

EDUARDO EUSTÁQUIO MESQUITA

INTRODUÇÃO DE *Brachiaria decumbens* E *Stylosanthes guianensis* EM
SOLO DE BAIXA FERTILIDADE SOB PASTAGEM NATURAL, NA REGIÃO DE
VIÇOSA – MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2000

Aos meus pais Antônio Mesquita (“in memoriam”) e Maria Custódia Mesquita.

Aos meus filhos Leonardo Pereira Mesquita e Luciana Pereira Mesquita.

À minha esposa Maria do Carmo Pereira Mesquita.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela criação de tudo, pela vida, pela fé e pela perseverança.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Dr. Dilermando Miranda da Fonseca, pela orientação, pelo apoio, pela amizade, pela dedicação e pelo empenho na realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Domicio do Nascimento Júnior, Dr. Odilon Gomes Pereira, Dr. José Cardoso Pinto e Dr. Victor Hugo Alvarez Venegas, pelas sugestões apresentadas e contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao Engenheiro-Agrônomo Rodrigo de Oliveira Lima, da Solos e Nutrição de Plantas Consultoria pelo fornecimento das sementes de estilosantes.

Aos professores Dr. José Alberto Gomide, Dr. Reinaldo Bertola Cantarutti, Dr. Rasmô Garcia e Dr. Igor M.E.V.von Tiesenhausen, pelas sugestões na fase do planejamento da pesquisa.

Aos amigos Aléx, Luciano, Elcivan, Rogério, Sérgio, Ana Paula, Kátia e Camila, pela colaboração nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos amigos Marco Antônio, Jaime, Jorge Mattos, Karina, Domingos Paciullo, Carlos Augusto e Helder, pela amizade e pelo companheirismo.

Ao funcionário Carlos, do Departamento de Solos, pela ajuda nas análises de laboratório.

À minha família, Maria do Carmo, Leonardo e Luciana, pelo carinho, incentivo e pela compreensão.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia.

A todos que colaboraram de uma forma ou de outra.

BIOGRAFIA

EDUARDO EUSTÁQUIO MESQUITA, filho de Antônio Mesquita e Maria Custódia Mesquita, nasceu em Lavras, Minas Gerais, em 30 de abril de 1962.

Em dezembro de 1983, graduou-se em Agronomia pela antiga Escola Superior de Agricultura de Lavras, hoje Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais.

Exerceu o cargo de Engenheiro-Agrônomo na empresa Agropecuária Silva Ltda, no período de abril de 1984 a outubro de 1985.

Exerceu o cargo de gerente e extensionista na empresa LPC–Indústrias Alimentícias S/A, de fevereiro de 1987 a dezembro de 1992.

Cursou o curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Forragicultura e Pastagem, na UFLA, de agosto de 1993 a julho de 1996.

Em setembro de 1996, ingressou no programa de Doutorado em Zootecnia, na área de Forragicultura e Pastagem, nesta Universidade.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Considerações sobre o estabelecimento de gramíneas e leguminosas.....	3
2.2. Considerações sobre calcário, fósforo e gesso no estabelecimento de gramíneas e leguminosas.....	7
2.3. Influência da aplicação de calcário, gesso e fósforo na composição química do solo sob pastagem de gramíneas e leguminosas forrageiras.....	12
2.4. Influência da aplicação de calcário, calcário mais gesso e fósforo na produção de MS e nos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na MS de espécies forrageiras.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Local.....	22
3.2. Dados climáticos.....	23
3.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	25
3.4. Instalação e condução do experimento.....	27
3.4.1. Preparo, adubação e correção do solo.....	27

3.4.2. Semeadura.....	27
3.5. Análises químicas, avaliações e determinações.....	28
3.5.1. Amostras de solo.....	28
3.5.2. Determinação da altura de plantas e da densidade de perfilhos.....	29
3.5.3. Rendimento de MS e valor nutritivo das espécies introduzidas.....	29
3.6. Análise estatística.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1. Propriedades químicas do solo.....	31
4.2. Produção de MS das espécies forrageiras.....	43
4.3. Teores de P, S, Ca, Mg e K na MS das espécies forrageiras....	50
4.4. Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS).....	64
4.5. Influência dos métodos de estabelecimento das espécies forrageiras sobre as características químicas do solo.....	73
4.6. Influências dos métodos de estabelecimento sobre a produção de MS e o valor nutritivo das espécies forrageiras.....	75
4.7. Produção total de MS das espécies forrageiras.....	80
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

RESUMO

MESQUITA, Eduardo Eustáquio, D.S. Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2000. **Introdução de *Brachiaria decumbens* e *Stylosanthes guianensis* em solo de baixa fertilidade sob pastagem natural, na Região de Viçosa (MG)**. Orientador: Dilermando Miranda da Fonseca. Conselheiros: Domicio do Nascimento Júnior e Odilon Gomes Pereira.

Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de P_2O_5 (50, 100, 150, 200 e 250 kg/ha), calcário dolomítico (1.175, 2.350, 3.525 e 4.700 kg/ha, referentes a 25, 50, 75 e 100% da necessidade de calagem), gesso agrícola (0, 230, 940, 1.880 e 2.820 kg/ha, referentes à substituição de 0; 3,0; 12,5; 25,0; e 37,5% do CaO do calcário, na dose de 100% da NC) e métodos de estabelecimento (Apenas sulcamento: 1,0 m entre linhas; 1,5 m entre linhas, em dezembro/1996; 1,5 m entre linhas em duas etapas, em dezembro/1996 e novembro/1997; 1,0 m entre linhas em três etapas, em dezembro/1996, novembro/1997 e novembro/1998. Aração e gradeação: 1,0 m entre linhas, em novembro/1997) sobre o pH do solo, P disponível, K disponível, Ca e Mg trocáveis, Al trocável, H + Al, S disponível, a soma de bases (SB), a CTC efetiva (t) e a pH 7,0 (T), o índice de saturação por bases (V) e por alumínio (m), a produção de matéria seca (MS), o valor nutritivo e a porcentagem de leguminosa no consórcio de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk com *Stylosantes guianensis* var. vulgaris cv. Mineirão. O delineamento

experimental foi em blocos casualizados, com três repetições. As doses crescentes de P_2O_5 provocaram aumentos nos teores de P (Mehlich-1) na camada de 0-15 cm do perfil do solo, atingindo 52,2 mg/dm³; na produção de (MS) (máximo de 2.962 kg/ha); na densidade de perfilhos; na altura de plantas; no teor de proteína bruta (PB); na digestibilidade *in vitro* da MS; e no teor de Mg, provocaram reduções nos teores de P, K, S e FDN na MS da braquiária e, também, reduziram a produção de MS, a porcentagem da leguminosa e os teores de Mg, P e S na MS do estilosantes. As doses crescentes de calcário reduziram os teores de Al trocável e elevaram os teores de Ca trocável, na camada de 0-15 cm, com produção de MS e teor de PB na braquiária, atingindo, respectivamente, 3.148 kg/ha e 7,5 dag/kg. As substituições crescentes do CaO do calcário pelo CaO do gesso elevaram os teores de S disponível e alumínio trocável no solo, na camada de 0-15 e 15-30 cm, reduziram os teores de Ca e Mg trocáveis na camada de 0-15 cm, os teores de P, Ca e S na gramínea e os teores de Ca, K e S na leguminosa e elevaram a porcentagem de leguminosa (de 13,4 para 20,3%) no consórcio. O gesso também melhorou o valor nutritivo da gramínea, reduzindo os teores de FDN e aumentando os de PB. O método de estabelecimento em duas etapas, com sulcos espaçados de 1,5 m, propiciou maiores teores de P e K disponíveis no solo e maior produção de MS da braquiária, igualando-se ao método com aração e gradeação, e também possibilitou a obtenção de forragem de melhor valor nutritivo. Sugere-se a semeadura em linhas espaçadas de 1,5 m e aplicações de 1.800 kg/ha de calcário dolomítico (38% da NC), 2.880 kg/ha de gesso agrícola (37,5% do CaO do calcário) e 50 kg/ha de P_2O_5 como a melhor combinação para aumentar a porcentagem de estilosantes no consórcio e o valor nutritivo das espécies introduzidas.

ABSTRACT

MESQUITA, Eduardo Eustáquio, D.S. Universidade Federal de Viçosa, November 2000. **Introduction of *Brachiaria decumbens* and *Stylosanthes guianensis* under low soil fertility on natural pasture in the Viçosa region (MG).** Adviser: Dilermando Miranda da Fonseca. Committee members: Domicio do Nascimento Júnior and Odilon Gomes Pereira.

The P₂O₅ doses (50, 100, 150, 200 e 250 kg/ha), dolomitic limestone (1,175, 2,350, 3,525 and 4,700 kg/ha), gypsum (0, 230, 940, 1,880 and 2,820 kg/ha) and establishment methods (Only furrow: in row 1.0 m apart; 1.5 m apart; 1.5 m apart in two time; 1,0 m apart in three time. Plowing and horrowing: row 1.0 m apart) on the soil pH, available P, available K, exchangeable Ca, Mg and Al, H + Al, available S, sum of bases, CEC, base saturation, aluminum saturation, dry matter (DM) production, nutritive value and legume percent in the *Brachiaria decumbens* and *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão mixed. An experimental randomized blocks design, with four replicates, was used. The P₂O₅ doses increased the available P (Mehlich-1) in soil from depth 0-15 cm, reaching 52,2 mg/dm³, DM production (maximum of 2,962 kg/ha), tiller density, height plant, crude protein (CP) percent, digestibility “in vitro” and Mg percent. The P₂O₅ doses decreased P, K, S and neutral detergent fiber (NDF) in the brachiaria and decreased DM production of brachiaria, legume percent and Mg, P and S percent in the DM of stylosanthes. The dolomitic limestone doses decreased exchangeable Al and exchangeable

Ca in soil from depth 0-15 cm, DM production and CP percent of brachiaria, reaching 3,148 kg/ha and 7.5 dag/kg, respectively. The substitution of CaO limestone by CaO gypsum increased available S, exchangeable Al in soil from depth 0-15 cm and 15-30 cm and decreased exchangeable Ca and Mg in soil from depth 0-15 cm, P, Ca and S percent in the grass, Ca, K and S percent in the legume and legume percent in the mixed. The gypsum decreasing NDF and increased CP percent with amelioration in the nutritive value. The establishment method divided in two time, with rows spaced of 1.5 m provided higher available P and K in soil, higher DM production of brachiaria being equal with plowing and horrowing than too, provided higher nutritive value. It is recommended the seedling in rows spaced of 1.5 m and applications of 1,800 kg/ha of dolomitic limestone, 2,880 kg/ha of gypsum and 50 kg/ha of P_2O_5 by increased legume percent and value nutritive of introduced species.

1. INTRODUÇÃO

As pastagens naturais da região da Zona da Mata mineira são caracterizadas por solos de baixa fertilidade natural com topografia acidentada, específicos arranjos de espécies (PACHECO et al., 1987) e predominância do capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) (SANTOS et al., 1998), espécie de maior participação na dieta dos animais (DIOGO et al., 1995). Essas características, aliadas ao super pastejo, proporcionam áreas de solo descoberto, permitindo a dominância de outras espécies de baixo valor nutritivo, especialmente capim-sapé (*Imperata brasiliensis* L.) e capim rabo-de-burro (*Andropogon bicornis* L.) (BAUER, 1998). Os riscos de erosão em áreas montanhosas são grandes com a introdução e a utilização de novas espécies forrageiras. Entretanto, esses riscos poderão ser diminuídos por meio de métodos de preparo do solo adequados, que permitam rápido estabelecimento e boa cobertura do solo, protegendo-o, assim, da erosão (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 1999).

As espécies forrageiras do gênero *Brachiaria*, apesar de bem adaptadas à região, exigem adubações nitrogenadas para o crescimento rápido e vigoroso. No entanto, a utilização de fontes minerais de N em pastagens é comumente questionada, em razão do custo e do sistema extensivo de exploração adotado na maioria dessas áreas. Uma alternativa viável para o fornecimento de N ao sistema solo-planta é o uso de gramíneas e leguminosas

forageiras tropicais consorciadas, adaptadas e, principalmente, competitivas; todavia, essa tecnologia ainda constitui um desafio para a pesquisa (CORREA, 2000).

O N fixado biologicamente, por intermédio da simbiose *Rhizobium X* leguminosa, contribuirá direta ou indiretamente na produção final, melhorando a qualidade da dieta dos animais ou a transferência de N para a gramínea associada. Em 1993, a Embrapa Cerrados e a Embrapa Gado de Corte lançaram o *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. var. *vulgaris* cv. Mineirão, que se apresentou promissor no consórcio com braquiárias, excelente adaptação aos solos ácidos, grande resistência ao pastejo e pisoteio, crescimento rápido e vigoroso e alta produção de MS, podendo fixar até 350 kg/ha.ano de N (EMBRAPA, 1993).

Reconhecidamente, o N é essencial para a manutenção da produção, entretanto, o fósforo (P) é o principal nutriente para o bom estabelecimento das pastagens em solos pobres, particularmente em consorciações de gramíneas e leguminosas. Porém, a aplicação desse nutriente sem um rigoroso critério poderá conduzir à dominância da gramínea sobre a leguminosa, comprometendo a fixação de N.

A disponibilidade de P, entre outros fatores, está relacionada principalmente ao pH do solo. Assim, a calagem, além da neutralização parcial do alumínio trocável, que em solução gera acidez, é a principal forma de fornecer bases ao solo, especialmente cálcio e magnésio.

Diante das dificuldades de aplicação e incorporação de calcário em profundidade em áreas declivosas, a aplicação conjunta de calcário e gesso no sulco de semeadura torna-se uma prática exeqüível, que poderá viabilizar o enriquecimento em bases das camadas mais profundas do perfil do solo.

Visando contribuir para a melhoria das pastagens naturais na região de Viçosa (MG), avaliaram-se os efeitos de doses de P, calcário e gesso e de métodos de estabelecimento, com o objetivo de se obter melhoria do ambiente radical das plantas, da produtividade e do valor nutritivo das espécies *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk e *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. var. *vugaris* cv. Mineirão introduzidas em sistema de consórcio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações sobre o estabelecimento de gramíneas e leguminosas

As gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* são as mais utilizadas na implantação de pastagens em substituição às espécies nativas (SOARES FILHO, 1994). Segundo ALCÂNTARA et al. (1993), estas gramíneas são indicadas para solos fortemente ondulados a montanhosos, moderadamente rasos com boa drenagem e proteção do solo contra a erosão.

A aplicação de fontes minerais de N em pastagens apresenta restrições em função do custo do insumo. O uso de leguminosas como fonte de N para as pastagens pode ser uma alternativa em áreas com baixo potencial de produção. Entretanto, o P é o principal nutriente que contribui para o estabelecimento de pastagens em solos pobres, particularmente em consorciações de gramíneas e leguminosas. De acordo com RAO et al. (1996), 50 kg/ha de P₂O₅ por ocasião da semeadura de *Brachiaria* sp. associada ao *Stylosanthes* sp. e outras leguminosas, em solos ácidos e de baixa fertilidade, foram suficientes para proporcionar aumento na produção da gramínea, quando comparado com a monocultura.

A baixa fertilidade natural dos solos tropicais exigiu a seleção de espécies e cultivares forrageiras com capacidade de adaptação ao ambiente. Assim, em 1993, o CPAC e o CNPGC lançaram o *Stylosanthes guianensis* var.

vulgaris cv. Mineirão, que é uma leguminosa perene, semi-ereta, possuindo caules grossos na base e pilosos no final das hastes. Apresenta folíolos lanceolados, medindo 2,0 a 2,5 cm de comprimento e 0,4 a 0,8 cm de largura com 5 a 7 pares de nervuras. A inflorescência é múltipla e capitada (roseta) e a semente, de cor escura e tamanho pequeno. Quando semeada em outubro-novembro, essa leguminosa floresce em maio-junho. Apresenta grande capacidade de consorciação com braquiárias, é altamente resistente à seca, tem excelente adaptação ao clima e aos solos ácidos e de baixa fertilidade dos cerrados, grande resistência ao pastejo e pisoteio em pastagens consorciadas ou exclusivas, teores de proteína bruta (PB) de 12 a 18 dag/kg e grande produção de MS, com alta retenção de folhas na estação seca do ano e com nodulação com estirpes nativas de *Rhizobium*, podendo fixar até 350 kg/ha.ano de N (EMBRAPA, 1993).

O N fixado biologicamente pelas leguminosas pode contribuir direta ou indiretamente na produção final, melhorando a qualidade da dieta animal ou na transferência de N para a gramínea associada. GONÇALVES e COSTA (1994) estimaram o N fixado pelo *Stylosanthes guianensis* cv. Cook em 109 kg/ha.ano e constataram que 2,8 kg/ha.ano de N seriam efetivamente transferidos para a *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick em associação. CADISCH et al. (1993) verificaram aumento de 67 a 117 kg/ha de N em pastagem de *Andropogon gayanus* Kunth com uma mistura de espécies de *Stylosanthes guianensis* var. *pauciflora* cv. Bandeirante, *S. macrocephala* cv. Pioneiro e *S. capitata*, quando comparado com o monocultivo da gramínea, após quatro anos sob pastejo.

Apesar dos benefícios, principalmente a substituição da adubação nitrogenada, advindos da associação gramínea/leguminosa, segundo ZIMMER et al. (1994), o estabelecimento de consorciações de braquiárias com leguminosas é pouco freqüente, em razão da alta eficiência na competitividade da gramínea, especialmente por luz. O trabalho de CRUZ e SINOQUET (1994) demonstrou que a presença da leguminosa (*Arachis pintoii* Krap. & Greg.) reduziu a interceptação de luz pela gramínea (*Digitaria decumbens* Stent. var. Pangola) em 13% na presença da adubação nitrogenada e em 28% na

ausência de adubação. Isto sugere que, na presença da adubação nitrogenada, a gramínea é mais competitiva.

Conforme já referido anteriormente, as pastagens da Zona da Mata de Minas Gerais, localizadas na sua maioria em áreas de relevo acidentado e de baixa fertilidade natural (PACHECO et al., 1987), têm como forrageira predominante o capim-gordura, que, apesar de bem adaptado e pouco exigente em nutrientes, apresenta baixo rendimento, podendo suportar sob pastejo contínuo cerca de 0,4 UA/ha.ano (TORRES et al., 1980). Nessas condições, poucas leguminosas têm mostrado potencial para consorciação com braquiárias, porém com algumas práticas de cultivo tem sido possível a consorciação com Desmódio, *Calopogonium mucunoides* Desv., e ainda tem-se mostrado promissor o *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* cv. Mineirão (ZIMMER et al., 1994).

Os métodos de estabelecimento de consórcios em áreas de pastagens naturais devem ser escolhidos em função do tipo de solo, da topografia e do clima, de modo a proporcionar adequada cobertura vegetal e proteção do solo. Para reduzir ou eliminar a competição da vegetação nativa, ZIMMER et al. (1994) destacaram várias práticas para o estabelecimento da pastagem: roçada, queima, pastejo pesado, aplicação de herbicidas, cultivo manual (covas), subsolagem, preparo com grade e abertura de sulcos. Em áreas declivosas que não se permite o trabalho com máquinas e implementos, a abertura de sulcos poderá ser feita com sulcadores tracionados por animais.

CONSENTINO e PEDREIRA (1991), em Nova Odessa, SP, obtiveram bom estabelecimento do consórcio de *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. cv. Guatá com *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha* (Hoechst ex. A. Rich) Stapf, quando as gramíneas foram semeadas 57 dias após as leguminosas. Nas semeaduras onde somente a leguminosa recebeu adubação (250 kg/ha de superfosfato simples e 200 kg/ha de KCl), no sulco de semeadura cerca de quatro meses após a implantação, a porcentagem de leguminosas foi superior a 77%, enquanto nas semeaduras simultâneas variou de 3 a 8% apenas. Os autores ainda sugerem a adoção de espaçamentos entre linhas mais amplos (acima de 0,40 m) para reduzir a concorrência precoce da gramínea. ZIMMER et al. (1994) recomendam, além da semeadura posterior da gramínea, a

semeadura em faixas ou linhas alternadas de gramínea e leguminosa, o que favoreceria o estabelecimento da leguminosa.

MICHALK et al. (1998) afirmam que, quanto mais intensivo o preparo do solo, melhor é o estabelecimento de gramíneas e leguminosas. Esses autores testaram o estabelecimento de *Stylosanthes guianensis* cv. Graham, *S. scabra* (Vog.) cv. Seca e *S. hamata* (L.) Taub. cv. Verano e das gramíneas *Cenchrus ciliaris* L. e *Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy sobresemeadas em pastagem nativa, sob diferentes modalidades de preparo de solo. A utilização de grade de discos propiciou maior densidade de plantas (8 plantas/m²) de estilosantes Verano do que a semeadura após a queima ou pastejo pesado (5 plantas/m²), fato que se traduziu em maior produção de MS da leguminosa. Ambas as gramíneas não se estabeleceram sem o preparo do solo, porém a produção de MS das gramíneas introduzidas foi superior a 2 t/ha com o uso da gradeação. Com o preparo mínimo do solo (apenas o pastejo pesado), a aplicação de 28 kg/ha de P, em solo de baixa fertilidade (<5 mg/dm³ de P-Bray), foi suficiente para o estabelecimento da leguminosa na pastagem, segundo os autores.

TEIXEIRA et al. (1997), ao avaliarem o estabelecimento de *Brachiaria brizantha* e *Andropogon gayanus* em pastagens naturais com relevo ondulado (15 cm/m de declive), na microrregião de Campos da Mantiqueira (MG), destacaram a importância do método em sulcos, provavelmente, devido à maior retenção de água, porém a escarificação da parcela com adubação e calagem foi superior onde a espécie introduzida apresentou participação de 12,5% na composição botânica, porém não foi suficiente para superar a produção de MS do método de estabelecimento em sulcos. Também em área de campo limpo, em Campo Grande (MS), foi possível o estabelecimento de *B. humidicola* em sulcos, mas o processo foi lento com a participação da gramínea de apenas 18% aos 18 meses, porém aos três anos chegou a 80% do total (EMBRAPA, 1988).

Uma das formas de se estabelecer consorciação, além do método em sulcos, é a semeadura em faixas com gramínea e leguminosa. Na Colômbia, em pastagens nativas, foram introduzidas faixas de 0,5 e 2,5 m de consorciação de *B. humidicola* e *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth., a

intervalo de 2 a 10 m, tendo após três anos a cobertura atingido 100% com as espécies introduzidas (CIAT, 1983, citado por BARCELOS e VILELA, 1994).

Um dos fatores importantes para o estabelecimento de espécies introduzidas é a eliminação da vegetação nativa. CRUZ FILHO et al. (1986), trabalhando com dois métodos de controle da vegetação nativa (queima e pastejo pesado) e quatro métodos de semeadura (faixas, sulcos, covas e a lanço) de *B. decumbens*, em área montanhosa da Zona da Mata de Minas Gerais, verificaram que o plantio em faixas alternadas ou sulcos preparados após o pastejo pesado proporcionou resultado semelhante ao da queima, além de preservar grande proporção do capim-gordura. Esses dois métodos de estabelecimento superaram as semeaduras a lanço e em covas na produção de MS.

A distribuição espacial das plantas na área está relacionada com os métodos de estabelecimento da cultura. A literatura relata que o arranjo adequado das plantas favorece o aproveitamento de água, luz e nutrientes pela cultura. As plantas forrageiras podem ser estabelecidas nas mais variadas densidades de semeadura. Segundo HUMPHREYS e RIVEROS (1986), elevadas densidades de plantas usualmente aumentam a produção total de forragem. Vários trabalhos (WORKER JÚNIOR., 1973; LIRA et al., 1976; KUMAR et al., 1981; JEFFERSON e KIELLY, 1998) têm demonstrado incrementos na produção de MS de gramíneas com a redução do espaçamento entre linhas, decorrente principalmente do aumento na densidade de plantas.

2.2. Considerações sobre calcário, fósforo e gesso no estabelecimento de gramíneas e leguminosas

Na recuperação de pastagens, as aplicações de calcário, P e N têm sido testadas com resultados positivos. Partindo-se do fato de que a quantidade de minerais disponíveis no solo é muito baixa, pode-se inferir que o crescimento inicial a partir do estabelecimento da planta forrageira implica na imobilização de grande parte desses minerais na forragem produzida (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 1994). Entretanto, no estabelecimento de consórcios, a adubação deve ser direcionada para as leguminosas, pois esta é

uma das formas de favorecer estas espécies, as quais são mais exigentes que as gramíneas (ZIMMER et al., 1994).

PERIN et al. (1996) testaram combinações de doses de P e calcário na produção de MS e porcentagem de cobertura vegetal de leguminosas herbáceas semeadas em um solo ácido com baixos teores de P. Esses autores verificaram que no primeiro ano, a espécie *Stylosanthes guianensis* apresentou crescimento lento, deixando áreas de solo descobertas; todavia, no segundo ano a cobertura vegetal foi de 83%. A adição de P teve efeito na velocidade de estabelecimento, ampliando a área de solo coberta e a altura das plantas; já a produção de MS elevou-se com a adição de P e calcário.

Os efeitos da adubação fosfatada sobre uma consorciação de *Brachiaria humidicola* com *Stylosanthes guianensis* cv. Cook, *Pueraria phaseoloides* e *Centrosema pusbecens* Benth., foram observados por COSTA et al. (1996), sendo as doses de máxima eficiência técnica estimadas em 111,5; 127,9; e 120,82 kg/ha de P₂O₅, respectivamente, para os teores de PB da gramínea, das leguminosas e da mistura gramínea e leguminosa. Constataram, ainda, que a adubação fosfatada favoreceu a participação das leguminosas na consorciação, proporcionando uma composição botânica bastante satisfatória, sob o ponto de vista da nutrição animal.

GONÇALVES et al. (1997) constataram aumento na produção de MS das consorciações de várias gramíneas e leguminosas, entre elas *Stylosanthes guianensis* cv. Cook e *Brachiaria decumbens*, com a aplicação de 50 kg/ha de P₂O₅, porém não houve influência das doses de P₂O₅ no percentual de leguminosas nas misturas e nos teores de PB, Ca, P e fibra bruta das espécies estudadas. Com relação à porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), HENDRICKSEN et al. (1994), avaliando pastagem nativa consorciada com estilosantes, obtiveram menor teor de FDN (59,2%) com a aplicação da maior dose de P (124 kg/ha de P₂O₅). Contrariamente, em casa de vegetação, a aplicação de doses crescentes de P₂O₅ elevou o rendimento de MS e o teor de FDN da *Brachiaria brizantha* consorciada com *Arachis pintoi* (SANTOS et al., 1999).

A disponibilidade de P no solo aumenta com a correção da acidez do solo. Para determinadas espécies de *Stylosanthes*, que embora,

reconhecidamente, apresentem capacidade de extração de nutrientes ou adaptação aos solos pobres em Ca, Mg, P e ao pH baixo, no estabelecimento de consórcios há necessidade da aplicação criteriosa de P e corretivos para atender as necessidades nutricionais das plantas e dos animais. A aplicação de P, no estabelecimento de uma pastagem consorciada, pode promover alterações na preferência dos bovinos, levando a maior consumo da leguminosa, o que favorece gramíneas e invasoras e reduz a competição da leguminosa (GARDENER et al., 1993). JONES e BETTERIDGE (1994) constataram que bovinos sob pastejo, especialmente bezerros, tendem a selecionar plantas com maiores teores de P. Essa maior seletividade por plantas bem nutridas com P pode estar relacionada com aroma, textura ou composição da planta (RUSSELLE, 1997).

A aplicação de calcário e 26 kg/ha de P_2O_5 em pastagens consorciadas de *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes guianensis* não influenciou a produção total de forragem, em trabalhos desenvolvidos no cerrado (CIAT, 1982, citado por BARCELOS e VILELA, 1994), porém a participação da leguminosa aumentou de 15-20 para 60-65% na presença de calcário e, em doses mais elevadas de P, o efeito do calcário foi pouco evidente.

Para o estabelecimento de *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* cv. Mineirão, recomenda-se utilizar 30 kg/ha de enxofre (S), o que equivale a aproximadamente 200 kg/ha de gesso (EMBRAPA, 1993), além de micronutrientes e calcário em áreas de cerrado recém-desmatadas, sendo que para pastagens consorciadas a correção do solo e adubação deverão ser aplicadas em função da espécie mais exigente.

A influência de fontes de P, calcário e gesso em gramíneas foi estudada por FAQUIN et al. (1997). Esses autores constataram que o uso do gesso associado ao calcário elevou os teores de S na MS da parte aérea das plantas forrageiras, corrigindo sua deficiência, e que, independente das fontes de P e da calagem, os teores de P na parte aérea das gramíneas foram adequados ao crescimento, constatando-se diminuição dos teores com a sucessão dos cortes. Entretanto, no tratamento sem P, as quantidades de P, S, Ca e Mg acumuladas na parte aérea foram extremamente baixas, em função do reduzido crescimento das plantas, dada a deficiência de P. Como a

acumulação de um nutriente, de maneira geral, é mais dependente da quantidade de MS produzida que de seu teor no tecido vegetal, quantidades pequenas desses nutrientes acumuladas na parte aérea são justificáveis.

SANZONOWICZ et al. (1987) não encontraram efeito significativo da calagem, isoladamente, na produção de MS de *Brachiaria decumbens*; entretanto, a interação fontes de fósforo e doses de calcário foi altamente significativa. Na presença das fontes de P, a produção de MS elevou-se até a dose de 3,0 t/ha de calcário.

A aplicação de 100 kg/ha.ano de P em consorciações de gramíneas e leguminosas de clima temperado (*Lolium perenne* L. e *Trifolium repens* L.) aumentou em 10% a produção de MS, sendo que no primeiro ano a gramínea foi mais beneficiada que a leguminosa e, nos quatro anos subseqüentes, as duas espécies foram beneficiadas igualmente. Em resposta ao P, o tamanho de folha aumentou em ambas as espécies e a taxa de emergência de folha foi maior na gramínea. Os maiores comprimentos de hastes e número de pontos de crescimento/m² promoveram maior disseminação da leguminosa na pastagem (ACUÑA e WILMAN 1993).

Em pastagem consorciada de *Desmodium intortum* (Mill) Urb. com *Digitaria decumbens* Stent, na Austrália, a não aplicação de 250 kg/ha.ano de superfosfato simples causou a diminuição na porcentagem de leguminosa após três anos da última adubação, embora não ficasse claro qual nutriente provocou declínio no crescimento do desmódio. O S poderia estar associado à queda na produção da leguminosa, pois ocorreram sintomas de deficiência desse nutriente no tratamento sem superfosfato (JONES et al., 1984). Segundo estes autores, houve significativa queda no teor de P na planta e no solo, após três anos sem aplicação do adubo fosfatado.

Várias espécies de *Stylosanthes* sp. na Austrália (GILBERT e SHAW, 1980) e, no Brasil, *Stylosanthes guianensis*, *Galactia striata* Benth e *Calopogonium mucunoides* (XAVIER et al., 1993) não responderam à aplicação de P no ano de estabelecimento. No estudo de GILBERT e SHAW (1980), no segundo ano, houve aumento da produção de estilosantes na presença de P. Estes autores atribuíram à maior densidade de plantas a resposta da leguminosa no segundo ano. Segundo SHAW et al. (1994), em pastagens de

estilosantes mais novas (menos de duas estações de crescimento) a máxima produção de MS foi obtida com aplicações de 10 a 20 kg/ha de P e em pastagens mais velhas (acima de duas estações de crescimento), com a dose de 40 kg/ha de P.

Para XAVIER et al. (1993), a falta de resposta do *S. guianensis* ao P pode ser atribuída à ocorrência de micorrizas que influenciam a eficiência dessa planta no aproveitamento desse nutriente no solo. RAO et al. (1996) constataram respostas diferenciadas à aplicação de P sobre o crescimento da raiz e da parte aérea da braquiária e do estilosantes, para ambos os cultivos, em associação ou monocultura. A gramínea respondeu mais à aplicação de P do que a leguminosa, produzindo mais biomassa de raiz e parte aérea. Os autores concluíram que o maior crescimento da gramínea em consorciação, quando comparado com a monocultura, na dose de 50 kg/ha de P, poderia resultar numa menor competição da leguminosa.

McIVOR (1984) estudou os requerimentos de P por gramíneas e leguminosas nativas e introduzidas na Austrália. O autor verificou que o *Stylosanthes* sp. foi o que menos respondeu à aplicação de P e todas as gramíneas estudadas tiveram alto requerimento em P, sendo o aumento na produção das gramíneas, na presença de P, devido principalmente ao maior número de perfilhos e às menores taxas de aparecimento de folhas e tamanho de folhas. O autor sugeriu ainda que, das espécies com baixo requerimento de P como as do gênero *Stylosanthes*, espera-se dominância destas em solos com baixos teores de P. Esse fato ocorreu em pastagens de *Stylosanthes hamata* consorciadas com *Urochloa mosambicensis*, na Austrália, onde nas parcelas que não receberam superfosfatos houve dominância do *Stylosanthes*, segundo o autor. Analisando dados da literatura, ANDRADE e KARIA (2000) relatam que a exigência de *S. guianensis* cv. Mineirão ao P é bastante inferior à de *Calopogonium mucunoides* e a produção de forragem do *S. guianensis* aumentou com as doses crescentes de P até a dose de 100 kg/ha.

2.3. Influência da aplicação de calcário, gesso e fósforo na composição química do solo sob pastagem de gramíneas e leguminosas forrageiras

A maioria dos solos sob pastagem na Zona da Mata de Minas Gerais apresenta baixos teores de P e elevada acidez. Porém, a aplicação de calcário e fósforo é freqüentemente contestada, em razão dos altos custos desses insumos e da dificuldade de incorporação do calcário em áreas declivosas. Assim, o uso do gesso agrícola pode constituir-se em uma importante prática para carrear nutrientes da superfície para a subsuperfície do solo, melhorando o ambiente radical das plantas.

O gesso agrícola é o sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), obtido como subproduto industrial. É um sal pouco solúvel em soluções aquosas (2,5 g/L), mas pode atuar sobre a força iônica do solo, de maneira que haja contínua liberação do sal para a solução por longos períodos de tempo. Essa característica, aliada aos teores de Ca (17 a 20 dag/kg), S (14 a 17 dag/kg), P_2O_5 (0,6 a 0,75 dag/kg), F (0,6 a 0,7 dag/kg) e Mg (0,12 dag/kg) e à presença de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, Ni) e de outros elementos (Co, Na, Al, As, Ti, Sb, Cd), permite que o gesso agrícola possa ser utilizado na agricultura como fonte de Ca e S e na correção de camadas subsuperficiais com altos teores de Al^{3+} e, ou, baixos teores de Ca^{2+} , com o objetivo de melhorar o ambiente radical das plantas (ALVAREZ V. et al., 1999).

O gesso agrícola, como sal neutro, não corrige a acidez ativa do solo como o calcário; seu efeito principal é aumentar o suprimento de Ca^{2+} e diminuir o Al^{3+} trocável, que na solução do solo gera acidez. Embora as alterações do pH do solo, com a aplicação do gesso, dependam do balanço entre H^+ produzidos pela hidrólise do Al^{3+} , com íons OH^- substituídos pelo SO_4^{2-} , elas não têm sido substanciais, conforme muitos trabalhos desenvolvidos no Brasil (COUTO et al., 1979; PAVAN et al., 1982; ALVES e LOPES, 1984; PAVAN et al., 1984).

De acordo com ALVAREZ V. et al. (1999), a correção da acidez do solo e das deficiências de Ca e Mg da camada arável realizam-se pela incorporação de calcário, cuja quantidade é recomendada com base na determinação da necessidade de calagem (NC), pelo método do Al^{3+} e do $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ou pelo

método de saturação por bases. A melhoria do ambiente radical das camadas abaixo da arável, quando necessária, efetua-se incorporando gesso na camada arável, na dose de 25% da NC da camada subsuperficial onde se quer melhorar o ambiente radical. Enfim, a aplicação de gesso, sempre que possível, deve ser feita juntamente com calcário magnesiano ou dolomítico, Segundo WANG et al. (1999), a incorporação do calcário em pastagens, abaixo da camada arável, é recomendada pois reduz os teores de Al^{3+} e eleva os teores de Ca^{2+} nas camadas subsuperficiais. Por outro lado, a aplicação superficial de calcário, sem a devida incorporação, pode elevar o pH e também produzir indesejável desbalanço nutricional para as plantas forrageiras e os animais, devido ao acúmulo de nutrientes na superfície do solo. Esses autores constataram que, em colunas de solo alofânico, com predominância de óxidos de Fe e Al, o calcário (adicionado na dose de 5 t/ha de $CaCO_3$) aumentou o pH somente na camada superficial (0-10 cm), não tendo efeito na camada subsuperficial (20-30 cm). Porém, o gesso (adicionado na dose de 5,5 $cmol_c/dm^3$ de SO_4^{2-}) elevou o pH tanto na camada de 0-10 cm quanto na camada de 20-30 cm. O efeito do gesso sobre o aumento do pH no solo deve-se, provavelmente, ao deslocamento de OH^- pelo SO_4^{2-} das superfícies dos óxidos e posterior hidrólise do Al^{3+} em solução. Além disso, a aplicação de gesso aumentou os teores de S e Ca trocável e propiciou o enriquecimento em Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ na camada de 20-30 cm.

De fato, outros trabalhos têm demonstrado a ocorrência de movimentação de Ca em profundidade, decréscimos nos teores de Al^{3+} (SILVA et al., 1998; SMITH et al., 1994) e alterações no pH do solo (RECHCIGL e MISLEVY, 1997; BLACK e CAMERON, 1984) frente às aplicações de gesso. RECHCIGL e MISLEVY (1997) trabalharam com o gênero *Cynodon* em solo arenoso, testando doses de calcário e gesso incorporados na camada de 0 a 10 cm. Esses autores verificaram que, na camada de 0 a 15 cm, as doses crescentes de calcário elevaram e reduziram, respectivamente, de forma linear o pH e os teores de Al trocável. Ao contrário do efeito do calcário, as doses crescentes de gesso provocaram decréscimos lineares no pH do solo amostrado na camada de 0 a 15 cm. A adição de gesso aumentou a concentração de sais na superfície, especialmente de Ca, proporcionando o

abaixamento do pH. Sem a aplicação de gesso, o solo apresentou teor de Ca^{2+} de $0,53 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ e pH de 4,6. Já na dose de 2.240 kg/ha de gesso, o teor de Ca^{2+} elevou-se para $0,9 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ e o pH reduziu-se para 4,0 e, na dose de 4.480 kg/ha , o teor de Ca^{2+} foi de $1,9 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ e o pH 3,9. Portanto, para evitar a salinização e redução do pH do solo, há a necessidade de se definirem doses adequadas de gesso para cada tipo de solo e espécie. BLACK e CAMERON (1984) examinaram em uma pastagem de alfafa (*Medicago sativa* cv. Rere), estabelecida em um solo argiloso com pH de 5,4, a influência da aplicação de calcário e gesso no horizonte A (0-10 cm) e no horizonte B (25-50 cm). O calcário elevou o pH de 5,4 para 5,7 e reduziu os teores de Al^{3+} , enquanto o gesso causou significativo decréscimo no pH (de 5,4 para 4,74), quando comparado com o calcário, provavelmente devido ao acúmulo de sais. Segundo os autores, este fato tem consistência, pois, após a lixiviação dos sais, o pH do solo que recebeu gesso elevou-se de 4,74 para 4,90.

Diante do exposto, fica evidente que a aplicação de gesso não substitui a calagem e a combinação das duas práticas; obviamente, em proporções adequadas, pode contribuir para a melhoria das características químicas das camadas superficiais (0-20) e subsuperficiais (>20 cm) do solo. Na Austrália, em pastagem naturalizada sobressemeada com leguminosa, sobre solo semelhante aos encontrados nas pastagens naturalizadas da Zona da Mata de Minas Gerais, com altos teores de Al e Mn e baixos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , SMITH et al. (1994) estudaram a influência da aplicação de calcário, gesso puro e gesso agrícola em combinações sobre as principais características químicas do solo na camada de 0 a 30 cm de profundidade. A aplicação de 2.500 kg/ha de calcário elevou o pH e as aplicações de 2.500 kg/ha de gesso puro e gesso agrícola isoladamente não tiveram efeito sobre o pH do solo na camada de 0 a 5 cm, porém as combinações gesso puro (2.500 kg/ha) mais calcário (2.500 kg/ha) e gesso agrícola mais calcário elevaram o pH do solo na camada de 5 a 10 cm. Os autores constataram que a aplicação de gesso agrícola aumentou os teores de flúor na camada de 0-5 cm, o que ocasionou o aumento do pH, devido à complexação parcial do Al^{3+} em solução. Verificou-se ainda que o pH do solo (camada de 5-10 e 10-15 cm) foi 0,2 unidade menor nos tratamentos com gesso puro, quando comparado com a testemunha, fato

condizente com outros trabalhos (BLACK e CAMERON, 1984; RECHCIGL et al., 1993). O pH menor deve-se à aplicação de Ca sob a forma solúvel que desloca Al^{3+} e H^+ do complexo de troca para a solução, reduzindo o pH da solução. Já no trabalho de WANG et al. (1999), a aplicação de gesso elevou o pH, o que foi atribuído ao deslocamento de OH^- pelo SO_4^{2-} .

A aplicação de calcário associado ao gesso agrícola em pastagens, além do condicionamento do solo pela alteração no seu pH, pode elevar os teores de cátions trocáveis no solo, dependendo de uma relação $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ adequada. SILVA et al. (1998) trabalharam com Latossolo Vermelho-Amarelo com baixo teor de Ca, avaliando-se o efeito de diferentes proporções $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ e constataram que o aumento na proporção $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ reduziu os teores de Ca^{2+} nas camadas de 0-10 e 10-20 cm e elevou nas camadas de 20-30 e 30-40 cm. A substituição de 75% do CaCO_3 pelo CaSO_4 aumentou o Ca^{2+} em 0,30 e 0,68 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ nas respectivas camadas de 20-30 e 30-40 cm. Observaram-se também tendência de movimentação de Mg^{2+} em profundidade com o aumento de CaSO_4 na mistura, o que contrasta com o trabalho de SMITH et al. (1994), no qual a aplicação de gesso mais calcário dolomítico em igual proporção não propiciou movimentação de Mg^{2+} abaixo da camada de 0-5 cm. SILVA et al. (1998) relatam que não houve lixiviação de K^+ ; segundo os autores, a ausência de lixiviação de K pode ser atribuída à prática de adubação potássica em cobertura, inclusive parcelada, o que pode ser útil para minimizar as suas perdas, quando se utiliza gesso no campo.

O gesso associado ao calcário comprovadamente pode aumentar os teores de nutrientes nas camadas superficiais e subsuperficiais, embora, segundo CARVALHO et al. (1992), a aplicação de calcário isoladamente possa causar a movimentação de íons no perfil do solo. Esse fenômeno é de difícil previsão, pois depende de vários fatores, como granulometria do corretivo, quantidade de água percolada, teores iniciais de Ca e Mg no solo e quantidade e natureza dos fertilizantes utilizados. Esses autores observaram que a aplicação superficial de calcário dolomítico sem incorporação, em pastagem já formada de *Brachiaria decumbens*, proporcionou aumento nos teores de Ca e Mg trocáveis até a profundidade de 15 cm. Por outro lado,

QUAGGIO et al. (1993) verificaram aumentos consideráveis nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} até a profundidade de 60 cm, com a incorporação de calcário dolomítico, finamente moído (PRNT=104%) na camada de 0-26 cm. Outros trabalhos, em solos ácidos sob várias espécies forrageiras, em casa de vegetação (PAULINO et al., 1994; PASSOS, 1994; CARRIEL et al., 1995; XAVIER et al., 1997) e no campo (LEITE et al., 1996; GÓIS et al., 1997; CARVALHO et al., 2000) têm demonstrado a elevação de bases no solo submetido a doses crescentes de calcário dolomítico. Entretanto, a incorporação do corretivo é importante para aumentar a reatividade do calcário e elevar os teores de bases no solo. GÓIS et al. (1997), em pastagem de *Arachis pintoii* sobre Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado, observaram baixa reatividade do calcário, não atingindo a saturação por base esperada. Os autores atribuíram este fato, em parte, à baixa reatividade do calcário resultante da falta de revolvimento do solo após o estabelecimento da planta forrageira, contrastando com a crença de que em pastagens já formadas a aplicação de calcário deve ser em cobertura, sem incorporação (CARVALHO et al., 1992). OLIVEIRA et al. (1999), em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*, aplicaram doses de calcário com três diferentes porcentagens de PRNT e observaram que a incorporação do calcário, por meio de grades, provocou decréscimo na produção de raízes na camada de 0-30 cm, quando comparada com a aplicação em cobertura sem incorporação. O uso de calcário finamente moído pode constituir-se em alternativa para aplicações em cobertura sem a devida incorporação. CARVALHO et al. (2000) trabalharam em uma pastagem de capim-gordura naturalizada estabelecida em Latossolo Vermelho-Amarelo na Zona da Mata de Minas Gerais e observaram que as doses crescentes de calcário dolomítico calcinado, aplicadas em cobertura, após 33 meses, elevaram linearmente o pH e os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e quadraticamente elevaram e reduziram, respectivamente, a porcentagem de saturação por bases e o teor de Al^{3+} no solo.

A calagem aumenta a disponibilidade de P em solos ácidos por neutralizar parte do Al. Assim, a adubação com fontes solúveis de P em solos devidamente corrigidos contribui para elevar os teores de P disponível. COUTO et al. (1998) enfatizam que, em solos argilosos, para se obter rendimento

máximo de espécies forrageiras com alto potencial de produção, além de teores adequados de N, K, Ca e Mg no solo, recomenda-se utilizar fontes solúveis de P. Em solos com 42% de argila e médio teor de matéria orgânica (3,7 dag/kg), PASSOS et al. (1997) verificaram que a aplicação de superfosfato triplo (200 mg/dm³ de P), na presença de calagem, para elevar a saturação por bases (V) a 50%, incrementou de 1,1 para 34,5 mg/dm³ os teores de P no solo após sua incubação por 120 dias. Outros trabalhos, com gramíneas e leguminosas, em condições de campo, têm demonstrado a elevação dos teores de P no solo com a aplicação de fontes solúveis de P (JONES et al., 1984; SANZONOWICZ et al., 1987; MEARS et al., 1993; PAULINO et al., 1994; LEITE et al., 1996; McCARTNEY et al., 1998; EUCLIDES et al., 1998).

Nos consórcios de gramíneas e leguminosas, as adubações devem direcionar-se para estas últimas, pois esta é uma das maneiras de favorecer a leguminosa, a qual geralmente é mais exigente que a gramínea (ZIMMER et al., 1994). Portanto, há necessidade de se determinarem, para cada tipo de solo e espécie, os teores adequados de nutrientes no solo e na planta, para que se racionalizem as adubações, especialmente com P no estabelecimento de espécies forrageiras consorciadas. SCHUNKE et al. (1990) determinaram os níveis críticos de P no solo de 4,7 e 7,3 mg/dm³ (P-Mehlich-1) para o estabelecimento de *Calopogonium mucunoides*, respectivamente, em um Latossolo Roxo (>50 % argila) e um Latossolo Vermelho-Escuro, textura média. Essa mesma espécie consorciada com *Brachiaria decumbens* foi objeto de estudo de EUCLIDES et al. (1998). Nesse trabalho, por ocasião do estabelecimento do consórcio, em razão dos baixos teores de P disponível, 2,1 mg/dm³, realizou-se a aplicação de 45 kg/ha de P₂O₅ no estabelecimento, o que elevou os teores de P de 2,1 para 3,5 mg/dm³ no ano seguinte à implantação. Observa-se que, mesmo com a aplicação de P, os teores deste ficaram abaixo daqueles determinados como críticos, 4,7 mg/dm³ (SCHUNKE et al. 1990), para o estabelecimento da leguminosa em estudo. Na Austrália, JONES et al. (1984) avaliaram os efeitos da aplicação de P, durante nove anos, em uma pastagem consorciada de *Desmodium intortum* e *Digitaria decumbens*. A aplicação anual de 250 kg/ha de superfosfato simples foi suficiente para manter constante os teores de P disponível (~ 50 mg/dm³)

durante a avaliação. Já nas parcelas que não receberam o fertilizante, os teores de P reduziram de 49 para 25 mg/dm³ em três anos. O superfosfato simples proporcionou alterações nos teores de S-SO₄² disponível no solo, aumentando-os de 4,8 para 5,3; 5,6 para 7,3 e 32,8 para 51,0 mg/dm³, nas respectivas camadas de 0-10, 10-20 e 40-60 cm, mas não alterou os teores de K, Ca e Mg no solo.

2.4. Influência da aplicação de calcário, calcário mais gesso e fósforo na produção de MS e nos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na MS de espécies forrageiras

A baixa produção de espécies forrageiras, bem como os reduzidos teores de nutrientes na composição química da forragem, influencia diretamente o rendimento do animal sob pastejo e o problema torna-se ainda mais grave quando se estabelecem pastagens de gramíneas e leguminosas tropicais em consórcio, pois tais espécies são fisiologicamente bastante distintas.

A aplicação de calcário, gesso e P no estabelecimento de espécies forrageiras promove aumento na produção de MS e, conseqüentemente, redução nos teores de fósforo (P) da parte aérea, fato que se explica, em parte, pela diluição do P no material vegetal (PASSOS et al., 1997). FAQUIN et al. (1997) observaram, em um Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una (LU), que a aplicação de superfosfato triplo (ST), na presença de calcário e gesso, elevou a produção de MS e reduziu os teores de P na parte aérea do braquiário, o que foi atribuído à diluição de P no material vegetal. Entretanto, no tratamento sem P, os teores de P, S, Ca e Mg foram extremamente baixos em função do reduzido crescimento das plantas, dada a deficiência de P. Como a acumulação de um nutriente, de maneira geral, é mais dependente da quantidade de MS produzida que de seu teor no tecido vegetal, quantidades pequenas desses nutrientes acumuladas na parte aérea são justificáveis, segundo os autores. Nesse trabalho, notou-se que a fonte de P utilizada, ST, corrigiu a deficiência de enxofre (S). Segundo os autores, sob condições de campo, não se espera que o ST seja importante fonte de S, pois, nesse caso, as doses utilizadas são menores do que as utilizadas em vasos. A aplicação de

doses adequadas de P, calcário dolomítico e gesso agrícola no estabelecimento de pastagem tem por objetivo principal fornecer nutrientes para o crescimento inicial das plantas e, com isso, proporcionar o aumento da produção de MS e também manter teores adequados de minerais na MS, como P, S, Ca e Mg, respectivamente, dentro dos intervalos 0,17-0,31; 0,08-0,15; 0,17-0,48; e 0,05-0,25 dag/kg das exigências de bovinos de corte em pastejo (NOLLER et al., 1976).

ANDRADE e KARIA (2000) enfatizaram que o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão é pouco exigente em P, Ca e Mg. Assim, doses acima de 100 kg/ha de P_2O_5 e 0,58 a 2,1 t/ha de calcário não promoveram aumentos significativos na produção de MS dessa leguminosa. A baixa exigência do estilosantes em P é também confirmada por GONÇALVES et al. (1997). No consórcio de *Stylosanthes guianensis* cv. Cook consorciado com *B. decumbens* e *B. humidicola* em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média e de baixa fertilidade, esses autores verificaram que a aplicação de apenas 50 kg/ha de P_2O_5 proporcionou aumentos de 32,3% na produção de MS da forragem e 31,2 e 15,5 dag/kg nos teores de P na MS das gramíneas e leguminosas, respectivamente, quando comparado com as parcelas não adubadas. Porém, em solos ácidos, a prática da calagem favorece o aproveitamento do P. Em solo Areia Quartzosa, LEITE et al. (1996) estabeleceram um consórcio de green-panic (*Panicum maximum*) com galáxia (*Galactia striata*) em linhas alternadas de gramínea e leguminosa, e constataram que as doses crescentes de P_2O_5 (30, 80 e 130 kg/ha), na presença de calagem, elevaram e reduziram, respectivamente, no primeiro e segundo anos, de forma linear, a produção de MS da leguminosa. A calagem elevou os teores de Ca e Mg na MS da forragem, porém reduziu os teores de N, segundo os autores, pelo efeito de diluição proporcionado pela maior produção de MS da leguminosa. Já as doses crescentes de P_2O_5 , apesar de reduzirem as porcentagens de N na leguminosa, elevaram a produção de PB. Isso se explica pela maior produção de MS, pois a quantidade de PB acumulada depende mais da produção de MS do que dos teores de N nos tecidos. Sob as doses de P_2O_5 , os teores de P na gramínea elevaram-se quadraticamente na ausência de calagem, evidenciando, portanto, um ponto de máximo. Na presença de calagem, esses

teores ajustaram-se a uma regressão linear. As doses crescentes de P_2O_5 proporcionaram aumentos e reduções lineares nos respectivos teores de Ca e K na MS. Provavelmente, o aumento nos teores de Ca deve-se à presença deste na fonte de P utilizada e a redução no teor de K, ao efeito de diluição do mineral nos tecidos (JARREL e BERVELY, 1981). Enfim, os teores de Ca, Mg e K sempre estiveram adequados para bovinos em pastejo, independente das adubações. Somente na dose de 30 kg/ha de P_2O_5 os teores de P na MS da gramínea e leguminosa foram menores que 0,19 dag/kg, ou seja, abaixo do teor adequado para bovinos de leite em pastejo (NOLLER et al., 1996).

Quando se avaliam os efeitos da adubação fosfatada, sem irrigação, deve-se considerar a época de aplicação, pois a disponibilidade de P está diretamente relacionada com o teor de água no solo. Em pastagens nativas da Austrália, constituídas por gramíneas e leguminosas (*Stylosanthes scabra* cv. Seca), a adubação fosfatada promoveu maior crescimento das espécies forrageiras, resultando em maior produção de MS e maiores teores de P e N na MS, quando comparadas com as pastagens que não receberam P (HENDRICKSEN et al., 1994). Esses autores constataram que, na dose de 9 kg/ha de P, os maiores teores de P nas espécies forrageiras foram detectados no final do período chuvoso (0,13 dag/kg na folha da gramínea e 0,20 dag/kg na folha da leguminosa), quando comparado com o início da estação chuvosa (0,11 dag/kg na folha da gramínea e 0,12 dag/kg na folha da leguminosa).

Além do P, Ca, Mg e K, entre outros, o S é um elemento essencial no estabelecimento de consórcios de gramíneas e leguminosas. Reconhecidamente, o S é essencial, por fazer parte de quase toda a proteína da planta, pois é componente dos aminoácidos essenciais metionina, cistina e cisteína; além disso, estimula a nodulação e a fixação de N nas raízes das leguminosas. DELISTOIANOV et al. (1992) constataram que a aplicação de 90 kg/ha de P_2O_5 , sob diferentes fontes, mais 45 kg/ha de S sob a forma de gesso, em pastagem consorciada de capim-pangola (*Digitaria decumbens*), siratro (*Macroptillium atropurpureum* (DG) Urb), soja perene (*Neonotonia wightii* Lackey) e centrosema (*Centrosema pubescens* Benth), elevaram a produção de MS e os teores de P e S na gramínea e nas leguminosas. Além do

fornecimento de S, o gesso pode constituir-se em uma importante fonte de Ca para as espécies forrageiras. Segundo MONTEIRO e CARRIEL (1987), a aplicação de doses crescentes de S (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha) sob a forma de gesso elevou linearmente os teores de Ca na MS do capim-colonião e de forma quadrática, positiva e negativa, os respectivos teores de S e K na MS. Nota-se, portanto, que o gesso reduziu o teor de K na parte aérea da planta forrageira, provavelmente devido à lixiviação de K no solo, diminuindo, assim, a sua disponibilidade. É pertinente ressaltar que, quando se trabalha com plantas forrageiras submetidas a cortes, há grande remoção de nutrientes, especialmente o K, e sem o devido retorno dessas bases ao solo, pode levar à interpretação errônea de que o gesso provoca lixiviação de K.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O experimento foi conduzido em área declivosa e degradada de pastagem naturalizada pertencente ao setor de Eqüideocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, com a introdução de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* cv. Mineirão, no período de novembro de 1996 a maio de 1999.

Viçosa localiza-se na Zona da Mata mineira, à altitude de 651 m, a 20°45' de latitude sul e 42°51' de longitude oeste. As características químicas e físicas do solo amostrado na área experimental, em duas profundidades, classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, foram determinadas nos laboratórios do Departamento de Solos da UFV (Quadro 1).

Quadro 1 - Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho-Amarelo, coletado nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, na região de Viçosa, MG

Características	Profundidade (cm)	
	0-15	15-30
pH em água (1:2,5)	5,0	4,9
P (Mehlich-1) - mg/dm ³	3,8	1,0
K (Mehlich-1) - mg/dm ³	22,0	22,0
Ca ²⁺ (KCl 1 mol/L) - cmol _c /dm ³	0,6	0,3
Mg ²⁺ (KCl 1 mol/L) - cmol _c /dm ³	0,1	0,1
Al ³⁺ (KCl 1 mol/L) - cmol _c /dm ³	0,5	0,4
S-SO ₄ ²⁻ (Ca(H ₂ PO ₄) ₂ em HOAc) - mg/dm ³	18,0	19,0
H + Al (acetato de cálcio - 0,5 mol/L) - cmol _c /dm ³	4,0	3,6
Soma de Bases - cmol _c /dm ³	0,8	0,5
CTC efetiva - cmol _c /dm ³	1,3	0,9
T - cmol _c /dm ³	4,8	4,1
V (%)	17,0	12,0
m (%)	62,5	80,0
Areia (%)	29,0	26,0
Silte (%)	29,0	24,0
Argila (%)	42,0	50,0

3.2. Dados climáticos

O clima em Viçosa, pelo sistema de Köppen, é do tipo Cwa, com precipitação anual média em torno de 1.340 mm, umidade relativa do ar média de 80% e as temperaturas máxima e mínima de 22,1 e 15°C, respectivamente. Os dados climáticos de precipitação pluvial e temperaturas médias, máximas e mínimas mensais, ocorridas no período experimental, fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Temperaturas médias, máximas e mínimas e precipitação mensal, no período de janeiro de 1997 a dezembro de 1999

Meses	Temperaturas (°C)									Precipitação (mm)		
	Médias			Máximas			Mínimas			1997	1998	1999
	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999			
Janeiro	22,3	23,8	23,6	28,0	30,0	30,3	18,6	19,9	18,9	333,2	57,2	154,2
Fevereiro	22,5	24,1	21,4	29,6	30,7	27,9	18,2	19,7	16,9	95,5	169,1	85,6
Março	21,1	23,2	22,8	26,8	29,7	29,4	17,3	19,3	18,4	113,9	78,7	237,7
Abril	20,1	21,8	20,5	26,8	28,8	27,7	15,9	17,7	16,1	30,2	25,4	36,5
Maiο	17,3	18,1	17,2	24,1	25,3	25,3	12,9	13,4	11,6	27,4	72,5	2,0
Junho	16,3	15,9	16,5	24,6	22,9	24,5	11,0	11,5	11,5	25,2	0,2	13,2
Julho	15,8	16,1	17,0	25,0	24,5	24,3	9,7	10,7	12,4	5,4	0,5	4,2
Agosto	16,6	19,0	16,1	26,2	26,0	25,9	9,3	14,3	8,9	1,7	49,8	0,0
Setembro	20,4	20,6	19,3	27,5	27,5	27,0	15,4	15,4	12,7	73,1	5,6	50,7
Outubro	21,3	20,1	19,1	27,6	25,1	25,0	16,8	16,7	14,7	131,9	257,5	118,0
Novembro	23,0	20,4	20,0	29,5	26,0	25,5	19,1	16,9	16,1	180,3	216,9	375,3
Dezembro	23,4	22,3	22,3	29,6	28,8	27,7	19,5	18,2	18,7	238,9	105,3	108,9

3.3. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento consistiu-se de uma matriz Baconiana, totalizando 16 tratamentos (Quadro 3). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições. Os fatores e seus níveis foram:

a) Métodos de semeadura:

M1 = apenas sulcamento com 1,0 m entre sulcos, utilizando sulcador tracionado por animais, correção, adubação e semeadura no sulco em uma única etapa, em 30/12/96;

M2 = apenas sulcamento com 1,5 m entre sulcos, utilizando sulcador tracionado por animais, correção, adubação e semeadura no sulco em uma única etapa, em 30/12/96;

M3 = apenas sulcamento com 1,5 m entre sulcos, utilizando sulcador tracionado por animais, correção, adubação e semeadura no sulco divididas em duas etapas iguais, a 1ª em 30/12/96 e a 2ª etapa em 01/10/97, com a abertura de sulcos antes da semeadura;

M4 = apenas sulcamento com 1,0 m entre sulcos, utilizando sulcador tracionado por animais, correção, adubação e semeadura no sulco divididas em três etapas, a 1ª em 30/12/96, as 2ª e 3ª etapas em 01/10/97 e 03/10/98, respectivamente, com abertura de sulcos em cada etapa; e

M5 = aração, gradeação e sulcamento com 1,0 m entre sulcos, correção, adubação e semeadura no sulco em uma única etapa, em 28/12/97.

b) Quatro doses de calcário dolomítico:

- 1.175, 2.350, 3.525 e 4.700 kg/ha de calcário, correspondendo, respectivamente, a 25, 50, 75 e 100% da necessidade de calagem.

c) Cinco doses de gesso agrícola:

- 0, 230, 940, 1.880 e 2.880 kg/ha de gesso, correspondendo, respectivamente, à substituição parcial de 0, 3,00, 12,50, 25,00 e 37,50% do CaO do calcário pelo CaO do gesso, considerando para o cálculo a dose de 4.700 kg/ha de calcário com 40% de CaO e o gesso com 25% de CaO.

d) Cinco doses de P₂O₅:

- 50, 100, 150, 200 e 250 kg/ha de P₂O₅ sob a forma de superfosfato triplo.

Quadro 3 - Distribuição dos tratamentos de acordo com a matriz Baconiana

Tratamentos	Fatores			
	Métodos	Calcário	Gesso (kg/ha)	P ₂ O ₅
1*	M1	4.556	230	100
2	M2	4.700	230	100
3	M3	4.700	230	100
4	M4	4.700	230	100
5	M5	4.700	230	100
6	M1	1.175	230	100
7	M1	2.350	230	100
8	M1	3.525	230	100
9	M1	4.700	0	100
10	M1	4.113	940	100
11	M1	3.525	1.880	100
12	M1	2.938	2.820	100
13	M1	4.700	230	50
14	M1	4.700	230	150
15	M1	4.700	230	200
16	M1	4.700	230	250

* Tratamento referência

M1 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

M2 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

M3 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96 e 01/10/97.

M4 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96, 01/10/97 e 03/10/98.

M5 - Aração e gradeação, correção, adubação e semeadura em uma única aplicação, em sulcos espaçados de 1,0 m em 28/12/97.

O cálculo do número mínimo de tratamentos (NMT) a testar foi realizado pela fórmula:

$$\text{NMT} = n - k + 1, \text{ em que}$$

n = somatório dos níveis dos fatores em estudo; e

k = número de fatores envolvidos.

3.4. Instalação e condução do experimento

3.4.1. Preparo, adubação e correção do solo

Após a delimitação das parcelas (9 x 10 m) foi efetuado o sulcamento prévio à semeadura. Nas parcelas em que se procedeu apenas o sulcamento, usou-se um sulcador reversível tracionado por animais, enquanto nas parcelas com aração e gradeação os sulcos foram abertos manualmente com enxadas. Em todas as parcelas, além do superfosfato triplo, calcário e gesso agrícola dos tratamentos, foram feitas adubações básicas com 40, 20, 20 e 0,53 kg/ha de K_2O , $ZnSO_4$, bórax e Na_2MoO_4 , respectivamente, aplicados no sulco de semeadura, em dose única, para os estabelecimentos em uma única etapa e divididas, em doses iguais, em duas ou três etapas, conforme o método de estabelecimento.

3.4.2. Semeadura

As semeaduras das espécies introduzidas *B. decumbens* e *S. guinensis* cv. Mineirão foram realizadas utilizando-se densidades de semeadura de 10 e 2 kg/ha de sementes comerciais, respectivamente. Os valores culturais das sementes da gramínea e leguminosa utilizadas no experimento foram, respectivamente, 34,3 e 99,0%. Realizou-se a distribuição das sementes nos sulcos, em segmentos de 1,42 m, alternados de gramínea e leguminosa, de modo que no mesmo sulco as sementes da gramínea e leguminosa ficassem separadas. Estabeleceram-se, por linha, quatro segmentos de leguminosa e três segmentos de gramínea.

As operações de sulcamento, correção, adubação e semeadura foram realizadas em etapa única, duas etapas e três etapas, conforme o método de estabelecimento; na etapa única, os espaçamentos foram de 1,0 e 1,5 m entre linhas ao final da primeira etapa de semeadura; nas parcelas em que o estabelecimento foi realizado em duas e três etapas, os espaçamentos entre linhas finais foram obtidos das seguintes maneiras: no estabelecimento em duas etapas de semeadura, o espaçamento inicial, após a primeira etapa de semeadura, foi de 3,0 m e, com a introdução de linhas intermediárias, a separação final entre linhas foi de 1,5 m, após a segunda etapa de semeadura; no estabelecimento em três etapas de semeadura, o espaçamento inicial entre linhas foi de 3,0 m e, com a introdução de linhas intermediárias, a distância final entre linhas foi de 1,0 m, após a segunda e terceira semeaduras.

3.5. Análises químicas, avaliações e determinações

3.5.1. Amostras de solo

Vinte e sete meses após a primeira etapa de sulcamento, correção, adubação e semeadura, foram amostrados, ao acaso, vinte pontos em cada parcela, sendo 10 nas linhas de semeadura e 10 nas entrelinhas para retiradas de amostras de solo. Estas foram colhidas separadamente nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, sendo, posteriormente, submetidas à secagem ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm e analisadas química e granulometricamente.

As análises químicas realizadas foram: pH em H₂O relação 1:2,5; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ extraídos pelo KCl (1 mol/L); P e K extraídos pelo HCl 0,05 mol/L + H₂SO₄ 0,0125 mol/L; e H + Al determinados com acetato de cálcio 0,5 mol/L (pH 7,0). O S foi extraído com Ca(H₂ PO₄)₂, 500 mg/L de P em ácido acético 2 mol/L.

3.5.2. Determinação da altura de plantas e da densidade de perfilhos

Sempre nos dias anteriores às colheitas, foi efetuada a medição da altura da *B. decumbens*, da superfície do solo à altura do horizonte visual das folhas. Essa medição foi realizada em três pontos aleatórios de cada linha de plantas para obtenção da altura média. Nessa oportunidade, também foi feita a contagem do número de perfilhos em um segmento de 0,3 m, em três linhas de plantas.

3.5.3. Rendimento de MS e valor nutritivo das espécies introduzidas

No primeiro ano de avaliação (1997/1998), foi determinado o rendimento e valor nutritivo das espécies introduzidas em três cortes (30/11/97; 16/02/98; e 25/05/98) e no segundo ano de avaliação (1998/1999) em dois cortes (27/11/98 e 03/03/99).

Para determinar as produções de MS das espécies introduzidas, colheram-se e pesaram-se separadamente as produções de matéria verde da braquiária e do estilosantes da área útil da parcela (21,5 m²). Da forragem colhida retiraram-se amostras de forragem e acondicionaram-nas em sacos de papel para serem pesadas e pré-secas a 60°C, por 72 horas, em estufa com ventilação forçada.

Após, as amostras pré-secas foram moídas em moinho tipo “Wiley”, com peneira de 30 “mesh”. Destas retiraram-se cerca de 3,0 g para que fossem secas a 105°C, com o objetivo de corrigir os teores de MS. O rendimento de MS foi obtido para cada espécie multiplicando-se os teores de MS pelos respectivos rendimentos de matéria verde.

Após a obtenção do rendimento total de matéria seca de cada parcela, calculou-se, com base no peso da matéria seca, a porcentagem de participação da gramínea e da leguminosa no consórcio.

As amostras das forragens foram analisadas quanto aos teores de PB, Ca, P, S, K, Mg, FDN, FDA, lignina, cinzas e digestibilidade “in vitro” (48 + 48 horas) da matéria seca, conforme recomendações descritas por SILVA (1998). Os teores de N das amostras foram determinados pelo método micro-Kjeldhal. Para a determinação dos minerais, pesaram-se 200 mg de cada amostra pré-

seca para se proceder à mineralização por via úmida, em ácidos nítrico concentrado e perclórico 70-72% (relação 4:1). Posteriormente, as soluções minerais foram devidamente diluídas para determinação específica de cada nutriente. Os teores de P foram determinados por colorimetria; de Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica; de K, por fotometria de chama; e os de S, por turbidimetria.

3.6. Análise estatística

Para as análises estatísticas, utilizou-se o programa SAEG 8.0. Os efeitos de doses de P, calcário e gesso foram desdobrados em equações de regressão e os métodos de estabelecimento tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A escolha do modelo foi feita com base no coeficiente de determinação e na significância da regressão e dos seus coeficientes, testados pelo teste de “t”, a 10% de probabilidade, e pela lógica biológica da variável em estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Propriedades químicas do solo

A análise de regressão revelou significância para os efeitos de doses de P_2O_5 sobre os teores de P no perfil do solo, na camada de 0-15 cm de profundidade (Quadro 4), estimando-se aumentos de $0,2452 \text{ mg/dm}^3$ de P por kg/ha de P_2O_5 aplicado. As demais características analisadas, em ambas as camadas de solo, não foram influenciadas pelas doses de P_2O_5 testadas (Quadro 4).

O aumento nos teores de P no solo também foi constatado por LEITE et al. (1996) em solo Areia Quartzosa, ao se aplicarem doses crescentes de P_2O_5 no estabelecimento do consórcio green panic com galáxia. Esses autores observaram variações mais expressivas no 2º ano do que no 1º ano, isto é, os teores de P, Ca, Mg e K e os valores de pH tenderam a aumentar, enquanto o de Al diminuiu sob as doses crescentes de P_2O_5 . No presente trabalho, os teores de Ca^{2+} (2,0; 1,1; 1,9; 2,7 e $3,1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e a soma de bases (SB) (2,9; 3,2; 3,1; 3,7 e $4,3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) tenderam a aumentar e os de Al^{3+} , a reduzir (0,2; 0,3; 0,2; 0,1; e $0,1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), sob as doses crescentes de P_2O_5 , porém não houve significância ($P>0,10$) para os coeficientes da regressão. Na Austrália, MEARS et al. (1993) não obtiveram aumentos significativos nos teores de Ca^{2+} e de Mg^{2+} , com a aplicação de doses crescentes de superfosfato simples, entretanto, os teores de Ca^{2+} variaram de 2,85 para $3,70 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$;

provavelmente esse acréscimo ocorreu em razão do fornecimento de Ca pela fonte de P utilizada.

A elevação nos teores de P disponível no solo com a aplicação de P pode ser explicada pelo efeito associativo da calagem, que promove a elevação do pH do solo e, conseqüentemente, diminui a adsorção e, ou, a precipitação do P com Fe e Al. Resultados semelhantes foram obtidos por PASSOS (1994) em Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una, quando a aplicação de superfosfato triplo (ST) na presença de calagem elevou os teores de P no solo.

Quadro 4 - Equações de regressão, em função de doses de P_2O_5 (P, kg/ha), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) para as diversas características no perfil do solo (camadas de 0-15 e de 15-30 cm), após 27 meses das aplicações

Características	Equações	
	0-15 cm	15-30 cm
pH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,5$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,7$
P (mg/dm ³)	$\hat{Y} = - 3,156 + 0,246^{**}P; R^2 = 0,87$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,4$
S (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,40$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 19,50$
K (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 67,80$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 36,60$
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,16$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,76$
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,78$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,28$
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,18$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,60$
H+Al (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,70$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,62$
t (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,39$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,80$
T (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,88$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,78$
SB (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,44$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,20$
V (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 31,30$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,40$
m (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,40$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 34,50$

** Significatvo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

É importante relatar que tanto as aplicações de P quanto as de calcário foram feitas de forma localizada, no sulco de semeadura, o que pode ter contribuído para elevar os teores de P disponível, pois nesse aspecto a precipitação e, ou, a adsorção do P é menos intensa que a aplicação generalizada em toda a área onde a superfície de contato é maior.

Embora as doses de P_2O_5 tenham promovido aumentos lineares nos teores de P disponível no solo, é importante ressaltar que, na indicação da dose de P_2O_5 para o estabelecimento de pastagens, recomenda-se considerar o efeito residual do P no solo. Em pastos consorciados de Desmódio (*Desmodium intortum* cv. Greenleaf) e capim-pangola (*Digitaria decumbens*), com a aplicação de 250 kg/ha.ano de P_2O_5 , JONES et al. (1984) verificaram que após três anos, sem aplicação de P, o solo apresentou redução de 49 para 25 mg/dm³ de P; a partir daí, o teor de P permaneceu praticamente constante durante nove anos, o qual foi superior ao crítico no solo para a leguminosa em estudo. Outros trabalhos com gramíneas e leguminosas, em condições de campo, têm demonstrado elevação dos teores de P no solo com a aplicação de fontes solúveis de P (SANZONOWICZ et al., 1987; MEARS et al., 1993; PAULINO et al., 1994; LEITE et al., 1996; McCARTNEY et al., 1998; EUCLIDES et al., 1998). SANZONOWICZ et al. (1987), em pastagem de *B. decumbens* sobre Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, de textura argilosa, recebendo 0, 3,0 e 4,5 t/ha de calcário e 38, 150 e 600 kg/ha de P, verificaram que o efeito residual de P na menor dose de P permaneceu por até três anos. Os teores de P disponível no solo após dez anos, independente dos extratores (Bray 1 e Mehlich-1) e das fontes de P (superfosfato simples e termofosfato) estudados, elevaram-se com as doses de P, porém foram relativamente baixos, em razão, principalmente, da absorção de P pelas plantas, da remoção da forragem e da grande capacidade de adsorção de P desse solo.

Como já era esperado, as doses crescentes de P_2O_5 não provocaram aumentos significativos nos teores de S disponível no solo. De acordo com PASSOS et al. (1997), não se espera, sob condições de campo, que o ST seja importante fonte de S para as plantas, pois apresenta baixo teor desse elemento na sua composição, embora aumentos significativos nos teores de S tenham sido registrados por esses autores sob condições de casa de

vegetação, uma vez que as doses de ST normalmente aplicadas, nessa condição, são maiores.

Com relação ao pH, nota-se tendência de elevação com as doses crescentes de P_2O_5 (Quadro 5). Aumentos no pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e K, frente às doses de superfosfatos, também foram constatados por outros autores em solos sob pastos consorciados (MEARS et al., 1993; LEITE et al., 1996). MEARS et al. (1993) atribuíram a maior densidade de plantas, proporcionada pela aplicação de P, ao maior teor de matéria orgânica do solo, o que, provavelmente, contribuiu para o aumento nos teores de K.

A análise de regressão revelou significância ($P < 0,05$) para os efeitos de doses de calcário sobre os teores de Ca^{2+} , Al^{3+} e capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T) na camada de 0-15 cm. Os teores de Ca^{2+} nessa camada elevaram-se de forma linear e os de Al^{3+} reduziram-se quadraticamente, enquanto os valores médios de T se ajustaram a uma regressão quadrática positiva (Quadro 6).

É importante enfatizar que as aplicações do calcário, com doses equivalentes a 25, 50, 75 e 100% da necessidade de correção, foram feitas no sulco de semeadura. Esse procedimento facilitou as aplicações, pois a declividade da área, acima de 25 cm/m, dificultaria a incorporação mecanizada do calcário em todo o terreno. A utilização de doses abaixo da necessidade de correção foi fundamentada na tolerância do estilosantes cv. Mineirão à acidez do solo e na recomendação da EMBRAPA (1993) para elevar a porcentagem de saturação por bases em até 25%, para o estabelecimento dessa leguminosa.

O calcário é reconhecidamente de baixa mobilidade no solo; por isso, normalmente recomenda-se sua incorporação. No presente estudo, a aplicação e incorporação no sulco de doses crescentes de calcário melhorou as propriedades químicas do solo na camada de 0-15 cm, aumentando os teores de Ca trocável e diminuindo os de Al, porém sem efeito na camada de 15-30 cm (Quadro 6). Estes resultados coincidem com os obtidos por LEITE et al. (1996), os quais demonstraram que a aplicação de 1.200 kg/ha de calcário dolomítico, incorporado em Areia Quartzosa, previamente ao estabelecimento

do consórcio green-panic com galáxia, elevou o pH, Ca^{2+} e Mg^{2+} e reduziu o Al^{3+} na camada de 0-20 cm de profundidade.

Quadro 5 - Valores médios de pH do solo (em água - relação 1:2,5) nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm no perfil em diferentes métodos de estabelecimento, doses de P_2O_5 , calcário e gesso (kg/ha), após 27 meses da implantação da primeira etapa

Tratamentos	Profundidade	
*Métodos	0-15 cm	15-30 cm
1	5,2	4,7
2	5,5	5,1
3	6,0	5,3
4	5,6	5,2
5	5,0	4,4
P_2O_5	0-15 cm	15-30 cm
50	5,2	4,2
100	5,2	4,8
150	5,5	4,7
200	5,6	4,7
250	5,8	4,8
Calcário	0-15 cm	15-30 cm
1.175	5,0	4,6
2.300	5,2	4,4
3.525	5,5	4,7
4.700	5,2	4,9
Gesso	0-15 cm	15-30 cm
0	5,3	5,1
230	5,2	4,8
940	5,1	4,7
1.880	5,1	4,6
2.820	5,0	4,6

- * 1 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.
 2 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.
 3 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96 e 01/10/97.
 4 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96, 01/10/97 e 03/10/98.
 5 - Aração e gradeação, correção, adubação e semeadura em uma única aplicação, em sulcos espaçados de 1,0 m em 28/12/97.

Quadro 6 - Equações de regressão, em função de doses de calcário (C, kg/ha), para as diversas características do solo, nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, após 27 meses das aplicações

Características	Equações	R ²
Camada de 0-15 cm		
PH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,1$	
P (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,4$	
S (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,8$	
K (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 70,0$	
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,668 + 0,00042*C$	0,82
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,65$	
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,363 - 0,00059*C + 0,000000076*C^2$	0,99
H+Al (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,9$	
t (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,8$	
T (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,569 + 0,0026*C - 0,000000349*C^2$	0,99
SB (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,2$	
V (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 26,0$	
m (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,5$	
Camada de 15-30 cm		
PH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,6$	
P (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,2$	
S (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 21,1$	
K (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 38,0$	
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,65$	
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,22$	
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,80$	
H+Al (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,80$	
t (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,70$	
T (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,80$	
SB (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,03$	
V (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,9$	
m (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 43,5$	

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

SMITH et al. (1994) verificaram que a aplicação de calcário na superfície do solo sem a devida incorporação foi efetiva na redução de Al^{3+} e no aumento de Ca^{2+} , entretanto, esse efeito restringiu-se à camada de 0-5 cm. Aumentos significativos nos teores de Ca e Mg trocáveis até a profundidade de 15 cm foram observados por CARVALHO et al. (1992). Segundo esses autores, em solo ácido sob pastagem de *B. decumbens*, o teor médio de Ca^{2+} elevou-se de 0,6 para 2,1 $cmol_c/dm^3$ e o de Mg^{2+} , de 0,2 para 0,5 $cmol_c/dm^3$ após 19 e 10 meses, respectivamente, da aplicação de calcário dolomítico na superfície do solo. Assim, a aplicação de calcário em superfície pode ser uma alternativa para reduzir o processo de acidificação e, com isso, promover a recuperação de pastagens em estádios iniciais de degradação (CARVALHO et al. 1992).

Ao se aplicar calcário na superfície do solo, devem-se considerar alguns fatores: quantidade de água no solo, reatividade, granulometria, quantidade do corretivo utilizado e tipo de solo. Em pastagem de *B. decumbens* estabelecida em solo Areia Quartzosa, OLIVEIRA et al. (1999) verificaram que a prática da calagem, superficial ou incorporada, com calcário contendo diferentes PRNT não possibilitou atingir as porcentagens de saturação por bases (V) propostas, acima de 60%. CARVALHO et al. (2000) obtiveram resposta linear positiva nos teores de Ca e Mg trocáveis e quadrática positiva em V, com a aplicação de doses crescentes de calcário dolomítico incorporado em Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem de capim-gordura. No presente estudo, a V atingiu 35% com 100% da necessidade de calagem e a V foi, em média, de 26% (Quadro 6), com a aplicação do calcário dolomítico, valor semelhante àquele recomendado pela EMBRAPA (1993) para o estabelecimento do estíloso Mineirão.

WANG et al. (1999) enfatizam que, na aplicação superficial de calcário, especialmente o calcítico, o Ca^{2+} pode ser retido nas camadas superficiais, em razão de uma lenta dissolução do calcário e da geração de cargas negativas em solos com elevados teores de óxidos de Fe e Al. Assim, a aplicação superficial de calcário pode produzir desbalanço de Ca na camada superficial, comprometendo a nutrição vegetal e animal. No trabalho desses autores, a

calagem superficial proporcionou a correção do pH do solo somente na camada de 0-10 cm e teve pouco efeito na camada de 10-20 cm.

No presente trabalho, verificou-se que, na presença de calagem, os teores de Ca^{2+} na camada de 0-15 cm foram maiores que na camada de 15-30 cm, provavelmente devido à pouca movimentação de Ca em profundidade e ao menor teor inicial de Ca^{2+} na camada inferior do solo. CARVALHO et al. (1992) afirmam que a movimentação de Ca^{2+} e Mg^{2+} , adicionados por meio do calcário, no perfil do solo é um fenômeno conhecido, mas sua intensidade é de difícil previsão pois, segundo a literatura, é controlada por vários fatores, entre eles a quantidade de água que se move através do perfil, textura do solo, dose e granulometria do calcário, os teores iniciais de Ca e Mg no solo, as quantidades e as fontes dos fertilizantes.

O aumento de T com as doses crescentes de calcário justifica-se pela influência que o pH exerce sobre as cargas do solo. Em solos com predominância de óxidos de Fe e Al, a aplicação de calcário gera cargas negativas nesses solos, que são aquelas dependentes de pH, com isso os valores de T elevam-se, já que grande parte da T é ocupada por H^+ . Com a aplicação de doses crescentes de calcário, o aumento linear nos teores de Ca^{2+} fez elevar também os valores de T, pois seu cálculo baseia-se principalmente nos teores de Ca^{2+} e $\text{H} + \text{Al}$. PIRES et al. (1992) verificaram que a aplicação de doses crescentes de calcário dolomítico elevou o pH do solo e, por conseguinte, a sua CTC. Os autores enfatizaram que o calcário calcítico, por ser geralmente mais reativo, foi mais eficiente na elevação da CTC que o dolomítico.

Além do fornecimento de Ca e correção do pH do solo, outro benefício da aplicação de calcário dolomítico no estabelecimento de pastagens é o fornecimento de Mg. Não houve influência significativa ($P > 0,05$) das doses crescentes de calcário dolomítico sobre os teores de Mg^{2+} . A falta de resposta ao calcário pode ser explicada, em parte, pela presença de quantidade basal de gesso agrícola em todas as parcelas, que provavelmente propiciou a lixiviação desse íon na forma de par iônico; além disso, as doses de corretivo utilizadas foram abaixo da necessidade de correção. Entretanto, houve tendência de aumento nos teores de Mg^{2+} (0,4; 0,6; 0,8; e 0,8 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) com o

aumento das doses de calcário, porém não houve ajuste de regressão, cujas equações estão inseridas no Quadro 6. RECHCIGL e MISLEVY (1997), na Flórida, em um solo arenoso (Ultic Haplaquod) com 15,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de capacidade de troca de cátions efetiva (CTC), com grama-batatais, observaram aumentos lineares nos teores de Mg^{2+} e no pH do solo, em resposta à aplicação de doses crescentes (0, 1.120, 2.240, 3.360, 4.480 e 6.720 kg/ha) de calcário dolomítico. No presente estudo, as doses de calcário e a CTC do solo (Quadro 6) foram bem inferiores às do referido trabalho.

A análise de regressão revelou significância ($P < 0,10$) para os efeitos da substituição parcial do calcário por doses crescentes de gesso sobre os teores de Ca, Mg e Al trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+}), S disponível, H + Al, CTC efetiva (t), soma de bases (SB) e porcentagem de saturação por bases (V) e por alumínio (m) no solo, na camada de 0-15 cm de profundidade. Na camada de 15-30 cm, o efeito foi significativo apenas para os teores de Al^{3+} e S disponível (Quadro 7).

A redução do teor de Ca^{2+} na camada de 0-15 cm, com a elevação das doses de gesso, indica movimentação de cálcio no perfil do solo, ou seja, a substituição crescente do Ca do calcário pelo Ca do gesso agrícola propiciou a lixiviação do Ca para as camadas inferiores do perfil. Embora não-significativo, houve tendência de aumento em Ca^{2+} na camada de 15-30 cm (0,8; 0,7; 0,7; 0,9; 1,3 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), em resposta às doses de gesso, indicando que provavelmente houve movimentação de Ca da camada superior para a inferior. Nessa camada, o teor médio de Ca^{2+} , 0,9 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, é maior que o teor inicial no solo, de 0,3 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, demonstrando enriquecimento da camada de 15-30 cm em Ca, pois pequena variação nos teores pode ser bastante expressiva, em razão da baixa CTC efetiva (0,9 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) do solo, concordando com os resultados de SILVA et al. (1998).

Quadro 7 - Equações de regressão das diferentes características do solo, em função das doses de gesso (G, kg/ha), nas misturas calcário/gesso, nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, após 27 meses das aplicações

Características	Equações	R ²
Camada de 0-15 cm		
PH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,1$	
P (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 18,5$	
S (mg/dm ³)	$\hat{Y} = 13,46 + 0,438854 * G^{0,5} - 0,005758^{***}G$	0,98
K (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 60,8$	
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = 3,53 - 0,0913583 * G^{0,5} + 0,0011052 * G$	0,99
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = 0,855 - 0,00017376 * G$	0,75
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = 0,162 + 0,00013932 * G$	0,94
H+Al (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = 5,962 + 0,00067407 * G$	0,72
t (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = 4,78 - 0,1039^{***}G^{0,5} + 0,001299^{NS}G$	0,98
T (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,6$	
SB (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = 4,67 - 0,1122^{***}G^{0,5} + 0,0013129^{NS}G$	0,98
V (%)	$\hat{Y} = 45,89 - 0,95926^{***}G^{0,5} + 0,010341^{NS}G$	0,96
m (%)	$\hat{Y} = 6,15 + 0,00523719 * G$	0,88
Camada de 15-30 cm		
PH	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,7$	
P (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,6$	
S (mg/dm ³)	$\hat{Y} = 15,90 + 0,494796 * G^{0,5} - 0,00710176^{***}G$	0,94
K (mg/dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 37,4$	
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,9$	
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,6$	
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = 0,383 + 0,016495^{***}G^{0,5} - 0,000181157^{***}G$	0,97
H+Al (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,9$	
t (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,0$	
T (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,2$	
SB (cmol _c /dm ³)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,5$	
V (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,6$	
m (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 33,2$	

*, ***Significativo a 5 e 10% de probabilidade, pelo teste t.

De fato, vários trabalhos têm demonstrado elevação nos teores de Ca^{2+} nas camadas superficiais (RECHCIGL e MISLEVY, 1997) e subsuperficiais (DIAS et al., 1994; SMITH et al., 1994; SILVA et al., 1998; WANG et al., 1999) do solo, em função da aplicação de gesso. No presente estudo, a redução nos teores de Ca^{2+} na camada de 0-15, com o aumento da relação gesso agrícola/calcário, também foi observada por SILVA et al. (1998) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em casa de vegetação, onde se utilizou um LVd, substituição de 0, 25, 50, 75 e 100% do CaCO_3 pelo CaSO_4 . Esses autores verificaram que a substituição de 75% de CaCO_3 pelo CaSO_4 aumentou o Ca^{2+} em 0,30 e 0,68 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ nas respectivas camadas de 20-30 e 30-40 cm, em consequência da redução dos teores na camada de 0-20 cm de profundidade.

O teor de Mg^{2+} na camada de 0-15 cm reduziu-se de forma linear com o aumento da proporção gesso agrícola/calcário, evidenciando a movimentação do magnésio em profundidade, embora o aumento na camada de 15-30 cm não tenha sido significativo ($P > 0,05$). Assim, pode-se deduzir que a lixiviação provavelmente ocorreu abaixo dos 30 cm. Segundo QUAGGIO et al. (1993), as perdas de Mg^{2+} para as camadas mais profundas do perfil são inversamente proporcionais às doses de calcário aplicadas com o gesso. SILVA et al. (1998) observaram tendência de movimentação de Mg^{2+} em profundidade (> 30 cm), quando se aumentou a relação $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$, entretanto, o trabalho de SMITH et al. (1994) demonstra que a aplicação de gesso mais calcário em igual proporção não resultou em movimentação de Mg^{2+} abaixo da camada de 0-5 cm. De acordo com esses autores, a baixa precipitação pluviométrica ocorrida no período experimental pode ter contribuído para a baixa movimentação de cátions. Já no trabalho de SILVA et al. (1998), o controle da quantidade de água percolada através do perfil favoreceu a movimentação de cátions.

O aumento nas doses de gesso agrícola proporcionou incremento significativo dos teores de S ($P < 0,05$) em ambas as camadas de solo (0-15 e 15-30 cm), indicando que o gesso constitui-se em excelente fonte de S, conforme citado por FAQUIN et al. (1997). O modelo de regressão raiz quadrada foi o que melhor explicou esta relação (Quadro 7). Ao se observarem as equações de regressão, verifica-se que, para uma mesma dose de gesso,

os teores de S na camada de 15-30 cm foram maiores que os teores na camada de 0-15 cm, demonstrando que houve lixiviação de S na forma de ânion acompanhante. A lixiviação de sulfato foi constatada em outros trabalhos (QUAGGIO et al., 1993; SILVA et al., 1998). QUAGGIO et al. (1993) verificaram que o efeito do gesso foi pouco duradouro, pois, após 18 meses da aplicação do gesso, praticamente todo o Ca e S foram lixiviados para profundidades maiores que 40-60 cm. No trabalho de SILVA et al. (1998), o aumento na quantidade de CaSO_4 elevou o teor de S- SO_4 no solo até a camada de 30-40 cm. Os autores relatam que o sulfato foi o principal ânion acompanhante do Ca em seu movimento descendente.

A aplicação de doses crescentes de gesso agrícola, juntamente com as doses decrescentes de calcário, elevou de formas linear e raiz quadrada (Quadro 7) os teores de Al^{3+} nas camadas de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente, ou seja, o aumento e a redução nas quantidades de sulfato e carbonato, respectivamente, promoveram a elevação do teor de Al trocável, indicando que o CaCO_3 é mais eficiente na neutralização do Al^{3+} (WANG et al., 1999). Portanto, a diminuição nas doses de carbonato abaixo da quantidade necessária para a correção da acidez pode ter causado a elevação do Al^{3+} . Por outro lado, outros trabalhos têm mostrado reduções significativas no teor de Al^{3+} , com o uso de gesso puro e gesso agrícola. SILVA et al. (1998) destacaram que a diminuição na relação $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ promoveu sensível decréscimo no teor de Al^{3+} , nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Segundo os autores, é provável que a redução no teor de Al se deva ao deslocamento de OH^- por SO_4^{2-} da superfície de óxidos de Fe e Al, com conseqüente neutralização parcial do Al. WANG et al. (1999) observaram redução nos teores de Al^{3+} , com a aplicação de gesso agrícola em solos com predominância de óxidos de ferro e alumínio, porém, em solos com CTC mais elevada, com predominância de cargas permanentes, o Al^{3+} ; elevou-se em resposta à aplicação de gesso. Segundo esses autores, em condições de campo, a resposta às aplicações de gesso nos teores de Al^{3+} no solo ainda não está bem elucidada. RECHCIGL e MISLEVY (1997), avaliando um solo sob pastagem de *Cynodon* sp. que apresentava $15,6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de CTC efetiva na camada de 0-15 cm, constataram que a aplicação de doses crescentes de gesso agrícola

reduziu o pH do solo, devido, principalmente, à salinização propiciada pelo gesso. Com a redução no pH do solo, houve tendência de aumento do Al^{3+} . SMITH et al. (1994), em solo com baixa CTC, observaram que a aplicação de gesso isoladamente não teve efeito na redução do Al trocável. Já a combinação gesso agrícola/calcário (2.500 + 2.500 kg/ha) foi efetiva na redução do Al. Diante de resultados contraditórios da literatura, fica evidente que o efeito da neutralização e a conseqüente redução na atividade do Al^{3+} na solução do solo, com o uso de gesso agrícola, ainda são objeto de estudo. Portanto, há necessidade de se definirem, para cada tipo de solo, proporções adequadas de gesso/calcário, para promover o condicionamento das camadas de subsuperfície do solo, isto, é aumentar o pH e os teores de bases nessas camadas, principalmente para o estabelecimento de espécies com sistema radical profundo e mais sensíveis à acidez.

Os teores de H + Al e a porcentagem de saturação por alumínio (m) (Quadro 7) seguiram o mesmo comportamento dos teores de Al^{3+} na camada de 0-15 cm, isto, é aumentaram linearmente com as doses crescentes de gesso nas misturas gesso/calcário. Por outro lado, a CTC efetiva e V sofreram reduções, as quais foram ajustadas à função raiz quadrada (Quadro 7). Certamente, essas reduções ocorreram pelo abaixamento do pH do solo, provocado pela aplicação de doses crescentes de sulfato e decrescentes de carbonato, evidenciando a melhor eficiência do calcário na redução da acidez do solo e no aumento da CTC do solo. SMITH et al. (1994), em solo sob pastagem nativa, observaram que o aumento do pH do solo, proporcionado pela aplicação de calcário + gesso, elevou a CTC na camada superficial do solo (0-5 cm), propiciando maior retenção de Ca^{2+} nesta camada superficial, limitando, assim, a lixiviação de Ca^{2+} para abaixo de 5 cm de profundidade.

4.2. Produção de MS das espécies forrageiras

As doses crescentes de P (P_2O_5) provocaram aumentos significativos ($P < 0,05$) na produção de MS do capim-braquiária na primeira colheita do primeiro ano, ajustando-se a uma regressão linear. Para os demais cortes, não

foram detectados efeitos significativos ($P>0,05$) das doses de P_2O_5 sobre a produção de MS daquela gramínea (Quadro 8).

Quadro 8 - Equações de regressão para produção de MS (kg/ha) de *B. decumbens*, em função de doses de P_2O_5 (P), calcário (C) e gesso (G), em kg/ha

Ano	Corte	Equações	R ²
1º		P ₂ O ₅ (P)	
	1º	$\hat{Y} = 352,1 + 10,4473*P$	0,82
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2.086$	
	3º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2.050$	
		Calcário (C)	
	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2.304$	
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2.089$	
	3º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2.176$	
		Gesso (G)	
	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1.937$	
	2º	$\hat{Y} = 2.634,7 - 0,59698*G$	0,72
	3	$\hat{Y} = 2.511,8 - 0,405198*G$	0,66
2º		P ₂ O ₅ (P)	
	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2.713$	
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3.520$	
		Calcário (C)	
	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2.836$	
	2º	$\hat{Y} = 1.893,8 + 0,35593*C$	0,88
	Gesso (G)		
1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2.948$		
2º	$\hat{Y} = 3.453,2 - 0,314944*G$	0,72	

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

O incremento na produção de MS do capim-braquiária no primeiro corte decorreu provavelmente de seu maior perfilhamento e da altura de plantas, pelo efeito da adubação fosfatada, desfavorecendo o desenvolvimento da leguminosa, com conseqüente redução na sua produção. Fato semelhante

foi constatado por McIVOR (1984), o qual verificou que o aumento na produção de MS de várias espécies de gramíneas tropicais, em função de doses crescentes de P, foi, principalmente, devido ao aumento no número de perfilhos, sendo que a taxa de aparecimento e o tamanho de folhas pouco contribuíram na produção final. De acordo com o trabalho de PASSOS et al. (1997), na ausência de P, tanto o braquiarião quanto o andropógon não perfilharam.

A produção de MS do capim-braquiária aumentou significativa ($P < 0,05$) e linearmente com as doses crescentes de calcário somente no segundo corte do segundo ano. Para os demais cortes, não houve influência das doses de calcário sobre a produção de MS (Quadro 8). O aumento, de forma quadrática, no número de perfilhos (Quadro 9), no primeiro ano, pode ter contribuído para elevar a produção de MS do capim-braquiária no segundo ano.

Quadro 9 - Equações de regressão ajustadas aos valores médios de porcentagem de leguminosa no consórcio, densidade de perfilhos (perfilhos/m²) e altura de plantas de capim-braquiária, em função de doses de calcário (C, kg/ha)

Características	Equações	R ²
	1º Ano	
Leguminosa (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,6$	
Perfilhos/m ²	$\hat{Y} = 216,58 + 0,215995^{**}C - 0,00003704^{**}C^2$	0,99
Altura (cm)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 77$	
	2º Ano	
Leguminosa (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,6$	
Perfilhos/m ²	$\hat{Y} = \bar{Y} = 510$	
Altura (cm)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 79$	

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

As doses crescentes de gesso nas misturas gesso e calcário, embora tenham proporcionado aumento na densidade de perfilhos e na altura de

plantas do capim-braquiária, reduziram linearmente ($P < 0,05$) a produção de MS da gramínea (Quadro 8), proporcionando, assim, aumento na participação da leguminosa no consórcio no segundo ano (Quadro 10).

Quadro 10 - Equações de regressão ajustadas aos valores médios de porcentagem de leguminosa no consórcio, densidade de perfilhos (perfilhos/m²) e altura de plantas de capim-braquiária, em função de doses de gesso (G, kg/ha)

Características	Equações	R ²
	1º Ano	
Leguminosa (%)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,6$	
Perfilhos/m ²	$\hat{Y} = \bar{Y} = 449$	
Altura (cm)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 76$	
	2º Ano	
Leguminosa (%)	$\hat{Y} = 13,42 + 0,0024443 \cdot G$	0,79
Perfilhos/m ²	$\hat{Y} = 514,0 + 0,0148833 \cdot G$	0,80
Altura (cm)	$\hat{Y} = 83,92 + 0,0052492 \cdot G$	0,86

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

As produções de MS do estilosantes, em todos os cortes, reduziram-se linearmente, em função das doses crescentes de P₂O₅ (Quadro 11).

Ao contrário do presente estudo, SHAW et al. (1994) obtiveram respostas quadráticas na produção de MS de várias espécies de *Stylosanthes* introduzidas em pastagem nativa da Austrália nos dois primeiros anos. De acordo com esses autores, mesmo sem aplicação de P, as leguminosas aumentaram a produção em 38% do primeiro para o quinto ano, demonstrando a boa tolerância das espécies à baixa disponibilidade de P, sendo que o teor de 8,0 mg/dm³ de P (extrator-bicarbonato) no solo foi suficiente para a obtenção de 80% da máxima produção. No presente estudo, a aplicação da dose mínima (50 kg/ha de P₂O₅) elevou os teores de P no solo de 1,0 para 9,1 mg/dm³ (Mehlich-1).

Quadro 11 - Equações de regressão para produção de MS (kg/ha) de *S. guianensis*, em função de doses de P₂O₅ (P), calcário (C) e gesso (G), em kg/ha

Ano	Corte	Equações	R ²	
1º		P ₂ O ₅ (P)	0,93	
		1º		$\hat{Y} = 243,23 - 0,860667^{**}P$
		2º	$\hat{Y} = 275,0 - 0,7723^{**}P$	0,68
		1º	Calcário (C)	
	1º		$\hat{Y} = \bar{Y} = 126$	
		2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 184$	
		1º	Gesso (G)	
	1º		$\hat{Y} = \bar{Y} = 183$	
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 126$		
	2º			P ₂ O ₅ (P)
1º			$\hat{Y} = 1.193,86 - 3,5845^{**}P$	
		2º	$\hat{Y} = 704,26 - 2,34344^{**}P$	0,98
		1º	Calcário (C)	
1º			$\hat{Y} = \bar{Y} = 805$	
		2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 484$	
		1º	Gesso (G)	
1º			$\hat{Y} = \bar{Y} = 755$	
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 48$		

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Para a leguminosa em estudo, pouco exigente em P (ANDRADE e KARIA, 2000), observa-se que as doses crescentes de P₂O₅, no estabelecimento da pastagem consorciada, beneficiaram o desenvolvimento da gramínea, principalmente pelo seu maior perfilhamento.

Analisando os coeficientes das equações (Quadro 11), verifica-se que no segundo ano, tanto no primeiro quanto no segundo corte, ocorreram maiores reduções na produção da leguminosa do que no primeiro ano. LEITE et al. (1996) obtiveram aumentos lineares na produção de MS da galáxia em consórcio com green-panic no primeiro ano. Entretanto, no segundo ano, houve sensível redução na produção da leguminosa, principalmente devido à maior competição da gramínea e à baixa resistência da leguminosa a sistema de

cortes drásticos (8-10 cm do solo). Em solos ácidos e de baixa fertilidade, a aplicação de doses crescentes de P, no estabelecimento de *B. dictyoneura*, associada com *Stylosanthes capitata*, em casa de vegetação, aumentou a produção de MS da gramínea e, conseqüentemente, a competição da gramínea (RAO et al., 1996).

É importante relatar que, no presente estudo, todas as parcelas receberam calcário e gesso, o que pode ter favorecido o aproveitamento do P, principalmente pela gramínea que elevou a sua produção de MS. FAQUIM et al. (1997) observaram, em Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una (LU), que a aplicação de superfosfato triplo (ST), na presença de calcário e gesso, elevou a produção de MS do capim-braquiária.

No estabelecimento de pastos consorciados, as adubações devem direcionar-se para as leguminosas, pois esta é uma das formas de favorecer essas forrageiras, que são mais exigentes que as gramíneas (ZIMMER et al., 1994). Segundo RAO et al. (1995), particularmente a *B. decumbens* foi mais eficiente no uso do P do que várias espécies de *Stylosanthes*. Para as leguminosas com baixa a média exigência em P, como é o caso do estilosantes Mineirão (EMBRAPA, 1993), espera-se a dominância dessas na pastagem, quando estabelecidas em solos com baixo teor de P (McIVOR, 1984). No presente estudo, nos dois anos de avaliação, houve redução na porcentagem da leguminosa no consórcio, em decorrência do aumento no número de perfilhos e na altura de plantas do capim-braquiária (Quadro 12). Várias espécies de estilosantes na Austrália (GILBERT e SHAW, 1980) e no Brasil (*Stylosanthes guianensis*, *Galactia striata* e *Calopogonium mucunoides*) (XAVIER et al., 1993) não responderam à aplicação de P no primeiro ano. No estudo de GILBERT e SHAW (1980), no segundo ano após o estabelecimento, houve aumento da produção de MS do estilosantes na presença de P. A falta de resposta do *S. guianensis* ao P pode ser atribuída à ocorrência de micorrizas que influenciam a eficiência da planta no aproveitamento do P aplicado (XAVIER et al., 1993).

Quadro 12 - Equações de regressão ajustadas aos valores médios de porcentagem de leguminosa no consórcio, densidade de perfilhos (perfilhos/m²) e altura de plantas de capim-braquiária, em função de doses de P₂O₅ (P, kg/ha)

Características	Equações	R ²
1º Ano		
Leguminosa (%)	$\hat{Y} = 21,11 - 0,0816485^{**}P$	0,80
Perfilhos/m ²	$\hat{Y} = 303,49 + 1,26309^{**}P$	0,95
Altura (cm)	$\hat{Y} = 68,19 + 0,0970909^{**}P$	0,97
2º Ano		
Leguminosa (%)	$\hat{Y} = 29,34 - 0,0967167^{**}P$	0,92
Perfilhos/m ²	$\hat{Y} = 446,81 + 0,588889^{**}P$	0,95
Altura (cm)	$\hat{Y} = 53,6 + 0,423718^{**}P - 0,00099^{**}P^2$	0,96

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

O aumento na proporção gesso/calcário elevou os teores de S disponível no solo (Quadro 7), propiciando teores adequados de S nos tecidos, o que possivelmente contribuiu para maior participação da leguminosa no consórcio (Quadro 10), indicando, assim, que o gesso agrícola se constitui em importante fonte de S para as plantas. JONES et al. (1984) observaram, em pastagem consorciada de *Desmodium intortum* com *Digitaria decumbens*, que a não aplicação de S provocou diminuição na participação da leguminosa no consórcio, que se desenvolveu com sintomas visíveis de deficiência desse nutriente. DELISTOIANOV et al. (1992), ao aplicarem 45 kg/ha de S, sob a forma de gesso agrícola, observaram aumento na produção de MS e nos teores de S em leguminosas consorciadas com gramíneas. Segundo esses autores, as leguminosas seriam dependentes do S aplicado para aumentar a sua persistência no consórcio, pois, além de constituinte de quase toda a proteína da planta, o S estimula a nodulação e a fixação de N₂.

4.3. Teores de P, S, Ca, Mg e K na MS das espécies forrageiras

Na maioria dos cortes, não houve efeito das doses de P_2O_5 sobre os teores de P na MS do capim-braquiária. Apenas no segundo corte do primeiro ano, as doses de P reduziram linearmente os teores de P no capim-braquiária (Quadro 13). Vários autores têm atribuído ao efeito de diluição a redução nos teores de minerais na MS, pelo aumento na produção desta, especialmente P e S (PASSOS et al., 1994) e K (LEITE et al., 1996).

Os teores de P na gramínea, de modo geral, mesmo com a sua aplicação, estiveram abaixo da exigência para alimentação de bovinos em pastejo, 0,18% de P (NOLLER et al., 1996), indicando a necessidade de suplementação mineral para os animais com esse nutriente. É oportuno enfatizar que os bovinos sob pastejo tendem a selecionar plantas ou partes de plantas com maiores teores de P (JONES e BETTERIDGE, 1994). Essa preferência por plantas bem nutridas com P pode estar relacionada com o aroma, a textura ou a composição da planta (RUSSELLE, 1997). Teores de P na MS de *B. brizantha* abaixo da exigência mínima para bovinos também foram obtidos por PASSOS et al. (1994), em um estudo com várias fontes de P.

As doses crescentes de P_2O_5 reduziram, de forma linear, os teores de P na MS do estilosantes Mineirão apenas no segundo corte do segundo ano (Quadro 13).

A redução nos teores de P na MS do estilosantes possivelmente se deve à menor competição da leguminosa por água, luz e nutrientes, em decorrência da maior participação da gramínea no consórcio, conforme já relatado. No consórcio estilosantes e capim-braquiária, estabelecido por RAO et al. (1996), verificou-se tendência de redução nos teores de P nas folhas de estilosantes, em função das aplicações de doses crescentes de P, enquanto nas folhas das gramíneas esses teores aumentaram.

Quadro 13 - Equações de regressão para os teores de P (dag/kg) na MS de *B. decumbens* e *S. guianensis*, em função de doses de P₂O₅ (P), calcário (C) e gesso (G), em kg/ha

Corte	Fator	Equações	R ²	
Braquiária – 1º ano				
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,122$	0,74	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,128$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,133$		
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = 0,18 - 0,0002043^{***}P$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,191$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,180$		
3º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,104$		0,66
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,095$		
	Gesso	$\hat{Y} = 0,094 + 0,0000101^{**}G$		
Braquiária – 2º ano				
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,102$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,108$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,099$		
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,091$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,101$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,090$		
Estilosantes – 1º ano				
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,178$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,174$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,192$		
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,384$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,267$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,367$		
Estilosantes – 2º ano				
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,123$	0,81	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,130$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,139$		
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = 0,167 - 0,0003248^{***}P$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,127$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,118$		

** , *** Significativo a 1 e 10% de probabilidade, pelo teste t.

A aplicação de doses crescentes de gesso agrícola elevou, de forma linear, os teores de P na MS do capim-braquiária no terceiro corte do primeiro ano (Quadro 13) e reduziu a produção de MS (Quadro 8). A redução na produção de MS do capim-braquiária pode ter provocado o efeito de concentração do nutriente na planta, a exemplo de outros elementos citados anteriormente. No entanto, outros autores (RECHCIGL et al., 1993; RECHCIGL e MISLEVY, 1997) notaram que, mesmo ocorrendo aumento na produção de MS das gramíneas estudadas, os teores de P na parte aérea se elevaram com a aplicação de gesso agrícola.

O aumento nos teores de P na parte aérea do capim-braquiária pode ser, em parte, devido à presença de P na composição química do gesso agrícola, embora apresente em sua composição baixo teor de P, cerca de 0,25 dag/kg; a aplicação de doses elevadas de gesso agrícola (até 2.820 kg/ha) pode torná-lo em uma fonte expressiva de P. É pertinente relatar que a aplicação de uma dose referência, de 100 kg/ha de P_2O_5 , juntamente com as doses de gesso, elevou o teor médio de P no solo de 3,8 para 18,5 mg/dm³. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram obtidos por RECHCIGL e MISLEVY (1997), em solo arenoso com pH 4,9. Esses autores testaram doses de 0; 2,2 e 4,4 t/ha de fosfogesso, com 0,25% de P, e observaram aumento linear nos teores de P na MS de *Cynodon* spp. cv. Florona, atribuído à presença de P no fosfogesso. Comparando os teores de P na MS da braquiária obtidos neste trabalho com os da literatura (GUSS et al., 1990 e FONSECA et al., 1988), observa-se que, de modo geral, estão próximos daqueles considerados adequados para o crescimento e desenvolvimento das gramíneas, entretanto abaixo dos teores adequados às exigências de bovinos de corte em pastejo, 0,17% (NOLLER et al., 1996).

As doses crescentes de P_2O_5 reduziram linearmente os teores de S na MS do capim-braquiária apenas no segundo corte do segundo ano. Para os demais cortes, não houve influência das doses de P_2O_5 sobre os teores de S no capim-braquiária (Quadro 14).

Quadro 14 - Equações de regressão para os teores de S (dag/kg) na MS de *B. decumbens* e *S. guianensis*, em função de doses de P₂O₅ (P), calcário (C) e gesso (G), em kg/ha

Corte	Fator	Equações	R ²
Braquiária – 1º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,096$	0,86
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,091$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,082 + 0,0000199^{**}G$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,106$	0,79
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,119$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,102 + 0,0000515^{**}G - 0,000000014^{*}G^2$	
3º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,077$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,078$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,077$	
Braquiária – 2º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,089$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,098$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,097$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = 0,115 - 0,00027955^{**}P$	0,97
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,085$	0,88
	Gesso	$\hat{Y} = 0,055 + 0,00002697^{**}G$	
Estilosantes – 1º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,094$	0,93
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,097$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,086 + 0,00003658^{**}G$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,129$	0,79
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,128$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,114 + 0,00002382^{**}G$	
Estilosantes – 2º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,077$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,083$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,088$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = 0,097 - 0,000229^{**}P$	0,85
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,068$	0,89
	Gesso	$\hat{Y} = 0,061 + 0,00002286^{**}G$	

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

Em condições de campo não se espera que o superfosfato triplo seja importante fonte de S (FAQUIN et al. 1997); assim, a aplicação de adubos concentrados, sem S, pode conduzir à situação de deficiência.

JONES et al. (1984) relatam que o teor de S nas leguminosas pode estar associado à baixa produção e, conseqüentemente, à redução na participação destas nos consórcios. DELISTOIANOV et al. (1992) testaram várias fontes de P, na ausência e presença de gesso, em pastagem de capim-pangola consorciado com siratro, soja perene e centrosema, e observaram que as fontes de P não influenciaram os teores de S nas leguminosas, porém a presença de gesso, a exemplo do observado no presente estudo, elevou os teores de S nas leguminosas no primeiro ano e aumentou a porcentagem de leguminosas no consórcio.

A aplicação de doses crescentes de gesso nas misturas gesso/calcário elevou de formas linear e quadrática (Quadro 14) os teores de S na MS do capim-braquiária. Como já era esperado, a aplicação de doses crescentes de gesso agrícola aumentou a disponibilidade de S no solo (Quadro 7) e, conseqüentemente, os teores de S na planta, demonstrando que o gesso pode se constituir em importante fonte desse elemento para a nutrição dessa espécie forrageira. FAQUIN et al. (1997) verificaram que o uso do gesso associado ao calcário mais aplicações de fontes de P, sem S em suas composições, elevou os teores de S na MS de uma espécie de braquiária, corrigindo as deficiências desse elemento na forrageira. Em um trabalho em vasos, MONTEIRO e CARRIEL (1987) obtiveram resposta quadrática às doses crescentes de gesso dos teores de S na MS do capim-colonião. De acordo com esses autores, além de teores de S adequados na planta, é importante para a síntese de proteína que a relação N:S em gramíneas esteja próxima de 13,7:1. Na presente avaliação, as relações N:S no primeiro corte do primeiro ano foram de 15:1; 14,3:1; 12,3:1; 11,6:1; e 10,6:1 para as respectivas doses de 0, 230, 940, 1.880 e 2.820 kg/ha de gesso agrícola. Outros estudos têm mostrado aumento nos teores de S, em gramíneas tropicais consorciadas e em monocultivo, em função de doses crescentes de gesso (DELISTOIANOV et al., 1992; MONTEIRO e CARRIEL, 1987), corroborando os resultados do presente

estudo. Além do fornecimento de S, o gesso agrícola pode constituir-se em importante fonte de Ca para as espécies forrageiras.

Não houve efeito ($P>0,05$) das doses de P_2O_5 e da calagem sobre os teores de Ca na MS das espécies forrageiras (Quadro 15). Este comportamento não era esperado, pois a fonte de P utilizada, a qual apresenta CaO em sua composição, mais a aplicação de calcário, normalmente resulta em aumento de Ca^{2+} no solo e, conseqüentemente, eleva a sua disponibilidade para as plantas. É oportuno mencionar que as doses de calcário incorporadas ao solo foram baixas, ou seja, abaixo da necessidade de correção.

A aplicação de doses crescentes de gesso agrícola e decrescentes de calcário, ou seja, aumento da relação $CaSO_4/CaCO_3$, elevou, de forma quadrática, os teores de Ca na MS do capim-braquiária no terceiro corte do primeiro ano e, no segundo corte do segundo ano (Quadro 15). Obteve-se teor máximo de Ca (0,48 dag/kg) na forragem com 1.512 kg/ha de gesso no terceiro corte do primeiro ano e, no segundo corte do segundo ano, o máximo teor obtido (0,58 dag/kg) foi com 1.598 kg/ha de gesso. Resposta quadrática à aplicação de gesso agrícola dos teores de Ca na MS de *Paspalum notatum* Flügge também foi obtida por RECHCIGL et al. (1993), embora aumentos lineares nos teores de Ca em capim-colônia tenham sido constatados por MONTEIRO e CARRIEL (1987).

O gesso, que atua no fornecimento de S, também supre Ca ao sistema solo-planta. Observou-se que, mesmo ocorrendo lixiviação de Ca^{2+} na camada de 0-15 cm (Quadro 7), a aplicação de gesso agrícola apresenta-se como boa alternativa no suprimento desse nutriente para o capim-braquiária. O aumento nos teores de Ca na MS, mesmo com a lixiviação desse elemento, pode ser explicado pelo fato desse aumento ter ocorrido a partir do terceiro corte, época em que todo o sistema radical da gramínea já se encontrava bem desenvolvido, propiciando a exploração de camadas mais profundas do solo (>15 cm). A variação nos teores de Ca^{2+} , na camada de 15-30 cm, de 0,3 para 0,9 $cmol_c/dm^3$, em resposta às doses de gesso, pode ser, do ponto de vista agrônomo, bastante expressiva, em razão da baixa CTC efetiva do solo, demonstrando enriquecimento da camada de 15-30 cm em Ca e, conseqüentemente, aumento na disponibilidade e absorção pelas plantas.

Quadro 15 - Equações de regressão para os teores de Ca (dag/kg) na MS de *B. decumbens* e *S. guianensis*, em função de doses de P₂O₅ (P), calcário (C) e gesso (G), em kg/ha

Corte	Fator	Equações	R ²	
Braquiária – 1º ano				
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,379$	0,92	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,378$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,422$		
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,344$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,352$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,407$		
3º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,434$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,397$		
	Gesso	$\hat{Y} = 0,392 + 0,00013*G - 0,000000043*G^2$		
Braquiária – 2º ano				
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,466$	0,95	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,523$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,522$		
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,482$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,483$		
	Gesso	$\hat{Y} = 0,459 + 0,00016*G - 0,000000049*G^2$		
Estilosantes – 1º ano				
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,089$		0,87
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,077$		
	Gesso	$\hat{Y} = 1,087 + 0,00010**G$		
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,112$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,945$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,113$		
Estilosantes – 2º ano				
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,116$	0,86	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,281$		
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,285$		
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,284$		
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,221$		
	Gesso	$\hat{Y} = 1,003 + 0,00012*G$		

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

É possível, também, que o aumento nos teores de Ca na planta seja decorrente do efeito de concentração do elemento nos tecidos, pois a produção de MS do capim-braquiária decresceu linearmente (Quadro 8) com as doses de gesso agrícola aplicadas. Vários trabalhos têm revelado os efeitos da diluição e da concentração de elementos químicos na planta pelas respectivas elevação e redução na produção de MS (PIRES et al., 1992; PASSOS, 1994; LEITE et al., 1996; FAQUIN et al., 1997).

As doses crescentes de gesso agrícola nas misturas gesso agrícola/calcário dolomítico elevaram, de forma linear, os teores de Ca (Quadro 15) e S (Quadro 14) na MS do estilosantes. O empobrecimento da camada de 0-15 cm e enriquecimento da camada de 15-30 cm em Ca trocável e S disponível (Quadro 7), possivelmente, justificam o aumento nos teores de Ca e S na planta. Isto pode ser decorrente do enraizamento mais profundo proporcionado pelo gesso e calcário, permitindo maior absorção de Ca e S nas camadas mais profundas, conforme sugerem QUAGGIO et al. (1993). Segundo ANDRADE e KARIA (2000), o sistema radical profundo é uma das características morfofisiológicas do estilosantes Mineirão. Com essa característica, é provável que a absorção de água e nutrientes em profundidade, entre outros fatores, tenham favorecido o aumento na porcentagem de estilosantes na consorciação no segundo ano e, no primeiro ano, com o sistema radical ainda pouco desenvolvido, não houve efeito do gesso sobre essa variável (Quadro 10).

As doses crescentes de P_2O_5 elevaram linearmente os teores de Mg na MS do capim-braquiária no segundo corte do primeiro ano. Para os demais cortes, não houve efeito das doses de P_2O_5 sobre os teores de Mg no capim-braquiária (Quadro 16).

Quadro 16 - Equações de regressão para os teores de Mg (dag/kg) na MS de *B. decumbens* e *S. guianensis*, em função de doses de P₂O₅ (P), calcário (C) e gesso (G), em kg/ha

Corte	Fator	Equações	R ²
Braquiária – 1º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,509$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,498$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,462$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = 0,40 + 0,0008954^{**}P$	0,89
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,433$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,588 - 0,0001181^{**}G$	0,91
3º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,283$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,247$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,270$	
Braquiária – 2º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,328$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,309$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,340$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,365$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,335$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,358 - 0,0000653^{**}G$	0,82
Estilosantes – 1º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,526$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,459$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,594 - 0,000102^{**}G$	0,89
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = 0,672 - 0,00238^{**}P + 0,00000911^{**}P^2$	0,91
	Calagem	$\hat{Y} = 0,210 + 0,00017^{**}C - 0,000000021^{**}C^2$	0,99
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,255$	
Estilosantes – 2º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,314$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,301$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,311$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,236$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,321$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,321 - 0,00007857^{**}G$	0,86

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Observa-se, por meio da substituição na equação de regressão (Quadro 16), que mesmo na menor dose de P, 50 kg/ha de P_2O_5 , o teor de Mg na matéria seca do capim-braquiária foi elevado (0,41 dag/kg) e bem acima daquele considerado adequado para a exigência de bovinos de leite em pastejo, que, segundo NOLLER et al. (1996), é de 0,16 a 0,25 dag/kg. Provavelmente, a aplicação de calcário dolomítico, que apresenta Mg em sua composição, contribuiu para manter elevados teores de Mg nos tecidos vegetais, pois essa aplicação corrigiu a deficiência de Mg^{2+} no solo, elevando seus teores de 0,1 $cmol_c/dm^3$ para 0,78 e 0,28 $cmol_c/dm^3$ nas respectivas camadas de 0-15 e 15-30 cm no perfil do solo. Segundo FAQUIN et al. (1997), a associação de superfosfato triplo e calcário, conforme discutido, proporcionaram teores adequados de minerais na MS do capim-braquiária. Entretanto, no tratamento sem P, esses autores constataram que as quantidades acumuladas de Mg na parte aérea da planta forrageira foram extremamente baixas, em função de seu reduzido crescimento, dada a deficiência de P. O fato de a acumulação de um nutriente, de maneira geral, ser mais dependente da quantidade de MS produzida que de seu teor no tecido vegetal justifica os valores baixos encontrados.

O aumento nos teores de Mg, em resposta às doses crescentes de P_2O_5 , está em desacordo com o trabalho de LEITE et al. (1996), no qual os teores de Mg reduziram de forma quadrática. Isso pode ser explicado pela ausência do calcário dolomítico e também pelo efeito de diluição do nutriente no tecido vegetal, pois a produção, no referido trabalho, aumentou significativamente com as doses de P. Em várias espécies de gramíneas e leguminosas, PIRES et al. (1992) constataram maiores concentrações de Mg nos tratamentos com calcário dolomítico, quando comparado com os tratamentos que receberam calcário calcítico, demonstrando que o calcário dolomítico é importante fonte de Mg para as plantas forrageiras.

A aplicação de doses crescentes de calcário dolomítico, mesmo com doses abaixo da necessidade de correção do solo, elevou de forma quadrática (Quadro 16) os teores de Mg na MS do estilosantes no 2º corte do primeiro ano, demonstrando que o calcário dolomítico se constitui em importante fonte desse elemento para as leguminosas. PIRES et al. (1992) observaram

elevação nos teores de Mg em várias espécies de leguminosas com a aplicação de doses de calcário dolomítico. Esses autores concluíram, ainda, que o calcário calcítico elevou e reduziu, de forma mais consistente que o dolomítico, os respectivos teores de Ca^{2+} e Al^{3+} no solo.

As demais características do solo (Quadro 6), em função da aplicação de doses crescentes de calcário, são consideradas adequadas ao estabelecimento da leguminosa. ANDRADE e KARIA (2000) relatam que para o estílo Mineirão a elevação da saturação por bases no solo (V) em 25% é suficiente para o seu estabelecimento. A V máxima média observada atingiu 35% com a aplicação da dose equivalente a 75% da necessidade de correção.

O uso de doses crescentes de gesso agrícola nas misturas gesso/calcário reduziu linearmente os teores de Mg na MS do capim-braquiária (Quadro 16). Essa redução nos teores de Mg no capim-braquiária certamente ocorreu em razão da diminuição da dose de calcário dolomítico, que contém Mg em sua composição. Além disso, o aumento nas doses de gesso agrícola propiciou redução linear nos teores de Mg^{2+} na camada de 0-15 cm do perfil do solo (Quadro 7) e, possivelmente, diminuiu a disponibilidade de Mg para as plantas, com conseqüente redução nos teores desse elemento na parte aérea da gramínea.

Na literatura, ainda existe alguma contradição sobre a movimentação de Mg^{2+} em profundidade, em resposta à aplicação de gesso e calcário. SILVA et al. (1998) verificaram que o aumento de CaSO_4 nas misturas $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ provocou movimentação de Mg^{2+} em profundidade, fato que contrasta com o trabalho de SMITH et al. (1984), no qual a aplicação de gesso associado ao calcário dolomítico não propiciou movimentação de Mg^{2+} abaixo da camada de 0-5 cm do perfil. Entretanto, vários outros trabalhos em casa de vegetação (PAULINO et al., 1994; PASSOS, 1994; CARRIEL et al., 1995 e XAVIER et al., 1997) e no campo (LEITE et al., 1996; GOIS et al., 1997; CARVALHO et al., 2000) têm relatado a importância do calcário dolomítico no aumento dos teores de Mg^{2+} , embora a movimentação de Mg^{2+} no solo com a aplicação de calcário dependa, entre outros fatores, dos teores iniciais de Mg^{2+} no solo (CARVALHO et al., 1992). No presente trabalho, os teores iniciais baixos de Mg^{2+} no solo, de $0,1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, podem ter contribuído para a redução na absorção de Mg^{2+} ,

especialmente devido à competição entre cátions (GILBERT et al., 1989), reduzindo, conseqüentemente, os teores na planta.

As doses crescentes de P_2O_5 reduziram, de forma quadrática, os teores de Mg na MS do estilosantes Mineirão apenas no segundo corte do primeiro ano (Quadro 16).

Verifica-se que o decréscimo nos teores de Mg na leguminosa foi acompanhado de aumento dos seus teores na gramínea (Quadro 16), evidenciando a maior eficiência de aproveitamento desse elemento pelo capim-braquiária. A aplicação de doses crescentes de P, utilizando fonte solúvel com Ca na sua composição química, pode ter favorecido a absorção de Ca e desfavorecido a absorção de Mg pela leguminosa. Além disso, as leguminosas aumentam a absorção de Ca com o aumento da disponibilidade de P no solo (RAO et al., 1995). No presente estudo, constatou-se aumento de P disponível no solo na camada de 0-15 cm de profundidade com as doses de P_2O_5 . Segundo GILBERT et al. (1989), a adição de P em pastagens pode aumentar, reduzir ou ainda ter pouco efeito sobre os teores de minerais na planta, os quais dependerão das espécies, do suprimento de cátions pelo solo e da competição entre cátions. Esses autores constataram, em três espécies de estilosantes na Austrália, que a aplicação de superfosfato triplo elevou os teores de Mg, reduziu os teores de Ca e não teve efeito sobre os teores de K nas folhas e nos caules das plantas. Foi relatado ainda que a adubação com superfosfato triplo aumentou a relação Ca/P na planta e a alta relação esteve associada à baixa concentração de P na planta, o que poderia sugerir a necessidade de suplementação de P para os animais.

As doses crescentes de P_2O_5 reduziram, de forma linear, os teores de K na MS do capim-braquiária apenas no primeiro corte do segundo ano (Quadro 17).

Quadro 17 - Equações de regressão para os teores de K (dag/kg) na MS de *B. decumbens* e *S. guianensis*, em função de doses de P₂O₅ (P), calcário (C) e gesso (G), em kg/ha

Corte	Fator	Equações	R ²
Braquiária – 1º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,956$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,906$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,905$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,469$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,479$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,410$	
3º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,002$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,143$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,133$	
Braquiária – 2º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = 1,905 - 0,0127162^{***}P$	0,71
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,109$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,850$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,853$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,909$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,048$	
Estilosantes – 1º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,563$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,717$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,637$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,591$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,757$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,480 + 0,00017625^{**}G$	0,88
Estilosantes – 2º ano			
1º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = 0,368 + 0,00055716^{**}P$	0,71
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,428$	
	Gesso	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,430$	
2º	P ₂ O ₅	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,443$	
	Calagem	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,730$	
	Gesso	$\hat{Y} = 0,712 + 0,00010732^{*}G$	0,82

*, **, *** Significativo a 5, 1 e 10% de probabilidade, pelo teste t.

A redução nos teores de K e S na MS do capim-braquiária, com o aumento das doses de P_2O_5 , pode ser explicada, em parte, pelo efeito de diluição desses minerais nos tecidos, pois, embora sem ajuste de regressão, a produção de MS elevou-se de 1.155 para 2.964 kg/ha da dose de 50 para 250 kg/ha de P_2O_5 , provocando o referido efeito. Segundo LEITE et al. (1996), os teores de K na gramínea reduziram-se linearmente com o aumento das quantidades de adubo fosfatado, o que foi atribuído ao efeito de diluição, provocado pela maior produção de MS. No presente estudo, notou-se que, mesmo com a sucessão dos cortes, os teores de K^+ e S no solo permaneceram de médio a alto, suprindo-os adequadamente às plantas.

A aplicação de K por meio de adubações (40 kg/ha de K_2O por ocasião da semeadura e 40 kg/ha em cobertura), provavelmente favoreceu a sua disponibilidade no solo e contribuiu para manter seus teores elevados na MS. É importante salientar que a utilização de determinada quantidade basal de gesso agrícola não proporcionou lixiviação de K, entretanto, a redução nos teores de K (Quadro 17) e S (Quadro 14) na MS, em resposta às doses de P, pode levar à uma interpretação errônea de que o gesso juntamente com o superfosfato triplo provoca lixiviação de K^+ . Contudo, a remoção de K^+ , sem a devida reposição desse nutriente, ocorre principalmente quando se trabalha com forrageiras submetidas a cortes em que há grande remoção de forragem da área e, conseqüentemente, de nutrientes (MONTEIRO e CARRIEL, 1987). No presente estudo, não se verificaram efeitos ($P>0,10$) das doses de gesso e da calagem sobre os teores de K na MS do capim-braquiária e do estilosantes, exceto nos segundos cortes dos dois anos, em que os teores de K na leguminosa aumentaram diante das aplicações de gesso (Quadro 17).

De maneira geral, não houve efeito das doses crescentes de P_2O_5 sobre os teores de K na MS do estilosantes Mineirão, exceto no primeiro corte do segundo ano, quando se constatou aumento linear de K com a aplicação de P. Este aumento pode ser explicado, em parte, pelo efeito de concentração do nutriente nos tecidos, pois a produção de MS da leguminosa no segundo ano reduziu-se diante da aplicação de P (Quadro 11). Além disso, a reposição do K via adubação em cobertura, como já referido anteriormente, certamente contribuiu para maior absorção desse nutriente. Resultados semelhantes foram

obtidos por GILBERT et al. (1989), que não detectaram influência da adubação fosfatada sobre os teores de K, em diferentes partes da planta de estilosantes, quando os teores nas folhas (1 a 2 dag/kg) foram superiores aos teores nos caules (0,2 a 2,0 dag/kg) e nas sementes (0,3 a 1,0 dag/kg). No presente trabalho, os teores de K na MS variaram de 0,40 a 0,51 dag/kg para 50 e 250 kg/ha de P₂O₅, respectivamente.

4.4. Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS)

As aplicações de doses crescentes de P₂O₅ contribuíram para aumentar os teores de PB na MS do capim-braquiária apenas no 1º corte, com os dados ajustados à regressão quadrática (Quadro 18), estimando-se valor máximo de 9,10 dag/kg para a dose de 146 kg/ha de P₂O₅, isto é, superior à dose de máxima eficiência técnica (111,5 kg/ha de P₂O₅) para teores de PB da gramínea observados por COSTA et al. (1996), em casa de vegetação, em uma consorciação de *Brachiaria humidicola* com *Stylosanthes guianensis* cv. Cook. Como no presente estudo, PAULINO et al. (1994), em solo ácido, na presença de calagem, registraram efeito quadrático de doses crescentes de P sobre os teores de PB na MS do capim-braquiária cultivado em casa de vegetação. Esses autores obtiveram a máxima quantidade de PB na MS, com a aplicação de 82 kg/ha de P e 2,0 t/ha de calcário dolomítico. JONES et al. (1984) demonstraram que a aplicação de superfosfato simples, além de acréscimos dos teores de PB, aumentou os teores de S nos caules do capim-pangola consorciado com desmódio. Cabe relatar que, de modo geral, a aplicação de uma dose basal de gesso agrícola e calcário, como fontes de S e de outros elementos, foi importante para a obtenção de uma relação N:S próxima daquela reconhecida como a ideal para a síntese de proteína nas gramíneas, de 13,7:1.

Quadro 18 - Equações de regressão para os teores de PB (dag/kg) na MS de *B. decumbens*, em função de doses de P₂O₅ (P), calcário (C) e gesso (G), em kg/ha

Ano	Corte	Equações	R ²	
1º	1º	P ₂ O ₅ (P)	0,83	
		$\hat{Y} = 5,07 + 0,0553494*P - 0,000189983*P^2$		
		2º		$\hat{Y} = 8,06 - 0,01024**P$
	3º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,93$		
	1º	Calcário (C)		
		$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,19$		
		2º		$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,18$
	3º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,02$		
	1º	Gesso (G)		
		$\hat{Y} = 7,72 + 0,00051004**G$		0,73
		2º		$\hat{Y} = 6,15 + 0,0006188**G$
	3	$\hat{Y} = 6,29 + 0,00078528**G$	0,93	
2º	1º	P ₂ O ₅ (P)		
		$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,03$		
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,55$		
	1º	Calcário (C)		
		$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,40$		
	2º	$\hat{Y} = 3,14 + 0,0026**C - 0,00000039**C^2$	0,99	
	1º	Gesso (G)		
		$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,35$		
2º	$\hat{Y} = 6,13 + 0,00068204**G$	0,91		

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

Examinando-se o Quadro 18, verifica-se que os teores de PB, no segundo corte do primeiro ano, se reduziram de forma linear com a elevação das doses de P, provavelmente, em virtude dos aumentos na produção de MS da gramínea, provocando diluição nos teores de PB. Outros autores (CARRIEL et al., 1989; LEITE et al., 1996) também atribuíram esse fato ao efeito de diluição.

Nota-se que, além da redução nos teores de PB na MS do capim-braquiária, no segundo corte do primeiro ano, houve redução linear na produção de MS da leguminosa, em função das doses de P_2O_5 (Quadro 11), o que pode ter contribuído para menor fixação de N pela leguminosa. De fato, em condições de campo, GONÇALVES e COSTA (1994) observaram alta correlação positiva entre a porcentagem de leguminosas na mistura e a fixação de N e alta correlação negativa entre a participação da leguminosa na consorciação e a transferência de N para a gramínea. A transferência de N para a gramínea consorciada aumenta, à medida que as leguminosas se tornam menos persistentes na pastagem, já que a senescência e queda de folhas são um dos principais mecanismos de transferência do N fixado. Para espécies de estilosantes, esses autores constataram transferência de N das leguminosas para o capim-braquiária variando de 2,8 a 46,4 kg/ha.ano. Assim, a redução na porcentagem do estilosantes, mediante as doses de P_2O_5 , tanto no primeiro quanto no segundo ano (Quadro 12), pode ter comprometido o suprimento de N no sistema solo-planta, resultando em menores teores de PB na gramínea (Quadro 18). LEITE et al. (1996) atribuíram à maior produção de MS da leguminosa no primeiro ano, que se traduziu em aumentos nos teores de matéria orgânica no solo, o maior potencial de suprimento de N no segundo ano.

As doses crescentes de calcário dolomítico aumentaram, no segundo corte do segundo ano, os teores de PB na MS do capim-braquiária, com os dados ajustando-se a uma regressão quadrática (Quadro 18), com máximo teor (7,47 dag/kg) na dose estimada de 3.333 kg/ha. Por outro lado, o calcário dolomítico não influenciou o teor de PB no estilosantes (Quadro 19).

LEITE et al. (1996) observaram reduções nos teores de PB, o que foi justificado pelo aumento na produção de MS, resultante do efeito de diluição. Inversamente aos teores de PB, a produção de PB foi aumentada, em razão do acréscimo na produção de MS. Segundo esses autores, isso demonstra que a calagem na pastagem consorciada, quando a leguminosa efetivamente está presente, promove aumento na produção de proteína da gramínea, em decorrência do efeito que a calagem exerce sobre o aumento de fixação de N pela leguminosa e a conseqüente transferência para a gramínea.

Quadro 19 - Equações de regressão para os teores de PB (dag/kg) na MS de *S. guianensis*, em função de doses de P₂O₅ (P), calcário (C) e gesso (G), em kg/ha

Ano	Corte	Equações	R ²
		P ₂ O ₅ (P)	
	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,13$	
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,90$	
		Calcário (C)	
1º	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,66$	
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,94$	
		Gesso (G)	
	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,58$	
	2º	$\hat{Y} = 13,80 + 0,0008168^{**}G$	0,71
		P ₂ O ₅ (P)	
	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,47$	
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,88$	
		Calcário (C)	
2º	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,03$	
	2º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,06$	
		Gesso (G)	
	1º	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,31$	
	2º	$\hat{Y} = 14,22 + 0,0008001^{**}G$	0,92

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

O fato de a porcentagem média de estilosantes na pastagem no segundo ano ter sido maior que a do primeiro ano não se traduziu em maiores teores de PB na gramínea; pelo contrário, os teores médios de PB no segundo ano, de modo geral, foram menores que os do primeiro ano. Provavelmente, isso se explica pelas baixas capacidade no suprimento de N desse solo e porcentagem de leguminosa no sistema intensivo de cortes. No sistema de cortes, em casa de vegetação, CARRIEL et al. (1996) verificaram que houve efeito quadrático negativo sobre os teores de N no capim-braquiária com a aplicação de doses crescentes de calcário, enquanto no segundo ano os teores de N foram bem menores que os do primeiro ano, necessitando, portanto, de adubação nitrogenada constante para a manutenção de bom teor protéico

dessas plantas. Além disso, o sistema de cortes pouco contribui para a reciclagem de N por meio das excreções e da liteira. CANTARUTTI (1996) enfatiza que a proporção entre o N que recicla através das excreções e da liteira depende da intensidade de utilização da pastagem; assim, o N reciclado através da liteira é inversamente proporcional à intensidade de utilização (pastejo ou cortes). Esse autor estimou que, na menor taxa de lotação (2 UA/ha), em que houve maior proporção de *Desmodium ovalifolium*, essa leguminosa contribuiu para acréscimo de 124 kg/ha.ano de N no solo, dos quais 62 kg/ha.ano eram provenientes da fixação biológica de N pela leguminosa. Verificou também que a cada 12 dias metade do N depositado pela liteira recicla, potencializando sua transferência para a gramínea.

A análise de regressão revelou efeito ($P < 0,01$) do gesso agrícola para os teores de PB na MS do capim-braquiária e do estilosantes. Os teores de PB na MS das espécies forrageiras, na maioria dos cortes, aumentaram linearmente em resposta às doses de gesso (Quadros 18 e 19).

Observa-se (Quadro 18) que, a partir do segundo corte, ocorreram aumentos nos teores protéicos e decréscimos na produção de MS da gramínea (Quadro 8), diante das doses de gesso, possivelmente proporcionando o efeito de concentração na planta (JARREL e BERVELY, 1981). Além desse efeito, nota-se que o aumento na porcentagem de estilosantes (Quadro 12), no segundo ano, pode ter contribuído para o aporte de N ao sistema solo-planta.

Segundo CANTARUTTI et al. (1997), quanto maior a proporção de leguminosa, maior a contribuição de N que recicla da liteira. Entretanto, GONÇALVES e COSTA (1994) observaram alta correlação positiva entre a porcentagem de leguminosas na mistura e a fixação de N e alta correlação negativa entre a participação das leguminosas na consorciação e a transferência de N para a gramínea, conforme citado anteriormente.

O gesso, por constituir-se em uma importante fonte de S, proporcionou acréscimos nos teores de S na MS da gramínea na maioria dos cortes avaliados, o que, provavelmente, contribuiu para elevar o teor protéico na gramínea e no estilosantes. Outros estudos têm mostrado o aumento nos teores de S, em gramíneas tropicais consorciadas (DELISTOIANOV et al., 1992) e em monocultivo (MONTEIRO e CARRIEL, 1987; FAQUIN et al., 1997)

em função de doses crescentes de gesso. No presente estudo, o maior teor de S (0,13 dag/kg) na MS do capim-braquiária foi obtido com a aplicação de 2.820 kg/ha de gesso agrícola e a relação N:S foi de 11,6:1. De acordo com MONTEIRO e CARRIEL (1987), relações N:S acima de 13,7:1 evidenciam a deficiência de S para o crescimento normal das gramíneas. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram obtidos por COLOZZA et al. (1983), os quais demonstraram que a aplicação de doses de gesso agrícola, na presença de calcário dolomítico, em Latossolo Vermelho-Amarelo ácido, fase cerrado, elevou os teores de N total na soja-perene, evidenciando, assim, a importância da calagem, quando se usa gesso a campo.

QUAGGIO et al. (1993) verificaram que as doses crescentes de calcário proporcionaram níveis mais elevados de N, P e K nas folhas da soja, o que, segundo esses autores, demonstra os efeitos benéficos da calagem no melhor aproveitamento de N, P e K pela cultura e no processo biológico de fixação de N, os quais estão associados, principalmente, à maior disponibilidade de Mo e redução na acidez do solo, fundamental para a sobrevivência da bactéria fixadora de N. Trabalhos com *Paspalum notatum* (RECHCIGL et al., 1993) e *Cynodon* spp. (RECHCIGL e MISLEVY, 1997), conduzidos na Flórida, não mostraram influência da aplicação de calcário e gesso nos teores de PB na MS dessas gramíneas.

Os teores de FDN na MS do capim-braquiária no primeiro ano de avaliação reduziram-se de forma linear com as doses crescentes de P_2O_5 (Quadro 20), atingindo-se menor valor (64,6%) com a maior dose de P_2O_5 (250 kg/ha de P_2O_5). Resultados semelhantes foram observados por HENDRICKSEN et al. (1994), em pastagem nativa consorciada com estilosantes, registrando-se o menor teor de FDN (59,2%) com a aplicação da maior dose de P (124 kg/ha de P_2O_5), que também proporcionou maior teor de P nas folhas e nos caules da gramínea. Contrariamente aos resultados de HENDRICKSEN et al. (1994) e aos do presente estudo, SANTOS et al. (1999) observaram, em casa de vegetação, que a aplicação de doses crescentes de P_2O_5 elevou o teor de FDN da *Brachiaria brizantha* consorciada com *Arachis pintoi*. Reconhecidamente, as lâminas foliares das gramíneas tropicais apresentam menores teores de frações fibrosas que o colmo. Assim, RAO et al.

(1996), trabalhando com a aplicação de doses crescentes de P (0, 10, 20 e 50 kg/ha) em latossolo ácido, obtiveram aumentos significativos ($P < 0,05$) na área foliar da *Brachiaria dictyoneura* associada com *Arachis pintoii*, *Stylosantes capitata* e *Centrosema acutifolium*. No presente estudo, o maior crescimento da gramínea, em função das doses de P_2O_5 , com maior número de perfilhos (Quadro 12) e, conseqüentemente, de folhas, provavelmente proporcionou maior área foliar da gramínea, o que pode ter contribuído para a redução no teor de FDN da gramínea.

Quadro 20 - Equações de regressão ajustadas aos valores médios de fibra em detergente neutro (FDN, %), fibra em detergente ácido (FDA, %), lignina (%) e digestibilidade "in vitro" da matéria seca (DIVMS, %) de *B. decumbens*, em função das doses de P_2O_5 (P, kg/ha)

Características	Equações	R ²
1º Ano		
FDN	$\hat{Y} = 76,6 - 0,0475556 * P$	0,71
FDA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 41,0$	
Lignina	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,2$	
DIVMS	$\hat{Y} = \bar{Y} = 55,0$	
2º Ano		
FDN	$\hat{Y} = \bar{Y} = 73,7$	
FDA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 40,7$	
Lignina	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,1$	
DIVMS	$\hat{Y} = 45,8 + 0,068746 ** P - 0,0001673 ** P^2$	0,96

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

Cabe relatar que os teores de FDN, embora estivessem acima dos valores limitantes do consumo voluntário dos animais em pastejo, de 55 a 60%, podem ser considerados normais para espécies tropicais.

Os teores de FDA e lignina na MS da braquiária não foram influenciados ($P>0,05$) pelas doses crescentes de P_2O_5 (Quadro 20).

A digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) da gramínea apresentou resposta quadrática positiva ($P<0,01$), com o aumento das doses de P_2O_5 (Quadro 20), apenas no segundo ano de avaliação. O máximo índice de DIVMS com a dose estimada de 205 kg/ha de P_2O_5 foi de 52,9%. Nota-se, portanto, que, mesmo na maior dose, a DIVMS média nos dois cortes apresentou-se abaixo daquela considerada ideal para a nutrição animal, ou seja, ao redor de 65%, porém próxima aos índices encontrados em gramíneas do gênero *Brachiaria*. Em trabalhos pioneiros com espécies de gramíneas de clima temperado, REID e JUNG (1965) não constataram influência da adubação fosfatada sobre a digestibilidade “in vivo” dessas gramíneas, entretanto, a aplicação de N elevou a digestibilidade da MS. Assim, sugere-se que o aumento na porcentagem de leguminosas na pastagem consorciada, com maior aporte de N para sistema solo-planta, pode alterar o valor nutritivo da forragem pelo aumento da digestibilidade da gramínea.

A aplicação de doses crescentes de gesso agrícola reduziu, de forma quadrática (Quadro 21), os teores de FDN na gramínea no primeiro ano de avaliação, porém este efeito desapareceu no segundo ano. A lixiviação de Ca com o aumento do gesso agrícola nas misturas gesso/calcário pode ter contribuído para menor suprimento de Ca e, conseqüentemente, reduzido a síntese e deposição de carboidratos estruturais na parede celular, pois, ao contrário dos demais macronutrientes, o Ca predominantemente concentra-se na parede celular da célula, onde se liga a diversos compostos constituintes da parede (MARSCHNER, 1995).

Provavelmente, os maiores teores de PB na gramínea, nas altas doses de gesso, devem-se ao elevado teor de S na MS da planta, dada a importância desse nutriente na síntese protéica. Assim, a redução nos teores de FDN, em resposta às doses de gesso, pode estar relacionada com maior acúmulo de nutrientes, especialmente N, e redução dos constituintes da parede celular.

Não houve influência das doses de calcário ($P>0,05$) sobre os teores de FDN, FDA, lignina e DIVMS no capim-braquiária (Quadro 22).

Quadro 21 - Equações de regressão ajustadas aos valores médios de fibra em detergente neutro (FDN, %), fibra em detergente ácido (FDA, %), lignina (%) e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS, %) de *B. decumbens*, em função das doses de gesso (G, kg/ha), nas misturas calcário/gesso

Características	Equações	R ²
	1º Ano	
FDN	$\hat{Y} = 73,1 - 0,00727777^{**}G + 0,00000179^{*}G^2$	0,90
FDA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 40,9$	
Lignina	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,3$	
DIVMS	$\hat{Y} = \bar{Y} = 59,0$	
	2º Ano	
FDN	$\hat{Y} = \bar{Y} = 72,5$	
FDA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 40,5$	
Lignina	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,1$	
DIVMS	$\hat{Y} = \bar{Y} = 55,0$	

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

Quadro 22 - Equações de regressão ajustadas aos valores médios de fibra em detergente neutro (FDN, %), fibra em detergente ácido (FDA, %), lignina (%) e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS, %) de *B. decumbens*, em função de doses de calcário (C, kg/ha)

Características	Equações	
	1º Ano	
FDN	$\hat{Y} = \bar{Y} = 69,9$	
FDA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 41,4$	
Lignina	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,1$	
DIVMS	$\hat{Y} = \bar{Y} = 50,30$	
	2º Ano	
FDN	$\hat{Y} = \bar{Y} = 71,5$	
FDA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 40,8$	
Lignina	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,3$	
DIVMS	$\hat{Y} = \bar{Y} = 51,4$	

4.5. Influência dos métodos de estabelecimento das espécies forrageiras sobre as características químicas do solo

A análise de variância revelou significância ($P < 0,05$) para o efeito de métodos de estabelecimento sobre os teores de P, K e S disponíveis, Ca e Al trocáveis e $H + Al$ (Quadro 23). Verifica-se que, de modo geral, os teores de P, S, Ca^{2+} e K no solo, para os métodos de estabelecimento da pastagem em duas e três etapas, foram mais elevados que aqueles obtidos com o estabelecimento em uma única vez. As aplicações de P, K, gesso e calcário, de formas parceladas em duas e três vezes, podem ter contribuído para a redução da lixiviação de Ca e K como íon acompanhante de sulfato e, conseqüentemente, esses teores foram maiores nessa condição. A prática de adubação potássica em cobertura, inclusive parcelada, pode ser útil para minimizar as perdas de K, quando se utiliza gesso em condições de campo (SILVA et al., 1998). Esses autores constataram que não houve lixiviação de K^+ com o aumento na proporção $CaSO_4/CaCO_3$, quando se utilizou adubação potássica parcelada.

Com relação ao P, além do parcelamento da adubação, realizada com superfosfato triplo sob a forma granulada, a aplicação localizada no sulco pode ter desfavorecido a precipitação e, ou, adsorção de P no solo. TEIXEIRA et al. (1997) constataram pequena influência da aplicação de P no sulco de semeadura de *Brachiaria brizantha*. O principal responsável pela pequena tendência de aumento nos teores desse nutriente foi a elevada capacidade de precipitação e, ou, adsorção do P pelo Cambissolo, em conseqüência da acidez elevada e das características mineralógicas, que fazem com que o P solúvel adicionado ao solo seja transformado para formas menos solúveis. Segundo aqueles autores, em áreas inclinadas (15 cm/m de declive), ocorre movimentação de Ca e Mg na parcela e, com isso, minimizam-se as críticas ao sistema de calagem e adubação localizadas em pastagens, nas quais se prevê a ocorrência de limitação da disseminação das espécies e do desenvolvimento radical à área de aplicação dos corretivos e fertilizantes.

Quadro 23 - Características químicas do solo nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade nos diferentes métodos de estabelecimento das espécies introduzidas

Métodos*	Profundidades (cm)											
	0-15						15-30					
	P	K	S	Ca ²⁺	Al ³⁺	H+Al	P	K	S	Ca ²⁺	Al ³⁺	H+Al
-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----			-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----			
1	23,8b	67,7b	17,4b	2,2a	0,25a	6,7ab	8,9b	60,0a	17,0a	0,8b	0,66b	6,7ab
2	29,2ab	65,0b	26,5a	2,4a	0,20a	5,7b	7,9b	59,0a	22,0a	1,4ab	0,33c	6,2ab
3	68,9a	104,6a	25,9a	2,8a	0,20a	5,9ab	27,0a	59,5a	25,0a	1,9a	0,30c	5,9b
4	37,9ab	89,6ab	23,4a	2,5a	0,30a	6,0ab	19,4ab	60,2a	23,0a	1,4ab	0,36c	6,3ab
5	24,1b	79,6ab	17,3b	2,2a	0,40a	8,6a	8,3b	61,9a	20,0a	0,5b	1,10a	8,1a

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

* 1 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96

2 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

3 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96 e 01/10/97.

4 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96, 01/10/97 e 03/10/98.

5 - Aração e gradeação, correção, adubação e semeadura em uma única aplicação, em sulcos espaçados de 1,0 m em 28/12/97.

Verifica-se, ainda no Quadro 23, que os teores de Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ na camada de 15-30 cm, no método de estabelecimento convencional, com aração e gradeação, são mais elevados que nos demais métodos. Isso provavelmente ocorreu devido ao aumento na densidade de plantas, em consequência da intensificação do preparo do solo, que reconhecidamente aumenta a acidez do solo. KUMAR et al. (1981) constataram que o aumento da densidade de plantas de *Brachiaria mutica*, proporcionado pela diminuição do espaçamento entre linhas, causou redução no pH do solo (nas camadas de 0-15 e 15-30 cm).

4.6. Influência dos métodos de estabelecimento sobre a produção de MS e o valor nutritivo das espécies forrageiras

No primeiro ano não houve influência ($P > 0,05$) dos métodos de estabelecimento na produção de forragem. Entretanto, nos dois cortes realizados no segundo ano (Quadro 24), o método de estabelecimento em duas etapas, com sulcos espaçados de 1,5 m, propiciou maior produção de MS do capim-braquiária, especialmente a produção do segundo corte, a qual se igualou ($P > 0,05$) à produção obtida no estabelecimento com aração e gradeação. A produção de MS do estilosantes, no segundo corte do segundo ano, foi maior no estabelecimento com aração e gradeação do solo, porém os teores de PB foram menores nessas condições (Quadro 24), provavelmente devido ao efeito de diluição do N na planta (JEFFERSON e KIELLY, 1998).

Em pastagem nativa, MICHALK et al. (1998) constataram que a passagem de implemento de discos para o estabelecimento do consórcio capim-buffel e estilosantes favoreceu o estabelecimento da gramínea, com consequente aumento na produção de MS. Em áreas de formação de pastagens, quando o solo está descoberto devido à aração e gradeação, o risco de erosão é grande. Além disso, com a adoção de um preparo mínimo de solo, com introdução de espécies produtivas mais tolerantes às deficiências de nutrientes no solo, pode-se conseguir produções satisfatórias. Entretanto, de modo geral, a produção de MS do capim-braquiária introduzido em pastagens naturalizadas da Zona da Mata mineira elevou-se com a intensidade de cultivo

do solo (CRUZ FILHO et al., 1986), assemelhando-se aos resultados do presente trabalho.

Verifica-se, principalmente no segundo corte (Quadro 24), que mesmo no espaçamento mais amplo (1,5 m, em duas etapas de estabelecimento) a produção de MS da gramínea superou a produção obtida com menor distância entre linhas (1,0 m). Vários trabalhos (WORKER JÚNIOR, 1973; LIRA et al., 1976; KUMAR et al., 1981; JEFFERSON e KIELLY, 1998) têm demonstrado aumentos na produção de MS de gramíneas com a redução do espaçamento entre linhas. Isso decorre, principalmente, do aumento na densidade de perfilhos.

Quadro 24 - Produção de matéria seca (MS, kg/ha) e teor de proteína bruta (PB, dag/kg) na MS de *B. decumbens* e *S. guianensis*, em diferentes métodos de estabelecimento no segundo ano

Métodos*	Braquiária				Estilosantes			
	1º corte		2º corte		1º corte		2º corte	
	MS	PB	MS	PB	MS	PB	MS	PB
1	2790b	6,2b	3169b	6,7a	709a	13,9a	414b	14,4b
2	2340b	5,8b	3008ab	5,6b	657a	13,9a	499ab	13,6bc
3	3545ab	6,4ab	4445a	6,4ab	597a	12,8a	417ab	16,8a
4	2143b	6,1ab	2900ab	6,8a	649a	11,3b	378ab	16,2a
5	4859a	7,9a	4012ab	7,0a	670a	15,1a	756a	12,7c

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

* 1 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

2 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

3 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96 e 01/10/97.

4 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96, 01/10/97 e 03/10/98.

5 - Aração e gradeação, correção, adubação e semeadura em uma única aplicação, em sulcos espaçados de 1,0 m, em 28/12/97.

O estabelecimento em apenas uma etapa e com 1,0 m entre linhas proporcionou maior densidade de perfilhos (Quadro 25) no primeiro ano, porém não se traduziu em maior produção de MS no mesmo ano. Verifica-se que o número de perfilhos/m², no segundo ano, no estabelecimento em duas etapas, se igualou estatisticamente às densidades de perfilhos obtidas com o estabelecimento em uma única vez, com espaçamento de 1,0 m entre linhas (Quadro 25). De forma semelhante à densidade de perfilhos, a maior altura de plantas (Quadro 25), no primeiro ano, no estabelecimento em duas etapas, não proporcionou maior produção de MS.

Quadro 25 - Número de perfilhos (NP, Perfilhos/m²), altura de plantas (cm), fibra em detergente neutro (FDN, %) e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS, %) de *B. decumbens*, em diferentes métodos de estabelecimento

Métodos*	1º Ano				2º Ano			
	NP	Altura	FDN	DIVMS	NP	Altura	FDN	DIVMS
1	481a	79ab	72,4a	54,4b	529a	88a	72,2a	54,8a
2	294b	73b	72,1a	51,9c	457b	91a	70,8ab	55,5a
3	236b	88a	68,1a	57,8 ^a	519a	85ab	72,9a	54,0a
4	129c	71b	71,6a	55,2b	406c	91a	68,6b	53,6a
5	-	-	-	-	557a	79a	69,4ab	54,5a

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

* 1 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

2 -Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

3 -Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96 e 01/10/97.

4 -Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96, 01/10/97 e 03/10/98.

5 -Aração e gradeação, correção, adubação e semeadura em uma única aplicação, em sulcos espaçados de 1,0 m, em 28/12/97, com corte apenas no 2º ano.

A DIVMS do capim-braquiária foi maior ($P < 0,05$) no estabelecimento em duas etapas (Quadro 25), quando se adotou o espaçamento de 1,5 m entre linhas. JEFFERSON e KIELLY (1998), em outras espécies de gramíneas, constataram incrementos de 3,0 e 3,6 unidades na digestibilidade da matéria orgânica (DMO) das folhas, em função do aumento no espaçamento entre linhas. Segundo esses autores, esses acréscimos são pouco significativos, pois o aumento na proporção de folhas de gramíneas estabelecidas com espaçamentos reduzidos é mais relevante.

A concentração de FDN foi maior ($P < 0,05$) no espaçamento de 1,0 m entre linhas com estabelecimento em uma única etapa, porém estatisticamente igual ao estabelecimento em duas etapas (Quadro 25), com espaçamento de 1,5 m entre linhas, no segundo ano. Aumentos nas distâncias entre linhas podem reduzir a proporção de folhas e aumentar os perfilhos reprodutivos e, conseqüentemente, elevar os teores de celulose e lignina (JEFFERSON e KIELLY, 1998), produzindo uma forragem com maior teor de FDN.

Nota-se no Quadro 26 que, no primeiro ano, o maior teor de PB no capim-braquiária foi obtido com o espaçamento de 1,5 m entre sulcos no estabelecimento único, porém estatisticamente igual ($P > 0,05$) ao estabelecimento em duas etapas. No segundo ano, os teores de PB foram maiores com a aração e gradeação do solo principalmente no primeiro corte. O revolvimento do solo permite a infiltração de água, atividade de microorganismos e aeração do solo e, provavelmente, favorece a mineralização do N potencialmente mineralizável, aumentando a disponibilidade desse nutriente para as plantas. Segundo JEFFERSON e KIELLY (1998), em situações de baixas densidades de plantas, aumentos nos teores de N são esperados, pois nessa condição ocorre menor competição pelo N mineralizado do solo.

É pertinente relatar que os teores de PB da gramínea estão próximos ou acima de 7,0 dag/kg, teor mínimo para manutenção da população microbiana do rúmex (BOGDAN, 1977).

Quadro 26 - Teores médios de proteína bruta (PB), cálcio (Ca), fósforo (P) e potássio (K) na MS de *B. decumbens* e do *S. guianensis*, nos diferentes métodos de estabelecimento, no segundo corte do primeiro ano, em dag/kg

Métodos*	Braquiária				Estilosantes			
	PB	P	Ca	K	PB	P	Ca	K
1	6,6b	0,16ab	0,37a	0,44b	13,4a	0,37b	1,01b	0,61a
2	7,6a	0,19a	0,33ab	0,67ab	15,7a	0,44a	0,82c	0,59a
3	7,1ab	0,16ab	0,37a	0,87a	14,2a	0,31bc	0,96b	0,53a
4	6,2b	0,11b	0,28b	0,97a	15,3a	0,29c	1,15a	0,50a

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

* 1 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

2 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

3 - Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96 e 01/10/97.

4 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96, 01/10/97 e 03/10/98.

Os métodos de estabelecimento, na maioria dos cortes, não influenciaram ($P > 0,05$) os teores de minerais na MS do capim-braquiária e do estilosantes. Entretanto, nas amostras de MS das espécies, referentes ao segundo corte do primeiro ano (Quadro 26), nota-se que o estabelecimento em duas e três etapas propiciou maiores teores de K no capim-braquiária e Ca no estilosantes. Com relação ao P, os maiores teores foram detectados nas amostras de MS das espécies estabelecidas em uma única etapa com 1,5 m entre linhas, atingindo 0,44 dag/kg de P no estilosantes. Segundo McIVOR (1984), os teores críticos de P na parte aérea de *Stylosanthes*, sob o estágio de pré-florescimento, variaram entre 0,10 e 0,30 dag/kg. Enfim, os teores de P na MS da gramínea e da leguminosa estão próximos ou acima daquele teor (0,18 dag/kg) considerado adequado para bovinos em pastejo (NOLLER et al., 1996).

4.7. Produção total de MS das espécies forrageiras

As produções totais de MS da *Brachiaria decumbens* e *Stylosanthes guianensis* var. vulgaris cv. Mineirão, de todos os cortes, realizados nos dois anos de avaliações, encontram-se no Quadro 27.

As recomendações técnicas, com base no somatório das produções do capim-braquiária, são de 250 kg/ha de P_2O_5 , substituição de 37,5% do CaO do calcário pelo CaO do gesso agrícola aplicados nos sulcos de semeadura espaçados de 1,0 m.

Para manter a porcentagem de estilosantes no consórcio ao redor de 20% e melhorar a produtividade e o valor nutritivo da forragem, recomendam-se a aplicação de 50 kg/ha de P_2O_5 , a substituição de 37,5% do CaO do calcário pelo CaO do gesso e a semeadura em linhas espaçadas de 1,5 m.

Quadro 27 - Produções totais de MS do capim-braquiária obtidas de cinco cortes (três em 1997/1998 e dois em 1998/1999) e de estilosantes, obtidas de quatro cortes (dois em 1997/1998 e dois efetuados em 1998/1999), em diferentes doses de P₂O₅, calcário e gesso (kg/ha) e métodos de estabelecimento do consórcio

Tratamentos	Produção de MS (kg/ha)	
Métodos*	Braquiária	Estilosantes
1	13.924	1.419
2	10.958	1.347
3	12.299	1.108
4	7.092	1.148
5	8.871	1.426
P ₂ O ₅	Braquiária	Estilosantes
0	8.007	2.226
100	14.204	1.419
150	10.633	1.556
200	12.410	852
250	16.941	628
Calcário	Braquiária	Estilosantes
1.175	8.980	976
2.300	12.323	1.521
3.525	14.117	1.606
4.700	14.204	1.419
Gesso	Braquiária	Estilosantes
0	15.925	1.270
230	14.204	1.419
940	12.009	1.387
1.880	9.645	1.631
2.820	9.632	1.555

* 1 - Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

2 -Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura no sulco em 30/12/96.

3 -Espaçamento de 1,5 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96 e 01/10/97.

4 -Espaçamento de 1,0 m entre sulcos com correção, adubação e semeadura parceladas igualmente em 30/12/96, 01/10/97 e 03/10/98.

5 -Aração e gradeação, correção, adubação e semeadura em uma única aplicação, em sulcos espaçados de 1,0 m em 28/12/97.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O experimento foi conduzido em área de pastagem natural degradada do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de novembro de 1996 a maio de 1999, com o objetivo de avaliar algumas características da fertilidade do solo e do valor nutritivo das espécies *B. decumbens* e *S. guianensis* cv. Mineirão, estabelecidas em consórcio sob diferentes modalidades de semeadura, doses de P, calcário e gesso agrícola.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, em que os tratamentos foram distribuídos em uma matriz baconiana composta por cinco doses de P (50, 100, 150, 200 e 250 kg/ha de P_2O_5), sob a forma de superfosfato triplo; quatro doses de calcário dolomítico (1.175, 2.350, 3.525 e 4.700 kg/ha, equivalendo, respectivamente, a 25, 50, 75 e 100% da necessidade de calagem); cinco doses de gesso agrícola (0, 230, 460, 920 e 1.840 kg/ha, equivalendo, respectivamente, à substituição de 0, 3,0; 12,5; 25,0 e 37,5% do CaO do calcário); e cinco métodos de estabelecimento (apenas sulcamento com 1,0 m entre sulcos; apenas sulcamento com 1,5 m entre sulcos; apenas sulcamento com 1,5 e 1,0 m entre linhas com semeadura em duas e três etapas, respectivamente; e sulcamento com 1,0 m entre sulcos, precedido de aração e gradeação).

Estudaram-se a dinâmica de nutrientes no solo e os teores de minerais na forragem, a participação da leguminosa no consórcio e alguns componentes

do valor nutritivo das espécies introduzidas. Foram efetuados, na estação das águas, três cortes no primeiro ano e dois cortes no segundo. Vinte e sete meses após a aplicação dos tratamentos, foram amostrados, ao acaso, vinte pontos em cada parcela, para a colheita de amostras de solo nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade.

O teor de P-Mehlich 1, na camada de 0-15 cm do perfil do solo, apresentou resposta linear positiva às doses de P, atingindo 52,2 mg/dm³ na dose de 250 kg/ha de P₂O₅.

As doses crescentes de calcário dolomítico aumentaram linearmente os teores de Ca trocável e reduziram, de formas quadráticas, os teores de Al³⁺ e a CTC medida a pH 7,0 na camada de 0-15 cm do perfil do solo. A porcentagem de saturação por bases atingiu 35% com a aplicação de 3.525 kg/ha de calcário.

Os aumentos da dose de gesso, em substituição ao calcário, reduziram os teores de Ca e Mg trocáveis na camada de 0-15 cm e elevaram os teores de S disponível e Al trocável em ambas as camadas de solo amostradas.

O rendimento de MS do capim-braquiária aumentou linearmente com as doses de P, variando de 874 a 2.963 kg/ha no primeiro corte do primeiro ano, na menor e maior dose, respectivamente. A densidade de perfilhos e a altura de plantas elevaram-se em resposta à aplicação de P. Entretanto, as doses crescentes de P reduziram a produção de MS e os teores de Mg, P e S no estilosantes. As doses de P₂O₅ incrementaram os teores de PB e Mg e diminuíram os de P, K e S na MS do capim-braquiária. Os teores de FDN reduziram de 74,2 para 64,6, com 50 e 250 kg/ha de P₂O₅, respectivamente. O máximo coeficiente de DIVMS, de 52,9%, foi atingido com a dose estimada de 205 kg/ha de P₂O₅.

As doses crescentes de calcário dolomítico provocaram aumentos no rendimento de MS e no teor de PB, atingindo, respectivamente, 3.148 kg/ha e 7,5 dag/kg na dose de 3.525 kg/ha. A densidade de perfilhos também foi aumentada com a aplicação de calcário.

A substituição crescente do calcário pelo gesso reduziu e elevou linearmente o rendimento de MS e o teor de PB do capim-braquiária, respectivamente. A participação do estilosantes no consórcio variou de 13,4

para 20,3% na menor e maior dose de gesso, respectivamente. Constatou-se que o gesso incrementou os teores de P, Ca e S na gramínea e os teores de Ca, K e S na leguminosa. O teor de FDN na gramínea reduziu-se com as doses crescentes de gesso, estimando-se em 65,3% na dose de 2.140 kg/ha.

O estabelecimento em sulcos espaçados de 1,5 m em duas etapas proporcionou maiores teores de P-Mehlich1 (68,9 mg/dm³) e K-Mehlich (104,6 mg/dm³) no solo. Os estabelecimentos em duas e três etapas propiciaram maiores teores de K no capim-braquiária e o maior teor de Ca no estilosantes foi obtido com o estabelecimento em três etapas.

O método de estabelecimento em duas etapas, com sulcos espaçados de 1,5 m, propiciou maior produção de MS do capim-braquiária, especialmente no segundo corte (4.445 kg/ha) no segundo ano, a qual se igualou ao estabelecimento com aração e gradeação. De modo geral, os maiores teores de PB (7,9 e 7,0 dag/kg) no capim-braquiária foram alcançados no estabelecimento com aração e gradeação do solo, nos dois cortes efetuados no segundo ano. Este método também proporcionou maior produção de MS (756 kg/ha) do estilosantes, porém com menor teor protéico (12,7 dag/kg), quando comparado com o estabelecimento em duas etapas (16,8 dag/kg) e três etapas (16,2 dag/kg). A DIVMS da matéria seca do capim-braquiária (57,8%) foi maior no estabelecimento em duas etapas e o teor de FDN (68,6%), menor no estabelecimento em três etapas.

Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que:

- o maior teor de Ca trocável, na camada de 0-15 cm, foi obtido com a dose correspondente de 100% da necessidade de correção do solo;
- o gesso agrícola elevou os teores disponíveis de P na camada de 0-15 cm e de S na camada de 0-15 e 15-30 cm de profundidade;
- a substituição do CaO do calcário pelo CaO do gesso provocou decréscimos no Ca e Mg trocáveis na camada de 0-15 cm e acréscimo nos teores de Al em ambas as camadas de solo;
- o rendimento forrageiro na maior dose de P₂O₅ (250 kg/ha de P₂O₅), obtido por corte do capim-braquiária, foi de 2.962 kg/ha de MS;

- a aplicação de doses crescentes de P propiciou maiores densidades de perfilhos e alturas de plantas, aumentou a competição da gramínea e, conseqüentemente, diminuiu a participação do estilosantes no consórcio, reduzindo a produção de forragem da leguminosa;
- a substituição crescente do calcário pelo gesso agrícola propiciou decréscimos na produção de MS da gramínea e acréscimos nos teores de PB, P, Ca e S na MS do capim-braquiária e do estilosantes; e
- o método de estabelecimento em sulcos com semeadura parcelada em dois anos proporcionou maior produção de MS da gramínea, igualando-se ao método de semeadura precedido de aração e gradeação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA, G.H., WILMAN, D. Some effects of added phosphorus on perennial regrass-white clover swards. **Grass and Forage Science**, v.48, p.416-420, 1993.
- ALCÂNTARA, P.B., JUNIOR, P., DONZELLI, P.L. Zoneamento edafoclimático de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2, 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1993. p.1-16.
- ALVAREZ V., V.H. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A.C. GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. (Eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. (5ª aproximação). Viçosa: CFSEMS, 1999. p.67-77.
- ALVES, H.M.R., LOPES, A.S. Redução da saturação de alumínio em profundidade pela aplicação superficial de calcário e gesso em Latossolos sob cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19, 1983, Curitiba. **Resumos...** Curitiba, SBSC, 1984. p.82.
- ANDRADE, R.P., KARIA, C.T. Uso de *Stylosanthes* em pastagens no Brasil. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1, 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000. p.273-309.

- BARCELOS, A.O., VILELA, L. Leguminosas forrageiras tropicais: Estado de arte e perspectivas futuras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. **Anais...**, Maringá: SBZ, 1994. p.1-56.
- BAUER, M.O., NASCIMENTO JÚNIOR, D., REGAZZI, A.J., SILVA, E.A.M. Composição botânica da dieta de bovinos nos relevos côncavo e convexo, em pastagem natural de Viçosa-MG. **Rev. Bras. Zootec.**, v.27, n.1, p.1-8, 1998.
- BLACK, S.A., CAMERON, K.C. Effect of leaching on soil properties and lucerne growth following lime and gypsum amendments to a soil with na acid subsoil. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.27, p.195-200, 1984.
- BOGDAN, A.V. **Tropical pasture and fodder plants: grasses and legumes.** London: Longman, 1977. 475p.
- CADISCH, G., CARVALHO, E.F., SUHET, A.R.L., VILELA, L., SOARES, W., SPAIN, J.M., URQUIAGA, S., GILLER, K.E., BODDEY, R.M. The importance of legume N₂ fixation in sustainability of pasture in the cerrados of Brasil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Palmerston. **Proceedings...** Palmerston: 1993. p.1915-1916.
- CANTARUTTI, R.B., BODDEY, R.M. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p.431-445.
- CARRIEL, J.M., MONTEIRO, F.A., COLOZZA, M.T. Calagem num podzólico Vermelho-Amarelo para o cultivo de três gramíneas forrageiras. **Boletim da Indústria Animal**, v.52, n.1, p.1-8, 1995.
- CARVALHO, M.M., MARTINS, C.E., SIQUEIRA, C., SARAIVA, O.F. Crescimento de uma espécie de braquiária, na presença da calagem em cobertura e de doses de nitrogênio. **R. Bras. Ci. Solo**, v.16, p.69-74, 1992.
- CARVALHO, M.M., XAVIER, D.F., FREITAS, V.P, VERNEQUE, R.S. Correção da acidez do solo e controle do capim-sapé. **Rev. Bras. Zootec.**, v.29, n.1, p.33-39, 2000.

- CONSENTINO, J.R., PEDREIRA, J.V.S. Métodos de formação de pastagens consorciadas de duas espécies de *Brachiaria*, com *Macrotuloma axillare* (E. Mey) Verde. cv. Guatá. **Bol. Ind. Anim.**, v.48, n.2, p.123-127, 1991.
- CORRÊA, L.A. Pastejo rotacionado para produção de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1, 2000, Lavras. **Anais...** Lavras, UFLA, 2000. p.149-177.
- COSTA, N. de L., CONÇALVES, C.A., TOWNSEND, C.R. Resposta de *Brachiaria humidicola* consorciada com leguminosas forrageiras à adubação fosfatada. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, MANAUS, **Anais...** MANAUS, 1996. p.494-495.
- COUTO, W., LATWELL, D.J., BOULDIN, D.R. Sulfate sorption by two Oxisoils and an fisoil of the tropics. **Soil Sci.**, v.127, p.108-116, 1979.
- COUTO, W.S., TEIXEIRA NETO, J.F., SIMÃO NETO, M., LOURENÇO JUNIOR, J.B. Estabelecimento de *Brachiária brizantha* cv. Marandú sob duas fontes e doses de fósforo na região de Paragominas, Estado do Pará, Brasil. **Pasturas Tropicales**, v.21, n.1, p.60-63, 1998.
- CRUZ FILHO, A.B, CÓSER, A.C., NOVELLY, P.E. Comparação entre métodos de plantio de *Brachiaria decumbens* em pastagens de capim-gordura em áreas montanhosas. **Rev. Bras. Zootec.**, v.15, n.4, p.297-306, 1986.
- EMBRAPA. **Recomendações para estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão. Planaltina.** EMBRAPA-CPAC, 1993. 6p. (EMBRAPA-CPAC, Comunicado Técnico, 67).
- EUCLIDES, V.P.B., MACEDO, M.C.M., OLIVEIRA, M.P. Produção de bovinos em pastagens de *Brachiaria* spp. Consorciada com *Calopogonium mucunoides* nos cerrados. **Rev. Bras. Zootec.**, v.27, n.2, p.238-245, 1998.
- DELISTOIANOV, J. MATTOS, H.B., MONTEIRO, J.A. Aplicação de fontes de fósforo e gesso em uma pastagem consorciada estabelecida em um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Bol. Ind. Anim.**, v.49, n.2, p.83-90, 1992.
- DIAS, L.E., ALVAREZ V, V.H., COSTA, L.M., NOVAIS, R.F. Distribuição de algumas formas de enxofre em colunas de solos tratados com diferentes doses de fósforo e gesso. **R. Bras. Ci. Solo**, v.18, p.373-380, 1994.

- DIOGO, J.M.S., NASCIMENTO JÚNIOR, D., SANCHES, L.J.T. Composição botânica da dieta selecionada por novilhos em pastagem natural de Viçosa – MG. **Rev. Bras. Zootec.**, v.24, n.6, p.884-895, 1995.
- FAQUIN, V., PASSOS, R.R., VILLA, M.R., CURI, N., EVANGELISTA, A.R. Absorção e acumulação de nutrientes por gramíneas forrageiras sob influência de fontes de fósforo e correção do solo. **Rev. Bras. Zootec.**, v.26, n.2, p.219-226, 1997.
- FONSECA, D.M., ALVAREZ V., V.H., NEVES, J.C.C., GOMIDE, J.A., NOVAIS, R.F., BARROS, N.F. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.12, p.49-58, 1988.
- GARDENER, C.J., McCASKILL, M.R., McIVOR, J.G. Herbage and animal production from native pasture and pastures oversown with *Stylosanthes hamata*. 1. Fertilizer and stocking rate effects. **Aust. J. Exp. Agric.**, v.33, p.561-570, 1993.
- GILBERT, M.A., JONES, R.K., SHAW, K.A., EDWARDS, D.G. Effect of phosphorus supply on three perennial *Stylosanthes* species in tropical Australia. 3. Potassium, calcium, magnesium and sodium concentration and implications for grazing animals. **Aust. J. Agric. Res.**, v.40, n.6, p.1217-1225, 1989.
- GILBERT, M. A., SHAW, K.A. The effect of superphosphate application on establishment and persistence of three *Stylosanthes* spp. In native pasture on infertile duplex soil near marceba, North Queensland. **Tropical Grassland**, v.14, n.1, p.23-27, 1980.
- GOIS, S.L.L., VILELA, L., PIZARRO, E.A., CARVALHO, M.A., RAMOS, A.K.B. Efeito de calcário, fósforo e potássio na produção de forragem de *Arachis pintoi*. **Pasturas Tropicais**, v.19, n.3, p.9-13, 1997.
- GONÇALVES, C.A., CAMARÃO, A.P., SIMÃO NETO, M., DUTRA, S. Consorciação de gramíneas e leguminosas forrageiras com e sem fertilização fosfatada no Nordeste paraense, Pará. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.42-44.

- GONÇALVES, C.A., COSTA, N.L. Avaliação de *Brachiaria humidicola* em consorciação com leguminosas forrageiras tropicais em Rondônia. **Rev. Bras. Zootec.**, v.23, n.5, p.699-708, 1994.
- GUSS, A., GOMIDE, J.A., NOVAIS, R.F. Eficiência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. **Rev. Bras. Zootec.**, v.19, n.4, p.278-289, 1990.
- HENDRICKSEN, R.E., TERNOUTH, J.H., PUNTER, L.D. Seasonal nutrient intake and phosphorus kinetics of grazing steers in northern Australia. **Aust. J. Agric. Res.**, v.45, n.8, p.1817-1829, 1994.
- HUMPHREYS, L.R., RIVEROS, F. **Tropical pasture seed production**. 3.ed. Rome: FAO, 1986. 203p. (FAO plant production and protection paper, 8).
- JARREL, W.M., BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, New York, v.34, p.197-224, 1981.
- JEFFERSON, P.G., KIELLY, G.A. Reevaluation of row spacing/plant density of seeded pasture grasses for the semiarid prairie. **Canadian J. Plant Sci.**, v.78, n.2, p.257-264, 1998.
- JONES, R.J., BETTERIDGE, K. Effect of superphosphate, or its components elements (phosphorus, sulfur, and calcium), on the grazing preference of steers on a tropical grass-legume pasture grown on a low phosphorus soil. **Aust. J. Exp. Agric.**, v.34, p.349-353, 1994.
- JONES, R.M., JOHANSEN, C., LITTLE, D.A. Effect of omission of annual superphosphate applications on *Desmodium-Pangola* grass pastures. **Tropical Grasslands**, v.18, n.4, p.205-214, 1984.
- KUMAR, A., ABROL, L.P., DARGAN, K.S. Effect of spacing, zinc and gypsum on the forage yield of para-grass grown on a highly sodic soil. **Indian J. Agric. Sci.**, v.51, n.11, p.786-791, 1981.
- LIRA, M.A., FARIS, M.A., LIRA FILHO, H.P., REIS, O. V. Experimento de espaçamento e densidade de plantio na cultura do milho (*Pennisetum typhoides*) em Pernambuco. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO E SORGO, 11, Piracicaba, 1976. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1976. p.825-831.

- LEITE, V.B.O., MONTEIRO, F.A., WERNER, J.C. Influência da calagem e da fertilização com fósforo e molibdênio sobre o cultivo da associação green-panic x galáxia em solo de cerrado. **Boletim da Indústria Animal**, v.53, p.71-82, 1996.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- McCARTNEY, D.H., BITTMAN, S., HORTON, P.R., WADDINGTON, J., NUTTALL, W.F. Uptake of N, P and S in fertilized pasture herbage and herbage yield response to fertilizer as affected by soil nutrients. **Canadian J. Sci.**, v.78, n.1, p.241-247, 1998.
- MEARS, P.T., HAVILAH, E.J., PRICE, G.H., DARNELL, R.E., McLENNAN, D.J., WILSON, C. Superphosphate maintains soil fertility and beef production on grazed white clover pastures in the subtropics. 1. Residual soil phosphorus, sulfur, and nitrogen, and pasture growth responses. **Aust. J. Exp. Agric.**, v.33, n.4, p.425-434, 1993.
- MICHALK, D.L., NAN-PING, F., CHIN-MING, Z. Improvement of dry tropical rangelands on Hainan Island, China: 4. Effect of seedbed on pasture establishment. **J. Range Manage.**, v.51, n.1, 1988.
- McIVOR, J.G. Phosphorus requirements and responses of tropical pasture species: native and introduced grasses, and introduced legumes. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.**, v.24, n.8, p.370-378, 1984.
- MONTEIRO, F.A., CARRIEL, J.M. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso para o cultivo do capim-colonião em dois solos arenosos do Estado de São Paulo. **Bol. Ind. Anim.**, v.44, n.2, p.335-347, 1987.
- NASCIMENTO JÚNIOR, D., OLIVEIRA, R.L., DIOGO, J.M.S. Manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO DE BRASILÂNDIA, 1999, Brasilândia de Minas. **Anais...** Brasilândia de Minas, 1999. p.61-97.
- NASCIMENTO JÚNIOR, D., QUEIROZ, D.S., SANTOS, M.V.F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ-USP, 1994. p.107-151.

- NOLLER, C.H., NASCIMENTO JÚNIOR, D., QUEIROZ, D.S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ-USP, 1996. p. 319-352.
- OLIVEIRA, P.P.A., OLIVEIRA, W.S., TRIVELIN, P.C.O., CORSI, M. Métodos de aplicação e recomendação de calagem na recuperação de uma pastagem de *Brachiaria decumbens* em Areia Quartzosa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p.103.
- PACHECO, B.M., NASCIMENTO JÚNIOR, D., REGAZZI, A.J. Comparação de métodos para estimativas da composição botânica de pastagem. **Rev. Bras. Zootec.**, v.16, n.4, p. 337-351, 1987.
- PASSOS, R.R., FAQUIM, V., CURI, N., EVANGELISTA, A.R., VILLA, M.R. Fontes de fósforo, calcário e gesso na produção de matéria seca e perfilhamento de duas gramíneas em amostras de um Latossolo ácido. **Rev. Bras. Zootec.**, v.26, n.2, p.227-233, 1997.
- PASSOS, P.P. **Respostas do braquiarião e do andropogon a fontes de fósforo, calcário e gesso em Latossolo da região dos Campos das Vertentes (MG)**. Lavras: ESAL, 1994. 90p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1994.
- PAULINO, V.T., COSTA, N.L., LUCENA, M.A.C., SCHAMMAS, E.A., FERRARI JUNIOR, E. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú a calagem e a fertilização fosfatada em em solo ácido. **Pasturas Tropicais**, v.16, n.2, p.34-40, 1994.
- PAVAN, M.A, BINGHAM, F.T., PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime and gypsum applications to a Brazilian Oxisoil. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, v.48, p.33-38,1984.
- PAVAN, M.A, BINGHAM, F.T., PRATT, P.F. Toxicity of aluminium to soften in Ultisols and Oxisols ammended with CaCO₃ and CaSO₄ .2H₂O. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, v.46,n , p.1201-1207, 1982.

- PERIN, R., CORRÊA, J.C., CRAVO, M.S., CANTO, A.C., MATOS, J.C.S. Desempenho produtivo de leguminosas herbáceas com baixos níveis de fósforo e calcário. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, 1996, Manaus. **Anais...** Manaus: SBCS, 1996. p.454-455.
- PIRES, A.L., AHLRCHS, J.L., RHYKERD, C.L. Response of eleven forage species to treatment of acid soil with calcitic and dolomitic lime. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, v.23, n.5, p.541-558, 1992.
- QUAGGIO, J.A., VAN RAIJ, B., GALLO, P.B., MASCARENHAS, A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.28, n.3, p.375-383, 1993.
- RAO, I.M., AYARZA, GARCIA, R. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils 1. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C₄ grasses and C₃ legumes. **J. Plant Nutrition**, v.18, n.10, p.2135-2155, 1995.
- RAO, I.M., BORRERO, V., RICAURTE, J., GARCIA, R., AYARZA, M.A. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils 2. Differences in shoot and root growth responses to varying phosphorus supply and soil type. **J. Plant Nutrition**, v.19, n.2, p.323-352, 1996.
- RECHCIGL, J.E., MISLEVY, P., ALVA, A.K. Influence and phosphogypsum on bahiagrass growth and development. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.57, p.96-102, 1993.
- RECHCIGL, J.E., MISLEVY, P. Stargrass response to lime and phosphogypsum. **J. Prod. Agric.** v.10, n.1, p. 101-105, 1997.
- REID, R.L., JUNG, G.A. Influence of fertilizer treatment on the intake, digestibility and palatability of tall fescue hay. **J. Anim. Sci.**, v.24, p.615-625, 1965.
- RUSSELE, M.P. Nutrient cycling in pasture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1, Viçosa, 1997. **Anais...** Viçosa:UFV, 1997. p.235-266.

- SANTOS, I.P.A., PINTO, J.C., SIQUEIRA, J.O., MORAIS, A.R.M., EVANGELISTA, A.R., SANTOS, C.L., CAMARGOS, M.S. Micorriza e fósforo na produção e qualidade de *Brachiaria brizantha* consorciada com *Arachis pintoii*, em solo de baixa fertilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p.86.
- SANTOS, M.V.F., NASCIMENTO JÚNIOR, D., PEREIRA, J.C., REGAZZI, A.J., SILVA, A.G., DIOGO, J.M.S. Composição florística, densidade e altura de uma pastagem natural sob pastejo. **Rev. Bras. Zootec.**, v.27, n.6, p.1082-1091, 1998.
- SANZONOWICZ, C., LOBATO, E., GOEDERT, W.J. Efeito residual da calagem e de fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de cerrado. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.22, n.3, p.233-243, 1987.
- SCHUNKE, R.M., MACEDO, M.C.P., MIRANDA, C.H.B. Níveis de fósforo e calagem para *Calopogonium mucunoides* e *Centrosema acutifolium*, cultivados em dois Latossolos de Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 19, 1990, Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: UFSM/SBCS, 1990. p.36.
- SHAW, K.A., GILBERT, M.A., ARMOUR, J.D., DWYER, M.J. Residual effects of phosphorus fertiliser in a stylo-native grass pasture on a duplex red earth soil in the semi-arid tropics of North Queensland. **Aust. J. Exp. Agric.**, v.34, p.173-179, 1994.
- SILVA, A.A., VALE, F.R., FERNANDES, L.A., FURTINI NETO, A.E., MUNIZ, J.A. Efeitos de relações $\text{CaSO}_4 / \text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.22, p.451-457, 1998.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1998. 165p.
- SMITH, C.J., PEOPLES, M.B., KEERTHYSINGHE, G., JAMES, T.R., GARDEN, D.L., TUOMI, S.S. Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture. **Aust. J. Soil Res.**, v.32, n.5, p.995-1008, 1994.
- SOARES FILHO, C.V.S. Recomendações de espécies de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. Piracicaba, 11, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.25-48.

- TEIXEIRA, W.G., CURI, N., EVANGELISTA, A.R., CARVALHO, M.M., CRUZ FILHO, A.B., SANTOS, D. Sistemas de manejo em Cambissolo álico para a introdução de gramíneas forrageiras em pastagens nativas da microregião Campos da Mantiqueira (MG). **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.26, n.1, p.34-45, 1997.
- TORRES, R.A., SIMÃO NETO, M., SOUZA, R.M., NOVAIS, L.R. **Recria de animais leiteiros em pastagens de capim-gordura da Zona da Mata de Minas Gerais.** Coronel Pacheco-MG, EMBRAPA-CNPGL, (Circular Técnica, 7).
- XAVIER, D.F., CARVALHO, M.M., BOTREL, M.A. Resposta da *Cratylia argentea* à aplicação de fósforo e calcário em um solo ácido. **Rev. Bras. Zootec.**, v.26, n.1, p.14-18, 1997.
- XAVIER, D.F., SOUTO, S.M., FRANCO, A.A., CARVALHO, M.M. Nodulação e desenvolvimento de três leguminosas forrageiras em diferentes condições de adubação. **Rev. Bras. Zootec.**, v.22, n.3, p.399-405, 1993.
- WANG, H.L., HEDLEY, M.J., BOLAN, N.S., HORNE, D.J. The influence of surface incorporated lime and gypsiferous by-products on surface and subsurface soil acidity. 1. Soil solution chemistry. **Aust. J. Soil Res.**, v.37, p.165-180, 1999.
- WORKER JUNIOR, G.F. Sudangrass and sudangrass hybrids responses to row spacing and plant maturity on yield and chemical composition. **Agron. J.**, v.65, n.6, p.975-977, 1973.
- ZIMMER, A.H., MACHADO, M.C.M., BARCELOS, A.O., KICHEL, A.N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de Brachiaria. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.153-208.