro corte ocorreu interação significativa de fatores, sendo observado efeito de solo e proporções de fontes.

TABELA 11. Resumo da análise de variância para produção de matéria seca (g/vaso) nos três cortes avaliativos (PMSC₁, PMSC₂, PMSC₃) em capim-braquiária submetido a seis proporções de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		PMSC1	PMSC2	PMSC3
Solo	1	419,36 *	1085,70 *	772,38 *
Proporções de fontes	5	8,63 ^{ns}	14,20 ^{ns}	15,13 *
Solo x Proporções de fontes	5	19,84 ^{ns}	44,97 ^{ns}	14,71 *
Bloco	2	1,00 ^{ns}	11,07 ^{ns}	1,79 ^{ns}
Erro	22	8,48	27,99	4,14
Total	35			
Coefficiente de variação (%)		12,51	21,89	15,75

*significativo ao nível de 5% pelo teste F; ^{ns} não significativo.

No solo neutro, no primeiro corte, a produção de massa seca foi 34,37 % superior que no solo ácido, uma vez que a média para aquele solo foi de 26,70 contra 19,87 g/vaso deste. Da mesma forma, no segundo corte o solo neutro produziu relativamente mais matéria seca (29,66 g/vaso) que o solo ácido (18,68 g/vaso), gerando uma relação de superioridade de 58,88 % do primeiro em relação ao segundo solo (TABELA 12).

TABELA 12. Produção média de massa seca por vaso (g/vaso) nos três cortes avaliativos (PMSC₁, PMSC₂, PMSC₃) em capim-braquiária submetido a seis proporções de fontes de fósforo em dois diferentes tipos de solo.

Solo	Proporções de fontes ⁽¹⁾						X	ER
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆		
PMSC1								
Ácido	22,72	20,70	19,15	18,98	17,83	19,83	19,87 ^B	Ŷ=ȳ
Neutro	24,54	24,32	29,15	27,93	27,22	31,07	26,70 ^A	
PMSC2								
Ácido	19,37	20,50	19,03	18,42	15,90	18,85	18,68 ^B	Ŷ=ȳ
Neutro	23,58	25,95	30,80	32,27	34,90	30,47	29,67 ^A	
PMSC3								
Ácido	08,35 ^B	07,77 ^B	07,27 ^B	08,78 ^B	07,25 ^B	10,35 ^B	---	1
Neutro	15,98 ^A	14,33 ^A	20,22 ^A	14,50 ^A	20,05 ^A	20,27 ^A	---	2

⁽¹⁾T₁ = 0 % Superfosfato Simples / 100 % Fosfato Natural; T₂ = 20 % Superfosfato Simples / 80 % Fosfato Natural ; T₃ = 40 % Superfosfato Simples / 60% Fosfato Natural; T₄ = 60 % Superfosfato Simples / 40% Fosfato Natural; T₅ = 80 % Superfosfato Simples / 20 % Fosfato Natural; T₆ = 100 % Superfosfato Simples / 0% Fosfato Natural

X = média geral

^{A,B}Letras maiúsculas distintas na coluna, diferem entre si pelo teste F em nível de 5 % de probabilidade.

ER = Equação de Regressão

1: $\hat{Y} = (58,2088 + 0,0003 * X^3)^{0,5}$; R² = 0,42

2 = Equação de Regressão 4: $\hat{Y} = (244,8147 + 0,0001 * X^3)^{0,5}$; R² = 0,34

onde X = % de Super Simples; * significativo em nível de 5% pelo teste T

No terceiro corte, em todas as proporções de fontes foram observados maiores valores de produção de massa seca/vaso no solo neutro, possivelmente em função da maior disponibilidade dos macronutrientes em condições de pH próximo à neutralidade. Deve-se ressaltar que apenas no terceiro corte, realizado aos 105 dias, houve efeito das proporções das fontes, sendo estimados valores máximos de produção de massa seca/vaso de 9,4 e 20,6; na proporção de 100 % de superfosfato simples, para solo ácido e neutro, respectivamente, conforme equações de regressão.

Os resultados obtidos no experimento mostram que para maiores produtividades é recomendável proceder à correção da acidez do solo e melhoria dos níveis de fertilidade para que as fontes de fósforo possam ser usadas com as proporções justificadas pela viabilidade econômica e possam promover melhorias significativas na produtividade das pastagens.

Os resultados sugerem ainda que, para uso em pastagens, estudos com maior tempo de coleta de dados e outros níveis de fornecimento de P_2O_5 devem ser feitos para analisar os efeitos residuais no longo prazo dos fosfatos naturais avaliando também os níveis de fixação do P para as diferentes fontes de fósforo.

5 CONCLUSÕES

Com a adubação de 200 kg de P_2O_5 /ha, as diferentes proporções de fosfato natural e superfosfato simples não interferiram nas características morfológicas ou produção de raízes, seja em solo ácido ou em solo neutro.

Para perfilhamento e produção de matéria seca, verificou-se efeito das diferentes proporções de fontes de fósforo.

Solos neutros proporcionam melhores resultados que solos ácidos para as características morfológicas e produtivas com a adubação de 200 kg de P_2O_5 /ha.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. A, ERNANI, P. R.; MAÇANEIRO, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4 p. 651-656, 1999.

ANDRADE, A. C. *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-elefante 'Napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 1150-159, 2005.

ARCAND, M. M.; SCHNEIDER, K. D. Plant- and microbial-based mechanisms to improve the agronomic effectiveness of phosphate rock: a review. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, p. 791-807, 2006.

BAHIA FILHO, A. F. C. **Índice de disponibilidade e fósforo em latossolos do Planalto Central com diferentes características texturais e mineralógicas**. 1982. 178 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1982.

BAHIA FILHO, A. F. C. *et al.* Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de latossolo do planalto central com diferentes características texturais e mineralógicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 221-226, 1983.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C.; TORRES, A. C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 1, p. 1-7, 1989.

CANTARUTII, R. B. *et al.* Época de aplicação de fosfato natural em relação à calagem, num solo com elevado teor de alumínio trocável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 5, p. 129-133, 1981.

CECATO, U. *et al.* Características morfogênicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, p. 1699-1706, 2007

CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington, New Zeland: SIR Publishing, 1993. p. 55-64.,

CORRÊA, L. de A.; HAAG, H.P. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich 1 e Resina em Latossolo Vermelho Amarelo, álico cultivado com três gramíneas forrageiras. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 287-294, 1993.

CORSI, M. *et al.* Bases para o estabelecimento do manejo de pastagem de Braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p. 249-66.

COSTA, N. de L. *et al.* **Resposta de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu à fontes e doses de fósforo.** Porto Velho: Embrapa-CPAF, 1997. 4 p. (Embrapa-CPAF Rondônia. Comunicado técnico, 138).

COUTINHO, E. L. *et al.* Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados para a cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1393-1399, 1991.

DALE, J. E. Some effects of temperature and irradiance on growth of the first four leaves of wheat, *Triticum aestivum*. **Annals of Botany**, [s.l.], v. 50, p. 851-858, 1982.

DIFANTE, G. dos S. **Importância da morfogênese no manejo de gramíneas forrageiras**. Viçosa-MG: UFV, 2003. 25 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **Relatório Técnico Anual, 1976**. Campo Grande, 1977.

FAQUIN, V. *et al.* Nutrição mineral em fósforo, cálcio e magnésio do braquiarião em amostras de Latossolo dos Campos das Vertentes sob influência de calagem e fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 26, p. 1074-1082, 1997.

FISHER, M.J., KERRIDGE, P.C. The agronomy and physiology of *Brachiaria* species. In: MILES, J.W., MAASS, B.L., VALLE, C.B. (Eds). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. C.3. Cali: CIAT/Brasília: EMBRAPA-CNPGC, 1996. p. 43-52.

GAHOONIA, T. S.; NIELSEN, N. E. Root traits as tools for creating phosphorus efficient crop varieties. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 206, p. 47-57, 2004.

GASTAL, F.; BELANGER G.; LEMAIRE G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, [s.l.], v. 70, p. 437-442, 1992.

GOEDERT, W. J.; LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 311-318, 1980.

GOEDERT, W. J.; REIN, T. A.; SOUZA, D. M. G. Eficiência agronômica de fosfatos naturais, fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 521-530, 1990.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W. J. (Ed.) **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel, 1986. p.129-166

GOMIDE, J. A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 411-430.

GOMIDE, J. A. Adubação fosfatada e potássica de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Eds.). **Pastagens**: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ. 1986. p. 155-64.

HILL, J. The remobilization of nutrient from leaves. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 2, n. 4, p. 407-444, 1980.

HINGSTON, F. J.; POSNER, A. M.; QUIRK, J. P. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. **Journal of Soil Science**, London, v. 23, p. 177-191, 1972.

HINSINGER, P.; GILKES, R. J. Root-induced dissolution of phosphate rock in the rhizosphere of lupins grown in alkaline soil. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 33, p. 477-489, 1995.

HINSINGER, P. *et al.* Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 248, p. 43-59, 2003.

HODGSON, J. **Grazing management**: science into practice. Unit Kingdom: Longman scientific and technical, 1990. 203 p.

HODGSON, J. Variations in the surface characteristics of the sward and short-term rate of herbage intake by calves and lambs. **Grass and Forage Science**, Malden, v. 36, p. 49-57, 1981.

HORST, G. L.; NELSON, C. J.; ASAY, K. H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, Madison, v.18, n. 5, p.715-719, 1978.

KELLER-GREIN, G.; MAASS, BL.; HANSON, J. Natural variation in Brachiaria and existing germplasm collections. In: MILES, J.W. *et al.* (Ed.). **Brachiaria**: biology, agronomy, and improvement. Cali: CIAT, p. 18-45, 1996.

KORNDÖRFER, G. H. *et al.* Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 23, p.101-106, 1999.

LANGER, R. H. M. **How grasses grow**. London: Edward Arnold, 1972. 60 p. (Studies in Biology, 34).

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue fluxes in grazing plant communities. In: HODGSON, J. ; ILLIUS, A. W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 3- 36

LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGEM, 1985, Nova Odessa-SP. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do fósforo, 1986. v. 1. p. 145-174,

LOPES, A. S. **Solos sob “cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto de Potassa e fosfato, 1983, 162 p.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrado: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 11., 1995. Brasília-DF. **Anais...** Brasília-DF: 1995. p. 28-62.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.15-95.

NABINGER, C.; PONTES, L. da S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa-MG: SBZ, 2001. p.755-771.

NASCIMENTO JR., D.; ADESE, B. Acúmulo de biomassa na pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 289-330.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, A. B. **Morfogênese e produção do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte**. 2005. 43 p. Dissertação (Mestrado em Produção de Ruminantes) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Vitória da Conquista, 2005.

OLIVEIRA, M. A. de, **Morfogênese, análise de crescimento e valor nutritivo do capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota**. 1999. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1999.

PASSOS, R. R. *et al.* Fontes de fósforo, calcário e gesso na produção de matéria seca e perfilhamento de duas gramíneas forrageiras em amostras de um Latossolo ácido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 26, p. 227-233, 1997.

PEREIRA, J. P. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO DOS CAPINS DO GÊNERO *BRACHIARIA*, 1986, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. p. 117-196.

PEARSE, S. J. *et al.* Carboxylate composition of root exudates does not relate consistently to a crop species ability to use phosphorus from aluminium, iron or calcium phosphate sources. **New Phytologist**, [s.l.], v. 173, p. 181–190, 2007.

PEREZ, M. J.; SMYTH, T. J.; ISRAEL, D. W. Comparative effects of two forage species on rhizosphere acidification and solubilization of phosphate rocks of different reactivity. **Journal of Plant Nutrition**, [s.l.], v. 30, p.1421–1439, 2007.

PETERNELLI, M. **Características morfológicas e estruturais do capim-Braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) sob intensidades de pastejo**. 2003. 79 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Qualidade e Produtividade Animal) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, São Paulo, 2003.

PONTES, L. da S. **Dinâmica de crescimento em pastagens de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejadas em diferentes alturas**. 2001. 102 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PROCHNOW, L. I. *et al.* Greenhouse Evaluation of Phosphorus Sources Produced from a Low-Reactive Brazilian Phosphate Rock. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 3, p. 761-768, May/June 2004.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronomia Ceres: POTAFOS, 1991. 343p.

RAMIREZ, R.; FERNANDEZ, S. M.; LIZASO, J. I. Changes of pH and available phosphorus and calcium in rhizosphere of aluminum-tolerant maize germplasm with phosphate rock. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s.l.], v. 32, p. 1551–1565, 2001.

RENVOIZE S. A.; CLAYTON W. D.; KABUYE C. H. S. Morphology, Taxonomy and Natural Distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: MILES, J. W., MAASS, B. L. E VALLE, C. B. D.O (Eds.). **Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement**. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1996. p. 1-15. (CIAT Publication N° 259)

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 151-160, 2001.

ROBINSON, J. S.; SYERS, J. K. A critical evaluation of the factors influencing the dissolution of Gafsa phosphate rock. **Journal of Soil Science**, [s.l.], v. 41, p. 597–605, 1990.

ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 448-455, 1998.

ROSSI, C.; MONTEIRO, F. A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins Braquiária e colônia. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p.1101-1110, 1999.

SANCHEZ, P. A.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J. (Eds.) **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 471-514.

SANTOS, L. C. *et al.* Número de perfilhos e número de folhas por perfilhos de braquiarias submetidas a diferentes adubações. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 221-226, 2009.

SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Característica morfogênica e taxa de acúmulo de forragem do capim mombaça submetido a três intervalos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, n. 4, p. 843-851, 2004.

SANYAL, S. K.; DATTA, S. K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advanced Soil Science**, Armidale, v. 16, p. 102-120, 1991.

SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E.; GOEDERT, W. J. Efeito residual da calagem e de fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 233-243, 1987.

SANZONOWICZ, C.; GOEDERT, W. J. **Uso de fosfatos naturais em pastagens**. Planaltina-DF: Embrapa-CPAC, 1986. 33 p. (Embrapa-CPAC. Circular técnica, 21).

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In:

MATTOS, W. R. S. *et al.* (Eds.) **A Produção Animal na Visão dos Brasileiros**. Piracicaba-SP: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 731-754

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.

SOARES FILHO, C. V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1994. p. 25-48.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004a. p. 157-200.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004b. 416 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.) **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2 ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 147-168.

SOUSA, D. M. G.; VOLKWEISS, S. J. Efeito residual do superfosfato triplo aplicado em pó e em grânulos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 11, p. 141-146, 1987a.

SOUZA, J. A.; CURI, N.; GUEDES, G. A. A. Relação entre mineralogia e adsorção de fósforo em alguns latossolos sob cerrado do planalto central. **Ciência e Prática**, Brasília, DF, v. 15, p. 103-111, 1991.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TROLOVE, S. N. *et al.* Progress in selected areas of rhizosphere research on P acquisition. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 41, p. 471-479, 2003.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1984. 49 p. (Boletim Técnico 18).

WERNER, J. C.; HAAG, H. P. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 29, n. 1, p. 191-245, 1972.

WILHELM, W. W.; McMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

ZOYSA, A. K. N.; LOGANATHAN, P.; HEDLEY, M. J. Effect of forms of nitrogen supply on mobilization of phosphorus from a phosphate rock and acidification in the rhizosphere of tea. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 36, p. 373–387, 1998.

ZOYSA, A. K. N.; LOGANATHAN, P.; HEDLEY, M. J. A technique for studying rhizosphere processes in tree crops: soil phosphorus depletion around camellia (*Camellia japonica* L.) roots. **Plant and Soil**, [s.l.], v. 190, p. 253–265, 1997.