

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

FERNANDO CARLOS STOCCO

**USO DE ESCÓRIAS DE SIDERURGIA NO
DESENVOLVIMENTO E NUTRIÇÃO DE
GRAMÍNEAS DO GÊNERO *BRACHIARIA* EM UM
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO**

ALEGRE
2008

FERNANDO CARLOS STOCCO

**USO DE ESCÓRIAS DE SIDERURGIA NO
DESENVOLVIMENTO E NUTRIÇÃO DE
GRAMÍNEAS DO GÊNERO *BRACHIARIA* EM UM
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos

Co-orientadores: Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade e Prof. Dr. Julião S. de Souza Lima

**ALEGRE
2008**

FERNANDO CARLOS STOCCO

**USO DE ESCÓRIAS DE SIDERURGIA NO DESENVOLVIMENTO E
NUTRIÇÃO DE GRAMÍNEAS DO GÊNERO *BRACHIARIA* EM UM
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 26 de junho de 2008.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
Centro de Ciências Agrárias - UFES

Pesquisador Dr. Luiz Carlos Prezotti
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
e Extensão Rural

Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade
Centro de Ciências Agrárias - UFES
(Co-orientador)

Prof. Dr. Julião S. de Souza Lima
Centro de Ciências Agrárias - UFES
(Co-orientador)

Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos
Centro de Ciências Agrárias – UFES
(Orientador)

DEDICO

Ao Grande Arquiteto do Universo que é DEUS, à minha amada esposa Isabella e a toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos, professor do Departamento de Produção Vegetal do CCA-UFES, pela orientação, amizade e dedicação.

Ao Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade, professor do Departamento de Produção Vegetal do CCA-UFES, pela co-orientação, amizade e pela valiosa colaboração durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima, professor do Departamento de Engenharia Rural do CCA-UFES, pela co-orientação.

Ao Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis, professor do Departamento de Engenharia Rural do CCA-UFES, pela irmandade e pelos conselhos estatísticos.

Ao Prof. Dr. Ricardo Antonio Polanczyk, professor do Departamento de Produção Vegetal e coordenador do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do CCA-UFES, pela compreensão.

Ao Prof. Dr. Nilton César Fiedler, professor do Departamento de Engenharia Florestal do CCA-UFES, por ter disponibilizado sua propriedade para a coleta de solo.

Aos professores do curso de Pós-Graduação, pelo apoio durante o curso.

À CAPES, pelo auxílio financeiro com a bolsa de mestrado.

À FAPES/MCT/CNPq/CT-Infra, pelo auxílio financeiro ao projeto.

À secretária da Pós-Graduação Madalena Capucho, pela ajuda e amizade.

Aos meus colegas de mestrado, especialmente às queridas amigas Idalúcia Schimith Bergher e Mileide de Holanda Formigoni, pelas horas de estudo em grupo.

Aos estudantes de agronomia e estagiários do laboratório de Física do solo: Danilo Andrade Santos (Capitão Lampião), Ramires Ventura Machado, Luiz Felipe Mesquita, João Felipe Brites Senra (Fofão), Tiago Lopes Rosado (Santa) e Vagner Mauri Quinto, pela colaboração na parte experimental do projeto.

Aos funcionários do CCA: Acácio (Coração) e José Marcos, Marabote e Marcelo do Laboratório de Química do Solo, Alessandro e todos os funcionários do laboratório Lafarsol - NEDTEC.

À minha esposa, pelo incentivo nos momentos difíceis e estímulo para a conclusão do trabalho.

E sempre a DEUS.

BIOGRAFIA

Fernando Carlos Stocco, nascido em Osvaldo Cruz, oeste de São Paulo em 23 de dezembro de 1975, filho de Antonio Odineu Stocco e Gerseley Aparecida Marques Stocco, cursou o ensino fundamental na Escola Estadual de Primeiro Grau Max Wirth (em sua cidade natal) e o ensino médio na Escola Estadual de Primeiro e Segundo Grau Vereador Antonio de Ré em Guarulhos, São Paulo. No segundo semestre do ano de 1998, ingressou no curso de agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e estagiou no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal do Departamento de Solos, colaborando em projetos na área de solos orientado pelo Prof. Roberto Oscar Pereyra Rossiello. Casou-se com Isabella Vilhena Freire Martins no ano de 2002 na cidade de Passa Quatro, Minas Gerais, e, nos últimos anos de sua graduação, atuou na área de jardinagem e paisagismo na cidade do Rio de Janeiro. Concluiu o curso de Agronomia no primeiro semestre de 2005 e ingressou como aluno especial no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, se tornando aluno regular no início de 2006.

STOCCO, Fernando Carlos, M.Sc. Universidade Federal do Espírito Santo, junho de 2008. **Uso de escórias de siderurgia no desenvolvimento e nutrição de gramíneas do gênero *Brachiaria* em um Latossolo Vermelho-Amarelo.** Orientador: Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos. Co-orientadores: Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade; Prof. Dr. Julião S. de Souza Lima.

RESUMO - O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de escórias de siderurgia sobre a nutrição mineral e desenvolvimento de *Brachiaria decumbens* e de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivadas em Latossolo da região Sul do Espírito Santo. Foram coletadas amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em uma área sob pastagem degradada de *Brachiaria* sp. Após coletado, o material do solo foi seco ao ar e passado em peneira de 2 mm, para caracterização química e física. Amostras de 3,5 dm³ do solo foram submetidas à aplicação de cinco doses de silicato: 0; 500; 1000; 1500; e 2000 kg ha⁻¹ de SiO₂, utilizando-se para isso duas escórias de siderurgia (escória A e escória B) incubadas por 30 dias. As espécies de gramíneas *B. brizantha* e *B. decumbens* foram semeadas e transplantadas para as unidades experimentais e após 40 e 80 dias realizou-se o primeiro e segundo corte da parte aérea, respectivamente. Foi quantificada a matéria fresca e a seca da parte aérea, assim como, o número de perfilhos por vaso e os teores de macronutrientes da parte aérea das gramíneas. Há influência das doses de silicato aplicadas na forma de escórias, sobre o desenvolvimento e nutrição mineral das gramíneas. A escória B é superior à escória A, de maneira geral, quanto à produção de matéria fresca, matéria seca e perfilhamento das gramíneas. Os teores e acúmulos de nutrientes variam em função da escória, da gramínea e do corte. A escória A proporciona maiores teores de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio na parte aérea de ambas as gramíneas. A *B. brizantha*, associada à escória A, apresenta maior produção de matéria fresca, matéria seca da parte aérea e teores superiores de cálcio em relação à *B. decumbens*. As escórias de siderurgia se constituem em alternativas visando aumentar a produção e a qualidade das gramíneas do gênero *Brachiaria*, bem com minimizar o passivo ambiental gerado pelo acúmulo das escórias nos pátios das siderúrgicas.

Palavras-chave: silicato, solo, *Brachiaria*.

STOCCO, Fernando Carlos, M.Sc. Universidade Federal do Espírito Santo, June 2008. **Use of slags in development and nutrition of *Brachiaria* grass in Red-Yellow Latosol.** Adviser: Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos. Co-adviser(s): Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade; Prof. Dr. Julião S. de Souza Lima.

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the use of basic slag in mineral nutrition and development of *Brachiaria brizantha* and *B. decumbens* in soils in southern of the Espírito Santo. Samples were collected from a dystrophic Red Yellow Latosol, in an area under degraded pasture *Brachiaria* sp. Once collected, the soil was dry in the air and passed through a 2 mm sieve for chemical and physical characterization. Samples of 3.5 dm³ soil were subjected to the application of five doses of silicate: 0; 500; 1000; 1500 and 2000 kg SiO₂ ha⁻¹, using two basic slags (A and B) incubated for 30 days. The species of grasses *B. brizantha* and *B. decumbens* were sown and transplanted to the experimental units and after 40 and 80 days it took place the first and second cut of the aerial part, respectively. It was quantified fresh and dry matter of the aerial part and the number of tillers per pot. There are influence of silicate doses applied in the form of slag on the development and mineral nutrition grass. The B slag is higher than the A slag, in general, about the production of fresh, dry grass and number of tillers. The levels of nutrients and accumulations vary according to the slag, the type of grass and the grass cut. The A slag shows high level of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the aerial part of both grasses. The *B. brizantha*, associated with to the A slag, shows higher production of fresh matter, dry matter in the aerial part and higher levels of calcium than *B. decumbens*. The basic slags are alternatives in order to increase production and quality of grass *Brachiaria* genus, and to minimize the environmental liability created by the accumulation of basic slag.

Key words: silicate, soil, *Brachiaria*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos físicos e químicos do solo na profundidade de 0-20 cm.....	13
Tabela 2 - Caracterização química das escórias de siderurgia.....	14
Tabela 3 - Produção média de matéria fresca e matéria seca e número de perfilhos da parte aérea da <i>Brachiaria brizantha</i> e da <i>Brachiaria decumbens</i> em função da aplicação das escórias de siderurgia	25
Tabela 4 - Produção média de matéria fresca e matéria seca e número de perfilhos na parte aérea em função das duas espécies de braquiária (<i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i>) para cada escória de siderurgia.....	26
Tabela 5 - Valores médios dos teores e acúmulos de macronutrientes na parte aérea da <i>Brachiaria brizantha</i> e da <i>Brachiaria decumbens</i> em função da aplicação das escórias de siderurgia	49
Tabela 6 - Valores médios dos teores e acúmulos de macronutrientes na parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> em relação à <i>Brachiaria decumbens</i> submetidas à aplicação das escórias de siderurgia	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coleta do solo sob pastagem de <i>Brachiaria</i> sp.....	12
Figura 2 - A. Semeadura em bandeja com areia; B. Padrão circular; C. Transplante de plântulas; e D. Desenvolvimento das gramíneas....	15
Figura 3 - Produção de matéria fresca da parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta à aplicação de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia ao 1°, 2° e 1° + 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).....	19
Figura 4 - Produção de matéria seca da parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta à aplicação de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia ao 1°, 2° e 1° + 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).....	21
Figura 5 - Número de perfilhos da parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta à aplicação de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia ao 1°, 2° e 1° + 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t; e * significativo a 5% pelo teste t).....	23
Figura 6 - Teor de nitrogênio da parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta ao uso de diferentes doses de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia, ao 1° e 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).....	28
Figura 7 - Acúmulo de nitrogênio na parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta ao uso de diferentes doses de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia ao 1°, 2° e 1° + 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t; e * significativo a 5%	

	pelo teste t).....	29
Figura 8 -	Teor de fósforo no primeiro e segundo corte da parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta ao uso de diferentes doses de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia, ao 1° e 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).....	31
Figura 9 -	Acúmulo de fósforo na parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta ao uso de diferentes doses de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia ao 1°, 2° e 1° + 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).....	33
Figura 10-	Teor de potássio no primeiro e segundo corte da parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta ao uso de diferentes doses de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia, ao 1° e 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).	35
Figura 11-	Acúmulo de potássio na parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta ao uso de diferentes doses de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia ao 1°, 2° e 1° + 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).....	36
Figura 12-	Teor de cálcio no primeiro e segundo corte da parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta ao uso de diferentes doses de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia, ao 1° e 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).	38
Figura 13-	Acúmulo de cálcio na parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria decumbens</i> em resposta ao uso de diferentes doses de SiO ₂ , na forma de escórias de siderurgia ao 1°, 2° e 1° + 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).....	39

- Figura 14- Teor de magnésio no primeiro e segundo corte da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1° e 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t)... 41
- Figura 15- Acúmulo de magnésio na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1°, 2° e 1° + 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t)..... 43
- Figura 16- Teor de enxofre no primeiro e segundo corte da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia, ao 1° e 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t; * significativo a 5% pelo teste t)..... 45
- Figura 17- Acúmulo de enxofre na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1°, 2° e 1° + 2° cortes. (** significativo a 1% pelo teste t)..... 46

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Escórias de siderurgia.....	03
2.2 Gramíneas do gênero <i>Brachiaria</i>	04
2.3 Nutrição mineral de gramíneas.....	06
2.4 O uso de silicatos em gramíneas.....	08
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Caracterização da área e coleta do material de solo.....	12
3.2 Preparo e caracterização do material de solo.....	13
3.3 Condução do experimento.....	14
3.4 Análises estatísticas.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Produção de matéria fresca, matéria seca e perfilhamento das gramíneas.....	18
4.2 Teor e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das gramíneas.....	27
4.2.1 Nitrogênio (N).....	27
4.2.2 Fósforo (P).....	30
4.2.3 Potássio (K)	34
4.2.4 Cálcio (Ca).....	37
4.2.5 Magnésio (Mg).....	40
4.2.6 Enxofre (S).....	44
5 CONCLUSÕES	52
6 REFERÊNCIAS	53
APENDICES	57

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a pecuária tem como característica principal a criação extensiva a pasto e no Estado do Espírito Santo, segundo dados do IBGE, mais de um milhão e 300 mil hectares são de pastagens, correspondendo a 57% da utilização das terras. As pastagens são constituídas de gramíneas forrageiras, que são a principal fonte de alimentação dos animais criados a pasto e sua produtividade está vinculada às condições de fertilidade do solo e ao manejo adequado.

Nesse contexto, deve-se considerar a importância das gramíneas do gênero *Brachiaria*, pois ocupam posição de destaque na pecuária brasileira, por se adaptarem a solos de variada fertilidade, possuem crescimento rápido e capacidade de suportar o pisoteio dos animais.

A maioria dos solos sob pastagens se encontra em algum grau de degradação, sendo necessária a busca de alternativas para sua recuperação, onde uma das primeiras alternativas a ser implantada é a correção da acidez e a adubação do solo.

A acidez do solo pode ser corrigida através da aplicação de diferentes materiais como carbonatos (calcários), óxidos (óxidos de cálcio e magnésio) e silicatos. A utilização dos silicatos de cálcio e magnésio se torna importante à medida que são provenientes de subprodutos de siderurgia e as escórias de siderurgia são as fontes mais baratas e abundantes de silicatos. O uso dessas escórias na agricultura tem demonstrado seus efeitos sobre a produção de diferentes culturas e sugerem sua utilização como corretivo de acidez do solo e como fonte de Ca e Mg para as

plantas, em substituição ou como complemento à correção tradicional. O silício é normalmente encontrado nessas escórias e tem demonstrado a sua importância em plantas, principalmente nas gramíneas, que são grandes acumuladoras desse elemento (mais de 1% de Si na matéria seca) e vários estudos demonstram o benefício desse elemento no aumento de sua produtividade.

No Estado do Espírito Santo, estima-se que um milhão de toneladas de escória ao ano são depositados no pátio da Companhia Siderúrgica de Tubarão (YUAN, 2003).

A possibilidade do uso das escórias como corretivo e fertilizante ganha destaque com a ampliação crescente do parque siderúrgico nacional, sendo as escórias responsáveis por 72,3% dos resíduos gerados em siderurgias, segundo o Instituto Brasileiro de Siderurgia.

A grande quantidade desses resíduos constitui atualmente um sério problema ambiental, com preocupação com o estoque e manejo desses resíduos, que ocupam áreas de descarga cada vez maiores, além dos inconvenientes ecológicos. Nesse contexto, as atividades agrícolas apresentam reais possibilidades de reciclagem e integração desses subprodutos. As perspectivas de utilização de escórias siderúrgicas, que contemplem um modelo sustentável de desenvolvimento agrícola, como forma de mitigar possíveis impactos ao meio ambiente, torna-se uma alternativa viável do ponto de vista ambiental e econômico.

O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de escórias de siderurgia sobre a produção e a nutrição mineral das gramíneas *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo da região Sul do Espírito Santo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Escória de siderurgia

O aço é obtido na aciaria pelo processo do conversor de oxigênio LD (Linz-Donawitz), que consiste no refino da sucata e do gusa líquido, obtido após fundição a 1600°C do minério de ferro, do coque ou carvão e do calcário, pelo uso do oxigênio, escarificantes e refrigerantes (DA SILVA, 2003). O oxigênio ejetado sob alta pressão atua como agente oxidante e o CaO como agente escarificante no fluxo de refino. Nesse processo, é adicionada uma fonte de magnésio, em geral, a dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). O resfriamento da escória pode ser realizado pela exposição ao ar ou por aspersão de água, denominado “quenching”, que evita a recristalização dos constituintes, facilitando a solubilidade dos compostos quando incorporados ao solo (SILVA, 2003).

Para cada tonelada de aço líquido produzido, obtém-se 0,64 t de escória de aciaria, dessa forma as indústrias siderúrgicas enfrentam, como problema, o acúmulo desse resíduo nos pátios de deposição, podendo causar passivo ambiental, necessitando, neste caso, de alternativas para destinação final ou reciclagem desse material (SILVA, 2003).

As escórias podem ser utilizadas como corretivo de acidez do solo e como fonte de Ca e Mg para as plantas, em substituição ou como complemento ao fornecimento tradicional desses elementos, especialmente para solos de baixa fertilidade. Seus componentes neutralizantes são os silicatos de cálcio e magnésio, que se

comportam semelhantemente aos calcários (GOMES, GARGANTINI e BLANCO, 1965; CAMARGO, 1972; FORTES, 2006), podendo até mesmo ser mais eficientes devido à maior solubilidade dos silicatos comparativamente aos carbonatos. Além disso, as escórias normalmente apresentam micronutrientes, que podem se tornar disponíveis para as plantas, e em alguns casos, justificar seu uso como corretivo e fertilizante.

2.2 Gramíneas do gênero *Brachiaria*

As pastagens de braquiária no Brasil ocupam mais de 40 milhões de hectares, sendo 85% destas áreas utilizadas com as espécies *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (VALLE e MILLES apud SANCHES, 2003).

A espécie *B. decumbens* Stapf., comumente denominada capim braquiária, é bastante utilizada nas regiões brasileiras e apresenta boa adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade. A espécie *B. brizantha* cv. Marandu vem se destacando nas regiões de pecuária intensiva no Brasil por ser considerada uma planta forrageira muito rústica, adaptada a solos de média e baixa fertilidade, com boa produção de massa seca e proteína bruta por unidade de área (SANCHES, 2003).

O capim braquiária foi o primeiro a ser utilizado em larga escala no Cerrado brasileiro, embora se desenvolva melhor em regiões de clima tropical úmido, local onde a estação seca não ultrapassa quatro meses. As pastagens formadas por esta planta forrageira apresentam freqüentemente redução gradativa da produtividade após o estabelecimento (CARVALHO, 2001 apud RODRIGUES, 2002), possivelmente devido à falta de correção e adubação dos solos utilizados com pastagens.

Em relação à adubação, Passos et al. (1997), estudando a produção de matéria seca e perfilhamento de gramíneas forrageiras em função do uso de fontes de fósforo, calcário e gesso, verificaram respostas significativas às fontes de fósforo para a produção de matéria seca e o perfilhamento do braquiarão (*B. brizantha* cv. Marandu).

Com o propósito de avaliar os efeitos da adubação potássica sobre a produção de forragem e partição de matéria seca de *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu, em Latossolo Amarelo coeso da região sudeste do Estado da Bahia, Gama-Rodrigues et al. (2002) avaliaram os efeitos de doses de fertilização potássica e idades de corte. Os resultados revelaram que o teor de K existente no solo foi suficiente para o estabelecimento e crescimento de *Brachiaria brizantha* nos primeiros 75 dias após a sua implantação, porém após o segundo corte, observaram efeitos positivos da adubação potássica na produção da matéria seca total produzida e nos seus componentes vegetativos.

A resposta ao uso de diferentes doses de fertilização com N e S em pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em área de cerrado foi avaliada por Oliveira et al. (2005) e a resposta em produção de forragem ao uso de fertilização nitrogenada foi linear, sendo a maior produção de forragem acompanhada pela maior extração de N e queda nos teores de matéria orgânica no solo, sendo a extração de enxofre menor do que as doses de S empregadas.

Bonfim-Silva e Monteiro (2006) estudaram os efeitos de combinações de doses de N com as de S para as características produtivas do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) coletado em cilindros com plantas + solo em uma pastagem em degradação em área de Neossolo Quartzarênico. Foram utilizadas cinco doses de N e cinco doses de S, com três cortes nas plantas, em intervalos de 30 dias. As doses de N e de S foram determinantes para o número de perfilhos, produção de massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais bainhas no primeiro crescimento da gramínea e para a relação folha:colmo no segundo crescimento. A aplicação, principalmente de N, mas também de S, influenciou as características produtivas do capim-braquiária e conseqüentemente a sua recuperação.

Com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de diferentes fontes de fósforo, no momento da implantação da *B. brizantha* cv. Marandu, nos teores de fósforo (P) e de nitrogênio (N) e na produção de massa seca da parte aérea da braquiária, Maciel et al. (2007) realizaram um experimento e, com base na adubação nitrogenada de manutenção realizada sempre após cada corte, encontraram elevados teores de N

nas folhas de braquiária. A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) foi maior no Neossolo Quartzarênico e o maior acúmulo de P ao final dos cortes foram observados na braquiária no Latossolo Vermelho distroférico. A utilização de fontes de P de maior solubilidade promoveu maior produção de MSPA. Os teores de N encontrados na braquiária foram elevados quando se utilizaram de fontes menos solúveis. O crescimento e a produção de massa seca foram limitados pela falta de fósforo no estabelecimento da planta.

2.3 Nutrição mineral de gramíneas

O estudo da nutrição das plantas trata da aquisição de elementos nutritivos e da função destes elementos no ciclo das plantas. Se um dos elementos químicos essenciais à planta está disponível em quantidades insuficientes ou em composições químicas pouco absorvidas, a deficiência desse elemento provocará desarranjos nos processos metabólicos da planta (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Os macronutrientes são elementos necessários em grandes quantidades e englobam nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Exercem funções específicas e essenciais no metabolismo vegetal e suas deficiências acarretam em diminuição na produção e qualidade das gramíneas (FAQUIN et al., 1997).

O melhor método de avaliar a capacidade de um solo fornecer determinado nutriente para as plantas é determinar a quantidade absorvida e acumulada do mesmo através de cortes ou cultivos sucessivos, sob condições de disponibilidade adequada dos demais. Nesse caso, a planta atua como extrator ideal do nutriente do solo e, assim, a sua fertilidade pode ser inferida pela avaliação do estado nutricional da planta, através do método da diagnose visual - aparecimento de sintomas típicos de deficiência ou toxicidade - e pela diagnose foliar - teores dos nutrientes nas folhas (FAQUIN, 2000), desempenhando um papel importante no desenvolvimento das plantas, na sua produtividade e na concentração de nutrientes em suas folhas (BRAZ et al., 2004)

A análise foliar baseia-se na premissa de que existe uma relação bem definida do crescimento e produção das culturas com o teor de nutrientes em seus tecidos. Em geral, o estado nutricional de uma planta é mais bem refletido pelo teor de nutrientes nas folhas do que em outros órgãos, e assim, a análise foliar é uma ferramenta para diagnóstico do estado nutricional de muitas plantas cultivadas, como as pastagens (ESPELHO et al., 2007).

O estudo de nutrientes em plantas forrageiras vem merecendo atenção especial por parte da comunidade científica nas últimas décadas. Esse empenho é justificado pela grande variação regional dos teores médios desses nutrientes, que podem ser aumentados com utilização de tecnologia, notadamente através da adubação (CHEEKE, 1991 apud ROCHA et al., 2000).

Em experimento de casa de vegetação, Monteiro et al. (1995) cultivaram *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva, tendo como tratamentos a solução completa, as omissões individuais de N, P, K, Ca, Mg, S e a testemunha (com omissão dos macronutrientes). Fez-se o acompanhamento da manifestação dos sintomas visuais de deficiência e, 50 dias após o transplante, avaliou-se a produção de matéria seca, número de perfilhos, a altura das plantas, bem como a composição mineral da parte aérea e das raízes. Sintomas visuais de deficiência foram observados para todas as omissões, sendo os primeiros manifestados através da omissão do N e do P e os últimos, através da omissão do Ca.

Em um experimento com gramíneas forrageiras cultivadas em latossolo da região dos Campos das Vertentes em Minas Gerais, Faquin et al. (1997) avaliaram a influência de fontes de fósforo, calcário e gesso, na absorção e acumulação de fósforo, enxofre, calcário e magnésio pelo braquiarião e andropogon. Os autores concluíram que, independentemente da fonte de fósforo e da calagem, os teores de fósforo na parte aérea das gramíneas foram adequados, com diminuição de seus valores com a sucessão dos cortes.

Faquin et al. (2000) avaliaram o estado nutricional do braquiarião e da soja cultivados em amostras de dois latossolos na região de Cuiabá, MT. Os autores realizaram três cortes na parte aérea do braquiarião e os teores e as acumulações dos macro e

micronutrientes na matéria seca da parte aérea das espécies foram determinadas em cada corte. Os resultados mostraram que os solos estudados não supriram as exigências nutricionais do braquiário em macronutrientes. As diferenças nas exigências nutricionais das espécies foram bem expressas pelos sintomas visuais de deficiência, que foram em ordem decrescente: P, N, S e K. A relevância da calagem está mais relacionada ao fornecimento de Ca e Mg como nutrientes do que na correção da acidez.

Estudando o milheto (*Pennisetum glaucum*) e os capins braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), que são importantes gramíneas cultivadas nos solos sob cerrados, Braz et al. (2004) avaliaram a acumulação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe nas folhas dessas gramíneas, em função do número de dias após a emergência das plantas. Os autores concluíram que o milheto foi a gramínea que mais acumulou nutrientes no limbo foliar e em menor tempo, seguido pelos capins mombaça e braquiária. Entre os macronutrientes, as maiores acumulações foram as de N e as de K, e as menores, as de P.

2. 4 O uso de silicatos em gramíneas

A adubação com fontes ricas em silício pode aumentar a produtividade das gramíneas em consequência da maior eficiência fotossintética, resistência ao ataque de pragas e doenças e maior tolerância à falta de água durante os períodos de baixa umidade do solo, conforme Korndorfer, Pereira e Camargo (2002) afirmam em estudos com cana-de-açúcar.

Outros autores também avaliaram o efeito do uso de silicatos em gramíneas. Prado e Fernandes (2000), comparando o poder de neutralização do calcário com escórias de siderurgia em solos ácidos da região dos cerrados cultivados com cana-de-açúcar em vasos, concluíram que a eficiência da escória de siderurgia, baseada no poder de neutralização adotado para o calcário, não apresentou comportamento satisfatório para estimar a necessidade de produto para a correção da acidez. Os autores sugerem que além do efeito do solo, o tipo de escória também pode

provocar diferenças na sua solubilidade e conseqüentemente influenciará a determinação do poder de neutralização da escória.

Prado e Fernandes (2001) avaliaram o efeito da escória de siderurgia e calcário sobre a concentração de fósforo disponível em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar e sugeriram que o efeito positivo da escória de siderurgia se deve mais ao efeito do silicato, de saturar os sítios de adsorção dos colóides do solo que seriam ocupados pelo fósforo do que ao aumento do pH.

Korndorfer et al. (1991), aplicando superficialmente doses de silicato de cálcio sobre a pastagem degradada de *B. decumbens*, avaliaram os atributos químicos do solo e a produção de matéria seca e verificaram que o silicato influenciou positivamente na produção de matéria seca até a dose de 2000 kg ha⁻¹.

Com o objetivo de verificar o efeito de doses de silicato sobre a produtividade do arroz irrigado por inundação no Estado do Tocantins, Santos et al. (2003) testaram diferentes doses de silicato e constataram maiores níveis de produtividade com a aplicação de doses a partir de 4000 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio.

Prado, Fernandes e Natale (2003), utilizando a escória de siderurgia e calcário calcítico, como corretivos do solo, nas alterações de alguns atributos químicos do solo, bem como na resposta da soqueira da cana-de-açúcar, verificaram que o calcário calcítico e a escória de siderurgia promoveram efeito residual benéfico, após 48 meses da aplicação, na correção da acidez do solo e na elevação do valor da saturação por bases; a maior dose de calcário (equivalente a 3,8 t ha⁻¹) causou efeito depressivo no perfilhamento, no número de colmos industrializáveis e na produção da cana-de-açúcar, fato não observado com uso da escória de siderurgia; a aplicação da escória de siderurgia e do calcário, em pré-plantio, promoveu efeito residual positivo na produção da soqueira de cana-de-açúcar.

Na avaliação do efeito de doses de óxido de silício (SiO₂) e de nitrogênio sobre a produção de matéria seca, produtividade de grãos, teor de nitrogênio na planta, teores de Si no solo e na planta e quantidade de Si extraído do solo na cultura do arroz de terras altas sob condições de túnel plástico, Mauad et al. (2003)

constatarem que o acúmulo de matéria seca, a produtividade de grãos e os teores de nitrogênio na planta não foram influenciados pelas doses de SiO_2 ; o incremento da adubação nitrogenada aumentou a produção de matéria seca, a produtividade de grãos e o teor de N na planta, porém nenhum efeito foi encontrado para os teores de Si no solo. Também verificaram que houve interação nitrogênio x silício para os teores de Si na planta e para a quantidade de Si acumulado pelas plantas.

Ao avaliarem o efeito de duas escórias de siderurgia (alto-forno e aciaria) sobre os atributos químicos do solo, o desenvolvimento e a produtividade de grãos do arroz de terras altas irrigado por aspersão, Carvalho-Pupatto, Bull e Crusciol (2004) verificaram que a escória de alto-forno proporcionou maior crescimento radicular em profundidade e melhor distribuição no perfil do solo e, conseqüentemente, maior produção de massa de matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos de arroz.

O acúmulo de silício pelas forrageiras pode atenuar os efeitos tóxicos de alumínio, manganês e ferro, assim como faz em outras gramíneas, mas também pode formar uma barreira física para diminuir a evapotranspiração, provável motivo da resistência dessas forrageiras ao déficit hídrico (MELO, 2005).

Sanches (2003), estudando atributos químicos do solo, da planta e produção de massa seca da *B. brizantha* cv. Marandu, realizou um experimento em campo com quatro diferentes níveis de silicato e concluiu que a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio alterou de forma positiva os atributos químicos da folha e do solo, assim como foi benéfico para a produção de massa seca.

Para avaliar o rendimento de matéria seca e qualidade de forragem de *Braquiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Tanzânia com aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Fortes (2006) realizou dois experimentos. No primeiro experimento não houve variação em relação à altura dos perfilhos, mas o capim tanzânia foi superior ao marandu em produção de matéria seca, número de perfilhos, enquanto o marandu foi superior nos teores de Ca, Mg, Si e P. No segundo experimento o tanzânia foi superior em produção de matéria seca, altura e número de perfilhos e o marandu foi superior em teores minerais. O autor concluiu que as

gramíneas responderam à aplicação dos silicatos e que o tanzânia proporcionou maior produção de matéria seca enquanto o marandu proporcionou forragem de melhor qualidade.

Avaliando os atributos produtivos e fisiológicos durante o estabelecimento do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*), em seguida à alteração na disponibilidade de fósforo, por meio das aplicações de silicato e fosfato, Melo, Monteiro e Manfredini (2007) concluíram que houve interação significativa entre as doses de fósforo e de silício para o número de perfilhos e de folhas verdes expandidas, a área foliar total, a produção de massa seca das lâminas foliares e colmos mais bainhas e a produção de massa seca da parte aérea total.

Estudando o efeito de corretivos de solo sobre a composição química da *Brachiaria brizantha*, Souza (2008) realizou dois experimentos. No primeiro, analisou o efeito de calcário, silicato de cálcio e gesso agrícola e verificou que houve diferença significativa entre os corretivos no aumento de matéria seca da gramínea, com maior produção na utilização do gesso agrícola. No segundo experimento, a autora avaliou cinco doses de silicato de cálcio (0, 500, 1000, 2000 e 4000 Kg ha⁻¹) e concluiu que doses crescentes do silicato promoveram aumento dos teores de fósforo, potássio e magnésio e também da matéria seca de *B. brizantha*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área e coleta do material de solo

O município de Alegre (latitude 20°45'49" e longitude 41°31'57"), localizado na região sul do Estado do Espírito Santo, abrange uma área de aproximadamente 778,6 km² que compreende a sede e 7 (sete) distritos: Araraí, Café, Rive, Celina, Santa Angélica, Anutiba e São João do Norte.

Em uma área sob pastagem de *Brachiaria* sp no distrito do Café, município de Alegre, foram coletadas amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média, relevo forte ondulado a montanhoso, na profundidade de 0-20 cm (Figura 1).



Figura 1. Coleta do solo sob pastagem de *Brachiaria* sp.

3.2 Preparo e caracterização do material de solo

Após coletado, o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 2 mm, e foi separada uma amostra representativa para caracterização química e física (Tabela 1).

Tabela 1 – Atributos físicos e químicos do solo, na profundidade de 0-20 cm

Areia Grossa (g kg ⁻¹) ¹	615,2
Areia Fina (g kg ⁻¹) ¹	65,7
Silte (g kg ⁻¹) ¹	20,5
Argila (g kg ⁻¹) ¹	298,6
Densidade do solo (kg dm ⁻³) ²	1,23
Densidade de partículas (kg dm ⁻³) ³	2,86
Porosidade total (m ³ m ⁻³)	0,570
pH	4,8
P (mg dm ⁻³)	5,0
K (mg dm ⁻³)	48,0
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,9
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,5
Na (mg dm ⁻³)	6,0
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,5
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,0
S.B. (cmol _c dm ⁻³)	1,5
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,5
t (cmol _c dm ⁻³)	2,0
V (%)	23,8
m (%)	24,4
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	27,8

¹. Método da Pipeta (Agitação Lenta); ². Método da Proveta; ³. Método do Balão Volumétrico; Métodos de extração: pH em água (relação 1:2,5); potássio trocável por fotometria de chama, após extração com extrator Mehlich¹; cálcio e o magnésio trocáveis por extração com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinação por titulometria; alumínio trocável por extração com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e titulação; acidez potencial por extração com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e titulação; fósforo por colorimetria, após extração com extrator Mehlich¹; e matéria orgânica por oxidação, via úmida, com dicromato de potássio em meio sulfúrico (EMBRAPA, 1997).

3.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo em Alegre - ES.

Após a caracterização do solo, foram separadas amostras de volume de 3,5 dm³ e acondicionadas em sacos plásticos.

As amostras das escórias (escória A e escória B) foram enviadas para caracterização química no Laboratório de Análises de Fertilizantes - LAFER, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização química das escórias de siderurgia

Escória	SiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)
A	7,23	45,1	9,9
B	21,30	37,0	12,6

As amostras de solo foram submetidas à aplicação de cinco doses de SiO₂: 0; 500; 1000; 1500 e 2000 kg ha⁻¹, utilizando-se para isso duas escórias de siderurgia, que foram previamente passadas em peneiras de 0,297mm (50 mesh). As amostras de solo, após homogeneização, foram então incubadas em sacos plásticos por 30 dias, mantendo-se a umidade do solo a 60% do VTP (volume total de poros), de acordo com Freire et al. (1980), efetivando-se pesagens diárias e repondo-se a perda de água do solo com água destilada.

Após os 30 dias de incubação, a irrigação foi suspensa e quando o solo apresentou característica favorável ao manuseio, foi realizada a adubação com P e K (80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O), na forma de fosfato de potássio monobásico P.A. via água de irrigação, de forma padrão em cada amostra, atendendo as necessidades das forrageiras, de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo, 5ª aproximação (PREZOTTI et al., 2007).

Paralelamente à incubação das amostras, foram adquiridas sementes beneficiadas das espécies *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* Hochst Stapf cv. Marandu, as quais foram semeadas separadamente dentro de bandejas plásticas, utilizando areia lavada como substrato.

Após 14 dias da semeadura foram transplantadas 8 (oito) plântulas de gramíneas por vaso, utilizando um padrão contendo oito orifícios, onde foram colocadas as plântulas (Figura 2).

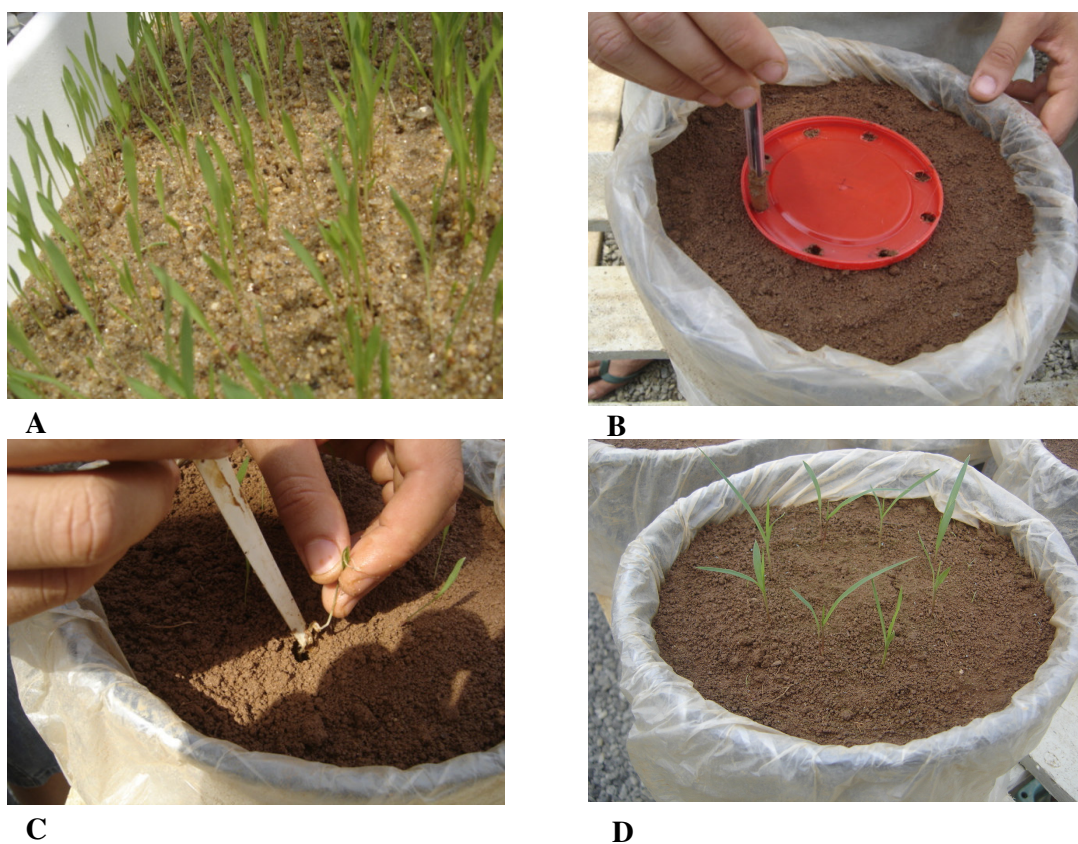


Figura 2. A. Semeadura em bandeja com areia; B. Padrão circular; C. Transplante de plântulas; e D. Desenvolvimento das gramíneas.

Decorridos 7 (sete) dias do transplante, foi realizado o desbaste das plântulas deixando-se 5 (cinco) plântulas por vaso, padronizando o porte das mesmas.

Após esse procedimento, foi realizada a adubação nitrogenada, com sulfato de amônio P.A., na dose de 40 kg ha⁻¹ de N, segundo Prezotti et al. (2007), dividida em

três aplicações, aos 7, 21 e 35 dias após transplante, via água de irrigação. Durante toda esta etapa do experimento manteve-se a umidade do solo a 60% do VTP (Volume Total de Poros), com pesagens diárias, de acordo com Freire et al. (1980).

O primeiro corte da parte aérea das gramíneas foi feito aos 40 dias após o transplante das mesmas, quantificando-se inicialmente o número de perfilhos por vaso, sendo o corte realizado a uma altura de 3 cm em relação ao solo.

A parte aérea das gramíneas, retirada de cada vaso, foi pesada imediatamente após o corte para obtenção da matéria fresca (MFPA). O material foi acondicionado em sacos de papel previamente identificados e levado à estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C durante 72h para determinação da matéria seca (MSPA).

O material (MSPA) foi triturado em moinho Wiley, provido de peneira de aço inoxidável com malhas de 0,42 mm e acondicionado em sacos de papel devidamente identificados para análises químicas dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), de acordo com métodos propostos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). A quantidade dos nutrientes acumulada nos tecidos da parte aérea das gramíneas foi calculada com base no teor desses no tecido e na produção de matéria seca. A quantidade dos nutrientes total acumulada pela parte aérea das plantas foi obtida pela soma dos acúmulos desses na parte aérea, nos dois cortes realizados.

Passados 7 (sete) dias após o primeiro corte, foi aplicado sulfato de amônio, utilizando a mesma estratégia de adubação nitrogenada anterior, na dose de 40 kg ha⁻¹ de N, dividida em 3 aplicações, aos 7, 21 e 35 dias após o primeiro corte, via água de irrigação.

O segundo corte das gramíneas foi realizado aos 40 dias após o primeiro corte, sendo a contagem do número de perfilhos, a obtenção da MFPA e da MSPA e as análises dos teores e acúmulos dos macronutrientes da parte aérea das gramíneas feitas de forma semelhante ao primeiro corte.

O experimento foi montado num esquema fatorial 2 x 2 x 5 sendo duas espécies de braquiária (*B. brizantha* e *B. decumbens*), duas escórias de siderurgia (escória A e escória B) e cinco doses de silicato (0, 500, 1000, 1500 e 2000 kg ha⁻¹), num delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

3. 4 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o Software SAEG 9.1 e quando significativo foi utilizado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para os fatores qualitativos e análise de regressão para os fatores quantitativos. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t de student ao nível de 5% de probabilidade e pelo coeficiente de determinação (R^2).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de matéria fresca, matéria seca e perfilhamento das gramíneas

A produção de matéria fresca da parte aérea (MFPA) no primeiro corte diminui com o uso da escória A, sendo inversamente proporcional ao aumento das doses de SiO_2 em ambas as gramíneas estudadas (Figura 3). Com o uso da escória B, a produção de MFPA em ambas as gramíneas apresenta incremento com a elevação das doses de SiO_2 . No segundo corte, há aumento de produção de MFPA em ambas as gramíneas com a utilização da escória A até a dose de 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 com posterior diminuição desta produção. Para a escória B, assim como ocorreu no primeiro corte, a produção de MFPA em ambas as gramíneas demonstra um crescimento com aumentos das doses de SiO_2 . Na somatória dos cortes ($1^{\circ}+2^{\circ}$ cortes) para ambas as gramíneas, com a utilização da escória A, o aumento das doses de SiO_2 proporciona um aumento até na dose de 500 kg ha^{-1} de SiO_2 e posteriormente um declínio da produção de matéria fresca, enquanto que na escória B o comportamento é contrário, aumentando a produção com o aumento das doses de SiO_2 (Figura 3).

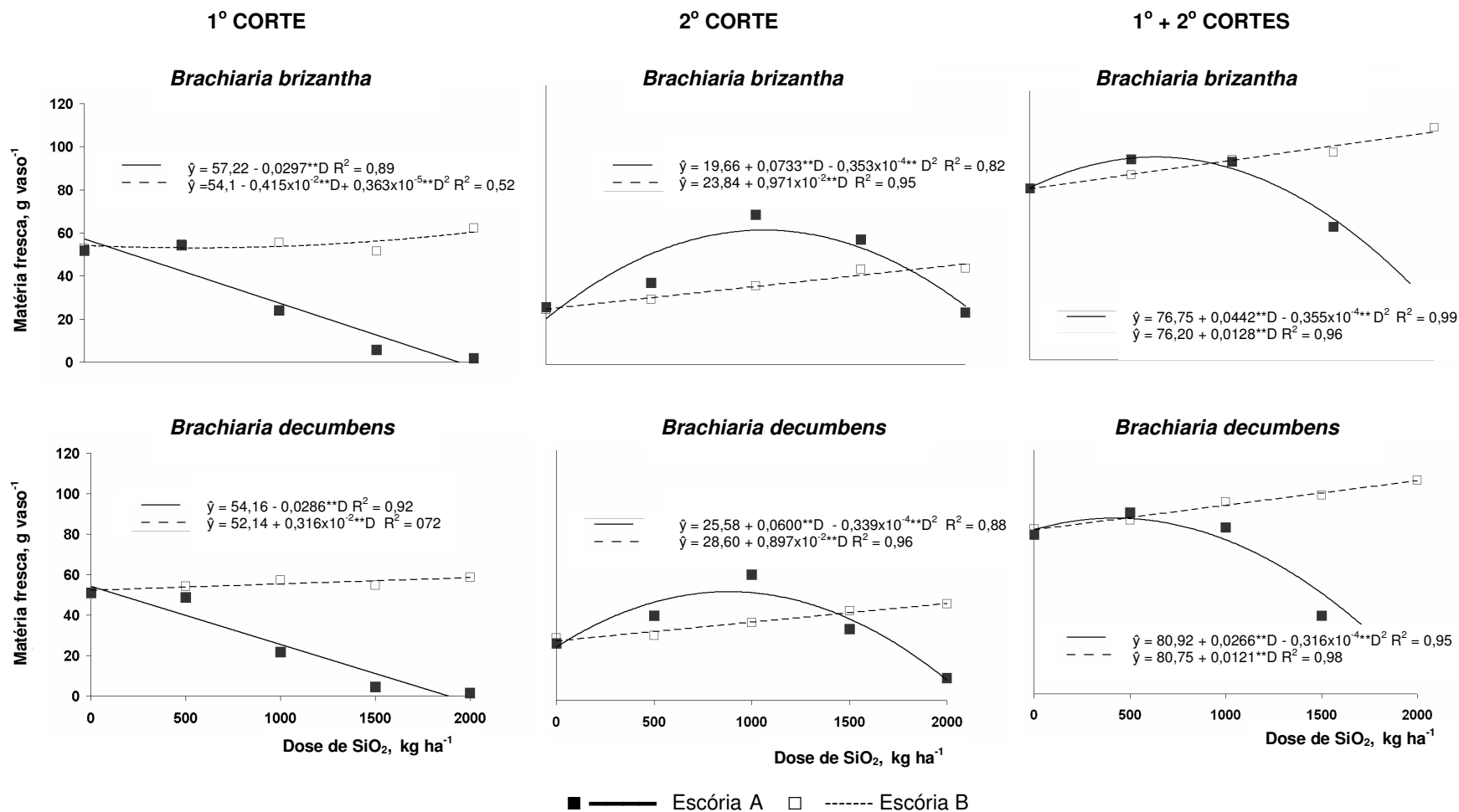


Figura 3. Produção de matéria fresca da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta à aplicação de doses de SiO₂ na forma de escórias de siderurgia ao 1º, 2º e 1º + 2º cortes (** significativo a 1% pelo teste t).

Não foram encontrados na literatura estudos com o uso de silicatos em gramíneas forrageiras avaliando a matéria fresca da parte aérea. Entretanto, Melo, Monteiro e Manfredini (2007), ao avaliarem a área foliar em *B. brizantha* com o uso de escória de siderurgia, encontraram para a dose de 900 kg ha⁻¹ de silicato, um aumento na área foliar desta gramínea.

A produção de matéria seca na parte aérea (MSPA) das gramíneas apresenta o mesmo comportamento em comparação ao encontrado para matéria fresca (Figuras 3 e 4). Com o uso da escória A o que se verifica é uma diminuição da produção de MSPA de *B. decumbens* após a dose de 500 kg ha⁻¹ de SiO₂ e quando se utiliza a escória B, há aumento gradativo da produção de MSPA, semelhante aos resultados de Korndorfer et al. (2001), que aplicando superficialmente doses de silicato de cálcio sobre a pastagem degradada de *B. decumbens*, avaliaram a produção de MSPA e verificaram que o silicato influenciou positivamente na produção de MSPA até a dose de 2000 kg ha⁻¹. Prado, Fernandes e Natale (2001) em avaliação comparativa do efeito da escória de siderurgia de alto forno e do calcário em doses equivalentes de CaCO₃, sobre a produção de MSPA e perfilhamento da cana-de-açúcar, verificaram que ambos corretivos foram semelhantes em termos de produção de MSPA. Fortes (2006), estudando a produção de MSPA de *B. brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Tanzânia com aplicação de silicato de cálcio e magnésio, verificou que a *B. brizantha* não respondeu tanto quanto o capim tanzânia, porém teve um aumento de produção de MSPA até a dose de 3,85 t ha⁻¹ de escória, semelhantemente à tendência verificada no presente trabalho para a escória B. Souza (2008) avaliou cinco doses de silicato de cálcio (0, 0,5, 1, 2 e 4 t ha⁻¹) e concluiu que doses crescentes do silicato promoveram aumento da produção matéria seca de *B. brizantha*, semelhante aos resultados deste estudo com a escória B. Melo, Monteiro e Manfredini (2007) avaliaram a produção de MSPA em *B. brizantha* e verificaram um aumento na produção com a dose de 900 kg ha⁻¹ de silicato, semelhante ao que ocorreu neste estudo na escória B e na escória A ao segundo corte e à somatória dos cortes.

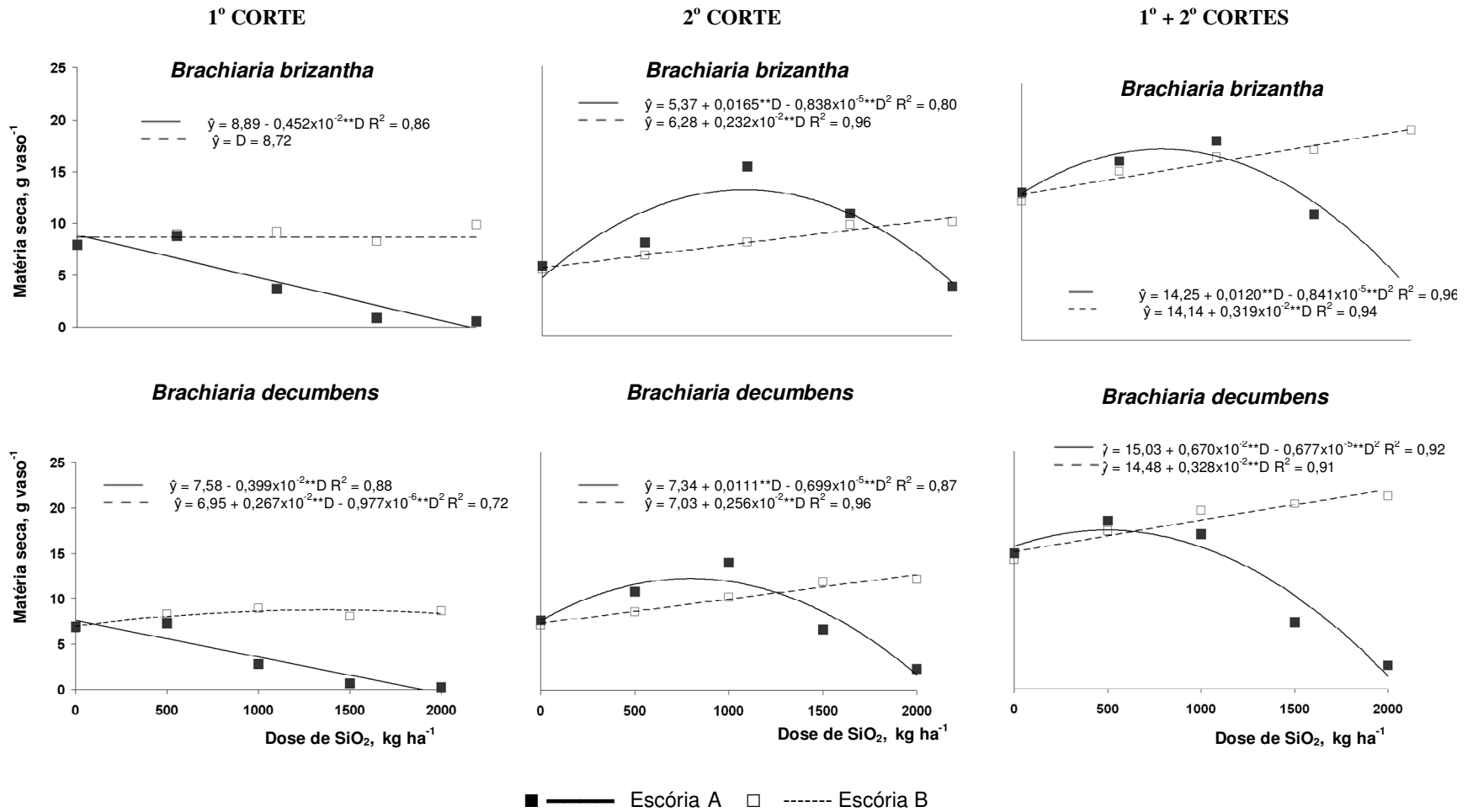


Figura 4. Produção de matéria seca da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta à aplicação de doses de SiO₂ na forma de escórias de siderurgia (CST e RECMIX) ao 1º, 2º e 1º + 2º cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).

Com relação ao número de perfilhos (NP), ao primeiro corte, há diminuição dos mesmos com o aumento das doses da escória A, com ausência de perfilhamento em ambas as gramíneas com a utilização da maior dose de SiO_2 (2000 kg ha^{-1}). Com o uso da escória B, o NP em ambas as gramíneas apresenta uma tendência de aumento à medida que se aumenta a dose de SiO_2 utilizada. Já no segundo corte, há incremento do NP em ambas as gramíneas com a utilização da escória A até a dose de 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 com posterior diminuição dessa produção. Com a utilização da escória B, o NP em ambas as gramíneas demonstra um crescimento discreto com aumento das doses de SiO_2 . No somatório dos cortes para ambas as gramíneas com a utilização da escória A, há aumento do NP até a dose de 500 kg ha^{-1} de SiO_2 e uma diminuição gradativa a partir desta dose. Na escória B, o comportamento é crescente para *B. brizantha* com o aumento das doses de SiO_2 , não havendo ajuste de modelos de regressão para a *B. decumbens* (Figura 5).

Prado, Fernandes e Natale (2001), avaliando o efeito da escória de siderurgia de alto forno e do calcário na produção de MSPA e perfilhamento da cana-de-açúcar, verificaram superioridade da escória de siderurgia, apresentando um incremento linear no perfilhamento da planta, o que não ocorreu com os tratamentos com calcário. Prado, Fernandes e Natale (2003), avaliando o uso de calcário e escórias de siderurgia no perfilhamento da soqueira cana de açúcar, concluíram que o calcário promoveu efeito negativo sobre o número de perfilhos, o que não ocorreu com o uso das escórias.

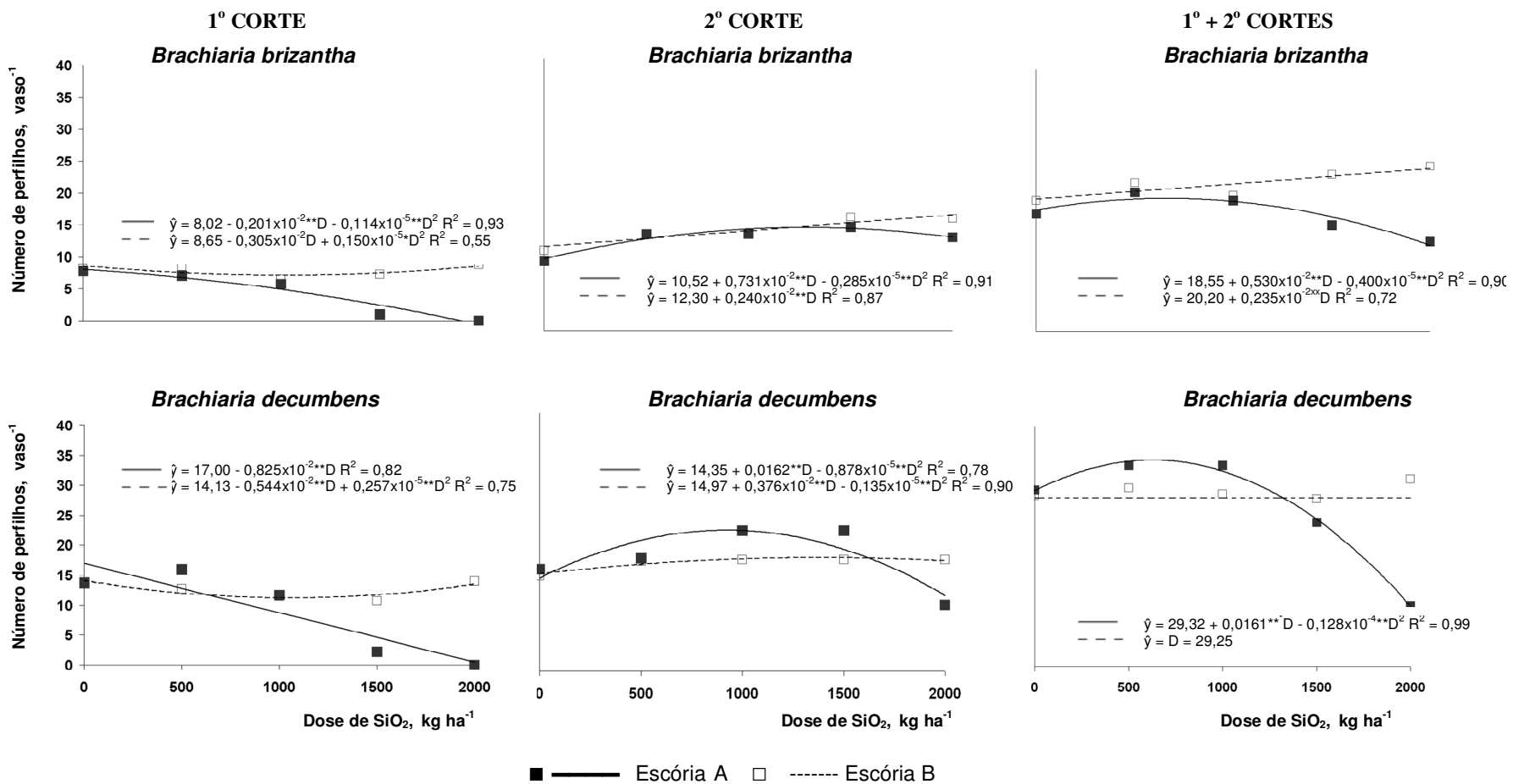


Figura 5. Número de perfilhos da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta à aplicação de doses de SiO₂ na forma de escórias de siderurgia ao 1º, 2º e 1º + 2º cortes. (** significativo a 1% pelo teste t; e * significativo a 5% pelo teste t).

A tendência crescente do número de perfilhos com o aumento da dose de silicato, verificado para a escória B, foi confirmada pelos estudos de Fortes (2006) que também avaliou o número de perfilhos e concluiu que *Panicum maximum* cv. Tanzânia produziu, em média, maior número de perfilhos que *B. brizantha*, independentemente da dose de silicato utilizada, porém a *B. brizantha* produziu maior número de perfilhos na dose 3,85 t ha⁻¹. Já Melo, Monteiro e Manfredini (2007) relataram que o número de perfilhos da *B. brizantha* aumentou apenas no primeiro corte com a dose de 900 kg ha⁻¹ de silicato.

Ao primeiro corte, a produção de matéria fresca, matéria seca e o número de perfilhos da parte aérea de ambas as gramíneas é superior com a utilização da escória B. Ao segundo corte, a produção de matéria fresca e matéria seca da parte aérea de *B. brizantha* é superior com o uso da escória A, porém para *B. decumbens* a escória B apresenta resultados superiores. Quanto ao número de perfilhos, o uso da escória B promove maior perfilhamento da *B. brizantha*, porém para a *B. decumbens* não há diferença significativa entre as escórias. Avaliando a produção de MFPA, MSPA e NP nas diferentes espécies de gramíneas utilizadas, em função da aplicação das escórias, observa-se que na somatória dos cortes (1º + 2º cortes), as gramíneas apresentam resultados superiores com o uso da escória B (Tabela 3).

Tabela 3. Produção média de matéria fresca e matéria seca e número de perfilhos da parte aérea da *Brachiaria brizantha* e da *Brachiaria decumbens* em função da aplicação das escórias de siderurgia

Gramínea	Escória	1° Corte	2° Corte	1° + 2° Cortes
Matéria fresca (g vaso⁻¹)				
<i>B. brizantha</i>	A	27,52b	40,05a	67,57b
	B	55,47a	33,56b	89,03a
<i>B. decumbens</i>	A	25,46b	34,65b	60,11b
	B	55,31a	37,58a	92,89a
Matéria seca (g vaso⁻¹)				
<i>B. brizantha</i>	A	4,37b	9,33a	13,70b
	B	8,72a	8,61b	17,34a
<i>B. decumbens</i>	A	3,59b	7,98b	11,57b
	B	8,16a	9,59a	17,76a
Perfilhos (número vaso⁻¹)				
<i>B. brizantha</i>	A	4,30b	13,55b	17,85b
	B	7,85a	14,70a	22,55a
<i>B. decumbens</i>	A	8,75b	17,40a	26,15b
	B	12,55a	16,70a	29,25a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada gramínea, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Em todas as avaliações (1º corte, 2º corte e 1º + 2º cortes), o uso da escória A promove maior produção de matéria fresca e seca da *B. brizantha*, porém para o número de perfilhos a *B. decumbens* é superior (Tabela 4). Com a utilização da escória B, para matéria fresca não há diferença significativa entre as gramíneas ao primeiro corte, porém ao segundo corte e na somatória dos cortes, a *B. decumbens* se mostra superior; para a matéria seca da parte aérea, a *B. brizantha* é superior ao primeiro corte, porém ao segundo corte e no somatório dos cortes a *B. decumbens* se mostra superior; para o número de perfilhos a *B. decumbens* se mostra superior durante todas as avaliações.

Tabela 4. Produção média de matéria fresca e matéria seca e número de perfilhos na parte aérea em função das duas espécies de braquiária (*Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*) para cada escória de siderurgia

Escória	Gramínea	1° Corte	2° Corte	1° + 2° Cortes
Matéria fresca (g vaso⁻¹)				
A	<i>B. brizantha</i>	27,52a	40,05a	67,57a
	<i>B. decumbens</i>	25,46b	34,65b	60,11b
B	<i>B. brizantha</i>	55,47a	33,56b	89,03b
	<i>B. decumbens</i>	55,31a	37,58a	92,89a
Matéria seca (g vaso⁻¹)				
A	<i>B. brizantha</i>	4,37a	9,33a	13,70a
	<i>B. decumbens</i>	3,59b	7,98b	11,57b
B	<i>B. brizantha</i>	8,72a	8,61b	17,34b
	<i>B. decumbens</i>	8,16b	9,59a	17,76a
Perfilhos (número vaso⁻¹)				
A	<i>B. brizantha</i>	4,30b	13,55b	17,85b
	<i>B. decumbens</i>	8,75a	17,40a	26,15a
B	<i>B. brizantha</i>	7,85b	14,70b	22,55b
	<i>B. decumbens</i>	12,55a	16,70a	29,25a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada escória, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Santos et al. (2003) avaliaram o uso de escória de siderurgia em arroz e concluíram que à medida que se aumentou a dose de metasilicato aumentou-se também a produtividade do arroz, obtendo-se o máximo no tratamento com 6000 kg ha⁻¹ de metasilicato. Mauad et al (2003), estudando diferentes doses de silicatos na produtividade de arroz, concluíram que não houve aumento de produtividade de grãos nem na produção de matéria seca. Carvalho-Pupatto, Bull e Crusciol (2004), avaliando dois tipos de escórias na dose de 1000 kg ha⁻¹ Si sobre atributos do solo e produtividade de arroz, verificaram que a escória de alto-forno proporcionou maior crescimento radicular em profundidade e melhor distribuição no perfil do solo e, conseqüentemente, maior produção de matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos de arroz. Sanches (2003), em um experimento a campo utilizando a escória B nas doses de 0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹ para avaliar atributos do solo e da planta *B. brizantha*, observou que a produção de massa seca foi influenciada de forma benéfica com o aumento das doses de escória.

4.2 Teor e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das gramíneas

4.2.1 Nitrogênio (N)

Ao primeiro corte, o teor de N na parte aérea das plantas aumenta com o uso da escória A até a dose de 1500 kg ha⁻¹ de SiO₂ em *B. brizantha* e até a dose de 1000 kg ha⁻¹ de SiO₂ em *B. decumbens*. Com o uso da escória B, o teor de nitrogênio em ambas as gramíneas declina até a dose de 1000 kg ha⁻¹ de SiO₂ com um acréscimo até a maior dose (Figura 6). Esse fato pode ser explicado pelo efeito de diluição (Jarrel e Beverly, 1981), pois o aumento da produção de biomassa resultou na queda do teor de N na folha.

No segundo corte, há aumento do teor de N em ambas as gramíneas com a utilização da escória A; para a escória B, o teor de N tem um decréscimo até a dose de 1000 kg ha⁻¹ de SiO₂ e depois aumenta com o aumento das doses em ambas as gramíneas. Observa-se que ao segundo corte há uma diminuição no teor de N nas gramíneas estudadas.

Souza (2008), avaliando o efeito de corretivos de solo sobre a composição química da *Brachiaria brizantha*, não verificou diferença significativa entre os tratamentos (testemunha, silicato de cálcio e gesso agrícola), quanto aos teores de nitrogênio na planta. Mauad et al (2003) estudando diferentes doses de silicatos na produtividade de arroz, concluíram que não houve aumento nos teores de nitrogênio em função das doses de escória aplicadas.

Com relação ao acúmulo de N no primeiro corte, nota-se uma diminuição nos valores de N da parte aérea em ambas as gramíneas com a utilização de doses crescentes da escória A, porém com a utilização da escória B observa-se um incremento nesses valores com o aumento das doses de SiO₂ (Figura 7).

No segundo corte, a utilização de escória A promove um comportamento distinto, havendo aumento do acúmulo de N até a dose 1000 e 1500 kg ha⁻¹ de SiO₂, respectivamente, para as gramíneas *B. brizantha* e *B. decumbens*, com redução dos valores a partir dessas doses. De forma semelhante ao ocorrido no primeiro corte, as

gramíneas responderam positivamente às doses crescentes de SiO_2 , aplicados na forma da escória B, no segundo corte e na somatória dos cortes (1º + 2º cortes). Com o uso de escória A, independentemente da gramínea, há um aumento dos valores de N até a dose de 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 , ao primeiro e segundo cortes, com posterior decréscimo desses acúmulos.

Com o uso de escória A, independentemente da gramínea, há um aumento dos valores de N até a dose de 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 , na somatória dos cortes com posterior decréscimo desses acúmulos. Prado, Fernandes e Natale (2002), estudando o efeito de doses de siderurgia e calcário na absorção dos macronutrientes pela cana-de-açúcar, observaram um comportamento quadrático para os acúmulos de N na parte aérea da cana-de-açúcar, com incremento dos acúmulos de P até a dose de $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ de escória.

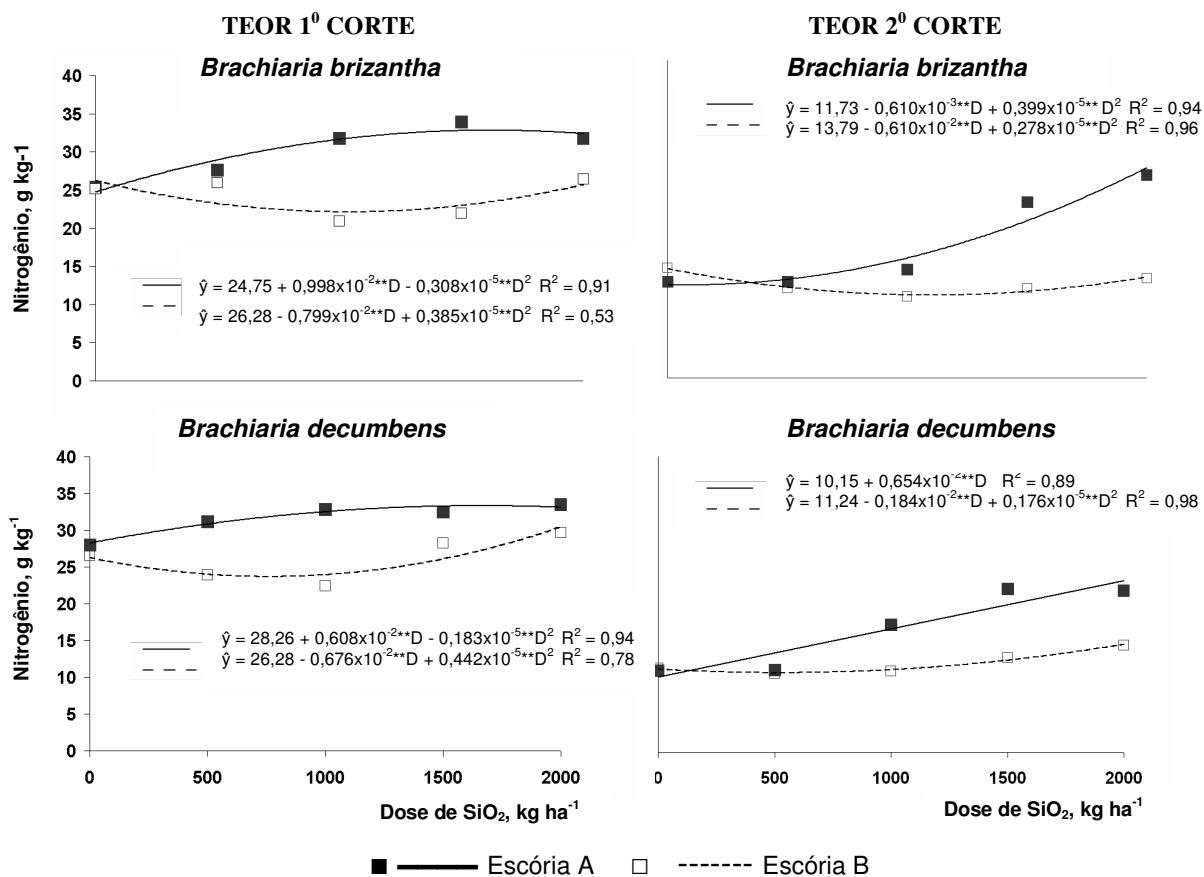


Figura 6. Teor de nitrogênio da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO_2 , na forma de escórias de siderurgia ao 1º e 2º cortes (** significativo a 1% pelo teste t).

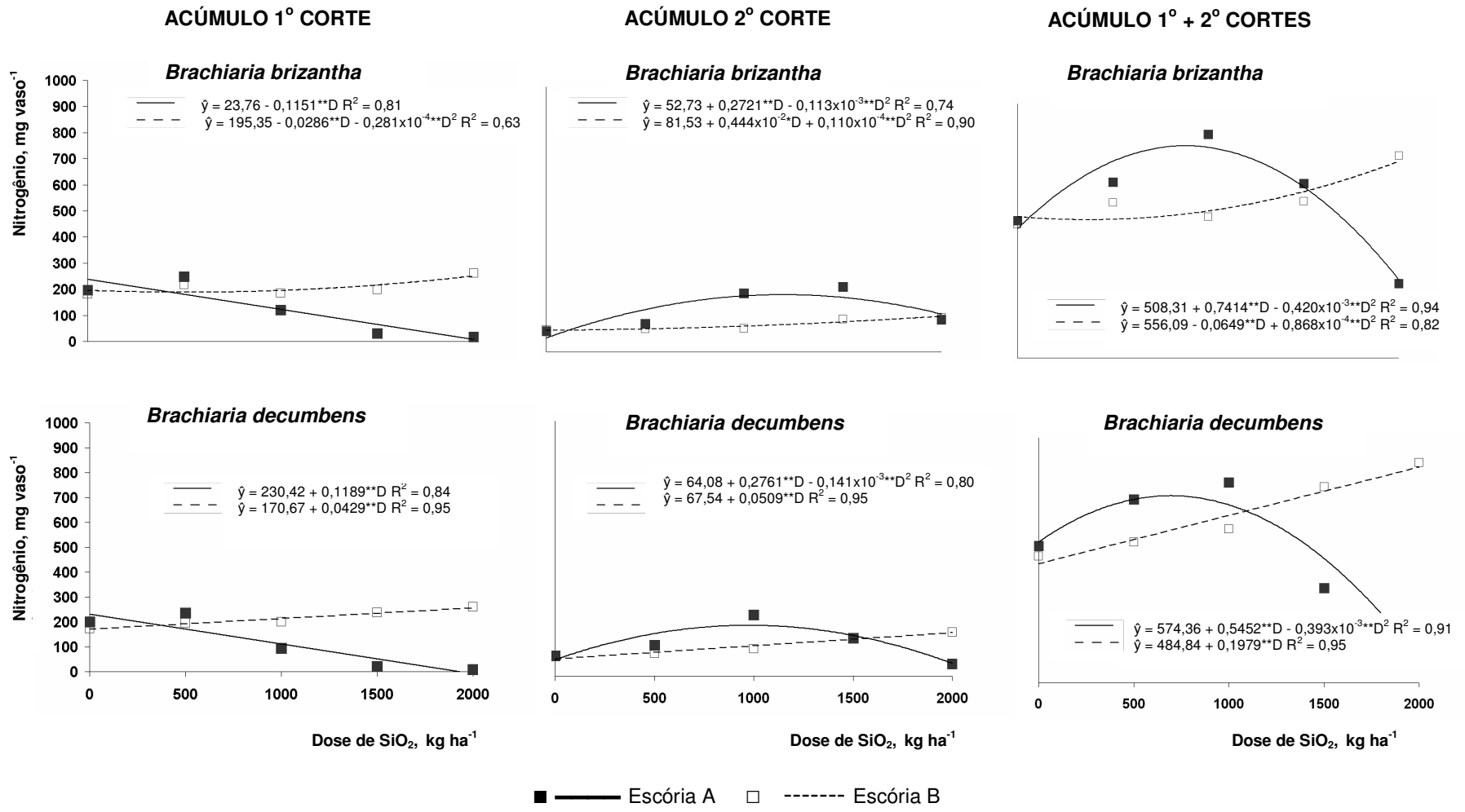


Figura 7. Acúmulo de nitrogênio na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1º, 2º e 1º + 2º cortes. (** significativo a 1% pelo teste t; e * significativo a 5% pelo teste t).

4.2.2 Fósforo (P)

O teor de P na parte aérea de ambas as gramíneas, ao primeiro corte, aumenta com o uso da escória A até a dose 1000 kg ha⁻¹ de SiO₂ com declínio a partir desta dose (Figura 8). Com o uso da escória B, os teores de P na parte aérea da *B. decumbens* declinam até a dose de 500 kg ha⁻¹ de SiO₂ com um acréscimo até a maior dose, não havendo influência significativa das doses de SiO₂ aplicadas para *B. brizantha*.

No segundo corte, há aumento do teor de P em ambas as gramíneas com a utilização dos dois tipos de escórias. Os resultados obtidos no 2º corte estão de acordo com os obtidos por Melo (2005) e Souza (2008), os quais observaram efeitos positivos no fornecimento de silicato no aumento do teor de fósforo das gramíneas. De acordo com Volkweiss & Raij (1977), o silicato tem papel importante na diminuição da adsorção de fósforo em solos tropicais, haja vista que o íon silicato compete com o fosfato pelos mesmos sítios de adsorção na superfície dos minerais, tornando este último mais disponível às plantas.

Sanches (2003), utilizando a escória Recmix®, verificou que os teores de fósforo na parte aérea de *B. brizantha* aumentaram na dose de 4 t ha⁻¹. Sugere-se, pela tendência dos resultados deste estudo, que doses maiores de silicato poderiam resultar em teores de P maiores na parte aérea das plantas, conforme observado no 2º corte. Fortes (2006) também verificou que *Brachiaria brizantha* apresentou um aumento no teor de P até a dose de 3,85 t ha⁻¹, com diminuição dos teores após esta dose.

Os teores médios de P encontrados na parte aérea das gramíneas, independente da dose de SiO₂ utilizada, estão acima dos obtidos por Souza (2008), na parte aérea da *B. brizantha*, cujos valores variaram de 1,02 g kg⁻¹ (testemunha) a 1,35 g kg⁻¹ (4,0 t ha⁻¹ de silicato de cálcio).

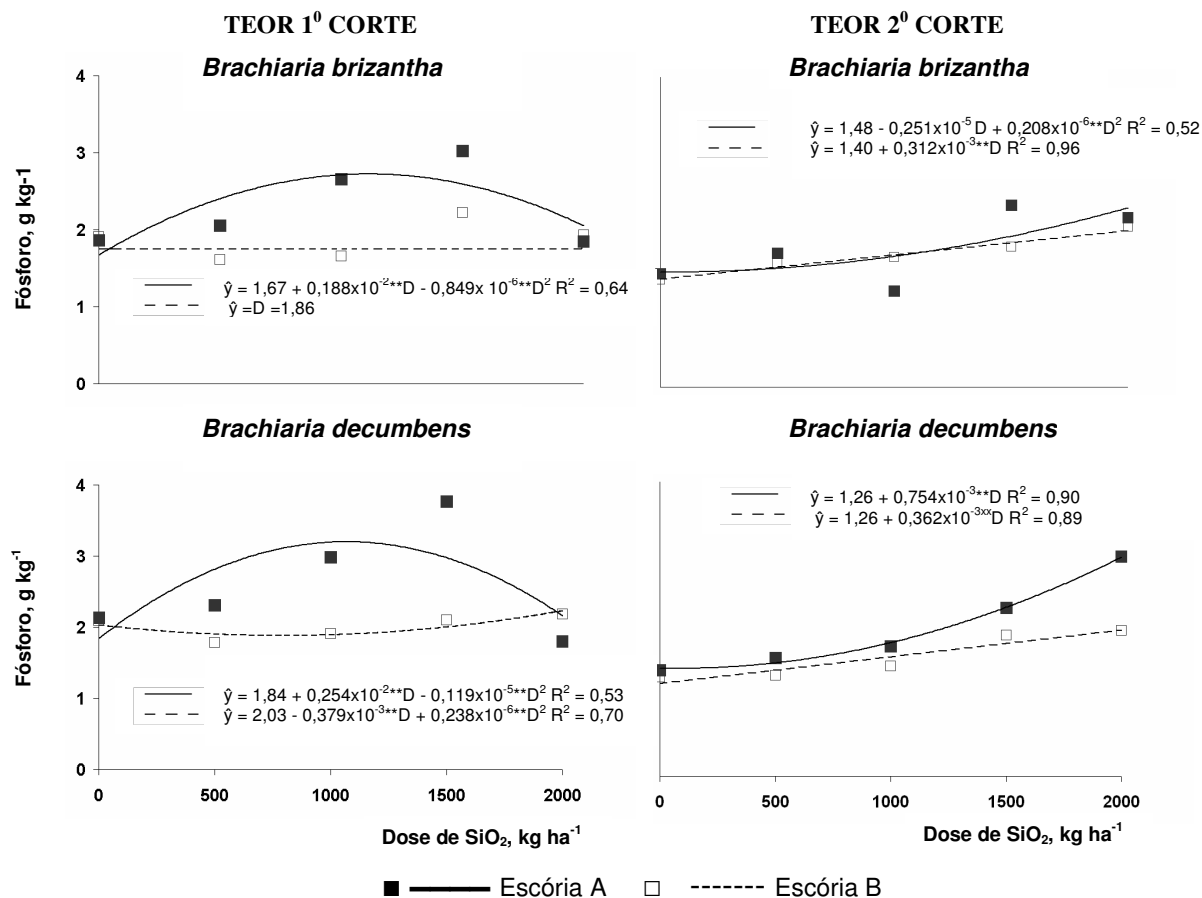


Figura 8. Teor de fósforo da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia, ao 1º e 2º cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).

Com relação ao acúmulo de P, no primeiro corte nota-se uma diminuição nos valores de fósforo da parte aérea em ambas as gramíneas com a utilização de doses crescentes da escória A, porém com a utilização da escória B observa-se um aumento nesses valores (Figura 9).

No segundo corte, a utilização de escória A promove uma queda dos valores de acúmulos de P a partir da dose de 1000 kg ha⁻¹ de SiO₂ para ambas as gramíneas. Com o uso da escória B, no segundo corte, as gramíneas respondem linearmente às doses crescentes de SiO₂. Na somatória do primeiro e segundo cortes, há um aumento dos valores de acúmulo de P até a dose de 1000 kg ha⁻¹ de SiO₂ com uso de escória A em ambas as gramíneas, com posterior decréscimo desses acúmulos, atingindo os valores mais baixos na dose 2000 kg ha⁻¹ de SiO₂. Com a utilização da

escória B , os valores dos acúmulos de P aumentam, acompanhando o aumento das doses de SiO_2 , em ambas as gramíneas. Prado, Fernandes e Natale (2002), estudando o efeito de doses de siderurgia e calcário na absorção dos macronutrientes pela cana-de-açúcar, observaram um comportamento quadrático da curva para os valores de acúmulos de P na parte aérea da cana-de-açúcar, com incremento dos acúmulos de P até a dose de $6,12 \text{ t ha}^{-1}$ de escória.

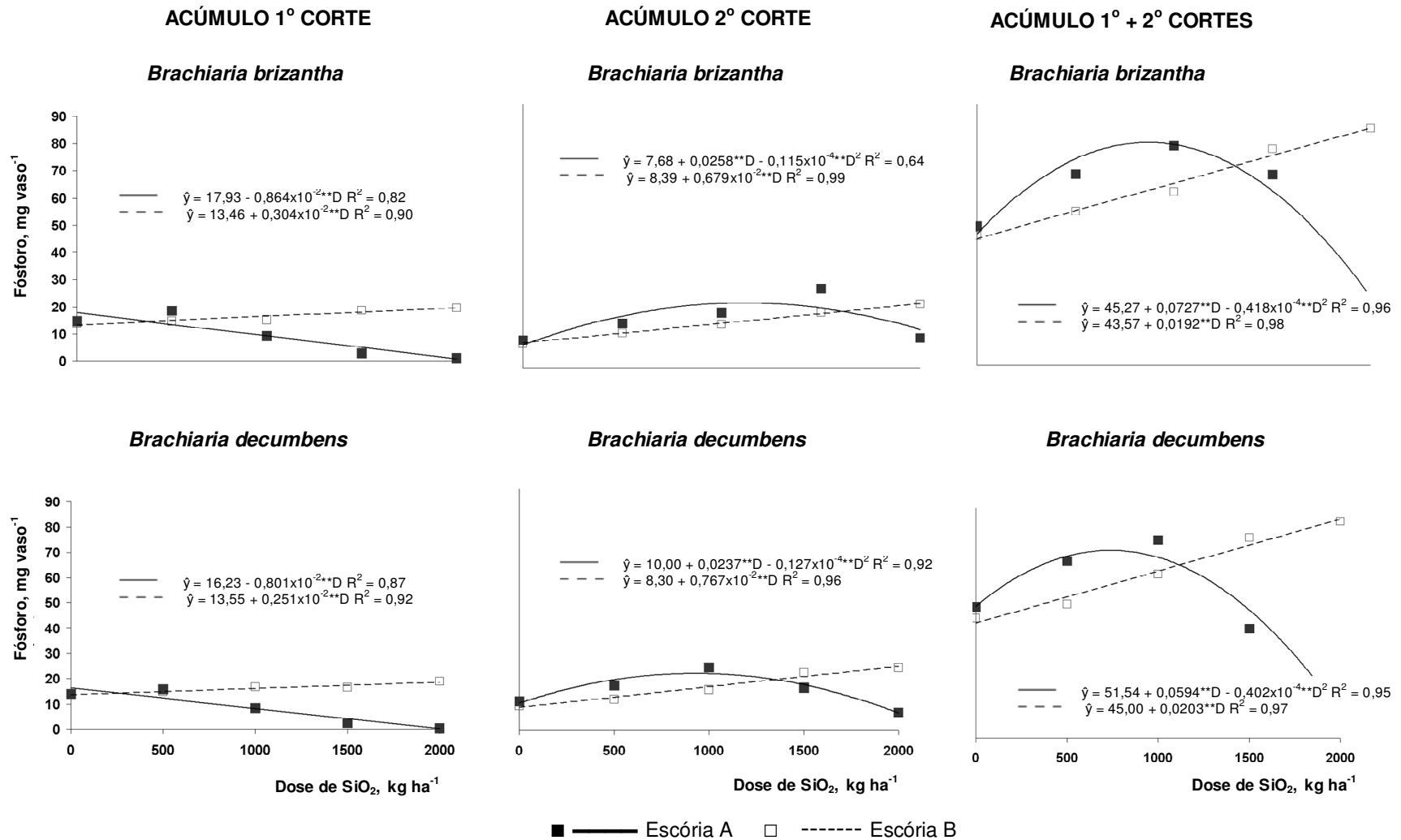


Figura 9. Acúmulo de fósforo na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1º, 2º e 1º + 2º cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).

4.2.3 Potássio (K)

Ao primeiro corte, o teor de K na parte aérea das gramíneas aumenta com o uso da escória A até a dose 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 nas duas gramíneas, porém com o uso da escória B, o teor de K em ambas as gramíneas apresenta uma tendência de redução com o aumento das doses de SiO_2 . No segundo corte, o comportamento é diferente, pois há aumento linear do teor de K em ambas as gramíneas, com o incremento das doses de SiO_2 , quando se utiliza a escória A. Com a utilização da escória B, o teor de K tem um decréscimo à medida que se aumenta as doses de silicato em ambas as gramíneas (Figura 10).

Avaliando os teores de K em *B. brizantha*, Fortes (2006) concluiu que os teores aumentaram até a dose de $6,34 \text{ t ha}^{-1}$ de escória, com variações após esta dose, o que foi semelhante aos resultados com uso da escória A, que obteve tendência linear de crescimento e diferiu dos resultados com o uso da escória B, em que os teores de K diminuíram gradativamente com o aumento das doses de silicato. Souza (2008) obteve maiores teores de potássio na parte aérea da *B. brizantha* quando utilizou a dosagem de $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ de silicato de cálcio.

Para o acúmulo de K na parte aérea, no primeiro corte nota-se uma diminuição nos valores em ambas as gramíneas com a utilização de doses crescentes da escória A, porém com a escória B não há ajuste de modelos de regressão aos dados experimentais. No segundo corte, com a utilização de escória A ocorre aumento do acúmulo de K até a dose 1500 kg ha^{-1} de SiO_2 , em ambas as gramíneas e com o uso da escória B, só há ajuste de modelo de regressão para a *Brachiaria brizantha* (Figura 11).

Nos acúmulos de K referentes à soma do primeiro e segundo cortes, há um aumento dos valores de K até a dose de 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 com uso de escória A em ambas as gramíneas. Com a utilização da escória B, não há ajuste de equação de regressão para a *B. brizantha*, porém para a *B. decumbens* percebe-se um aumento linear desses valores com o incremento das doses de SiO_2 (Figura 11). Prado, Fernandes e Natale (2002), estudando o efeito de doses de escória de siderurgia e calcário na absorção dos macronutrientes pela cana-de-açúcar, observaram um

comportamento quadrático da curva para os valores de acúmulos de K na parte aérea da cana-de-açúcar, com incremento dos acúmulos de P até a dose de 3,0 t ha⁻¹ de escória.

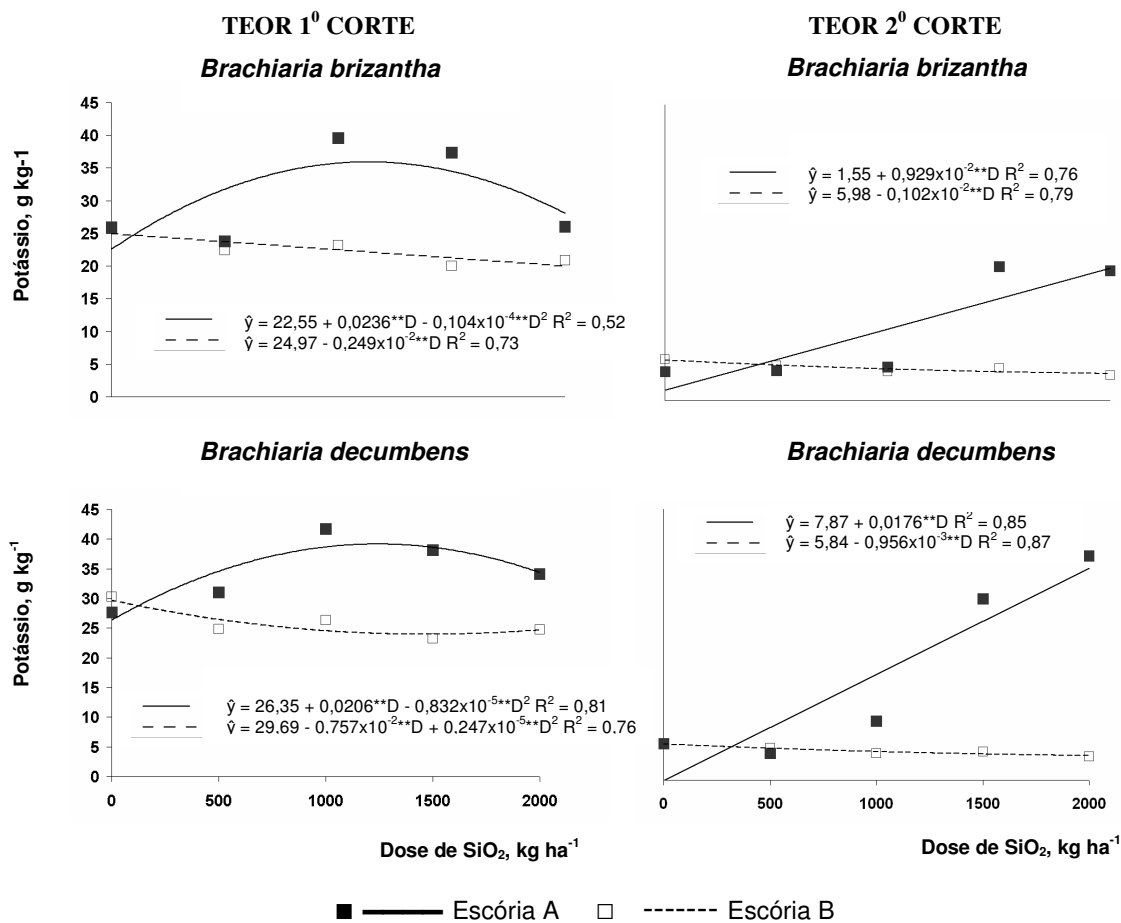


Figura 10. Teor de potássio da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escória de siderurgia ao 1^o e 2^o cortes (** significativo a 1% pelo teste t).

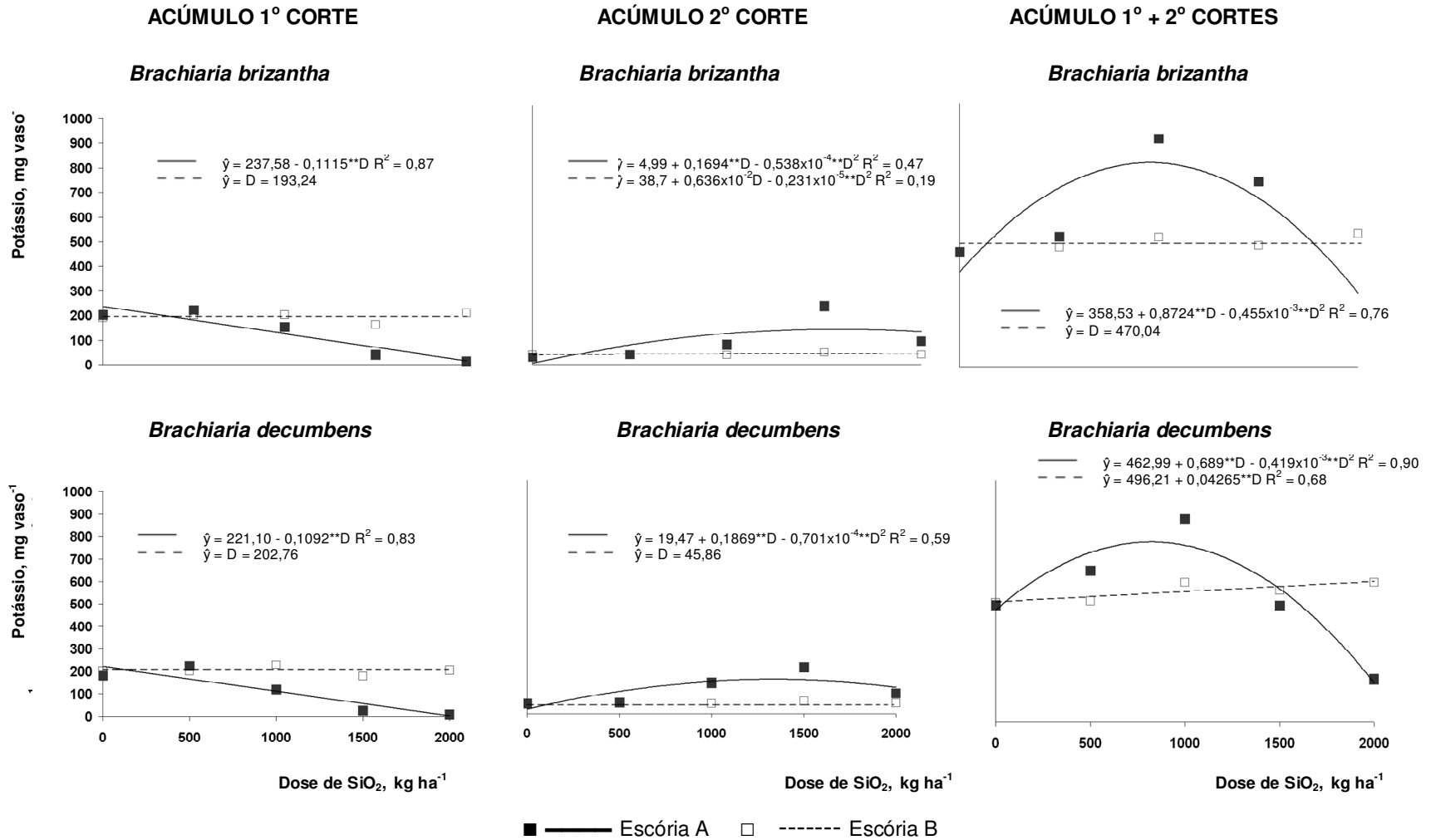


Figura 11. Acúmulo de potássio na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1º, 2º e 1º + 2º cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).

4.2.4 Cálcio (Ca)

O teor de Ca na parte aérea das gramíneas ao primeiro corte, aumenta com o uso da escória A até a dose 2000 kg ha^{-1} de SiO_2 para a *B. decumbens*, porém para a *B. brizantha* verifica-se que a partir da dose de 1500 kg ha^{-1} de SiO_2 praticamente não há variação no teor deste elemento. Com o uso da escória B, o teor de Ca na parte aérea (1º corte) atinge seu máximo nas doses 1000 e 500 kg ha^{-1} SiO_2 , respectivamente para *B. brizantha* e *B. decumbens*. Já no segundo corte, os teores de Ca apresentam incrementos até a dose de 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 com o uso das escórias CST e RECMIX (Figura 12).

Fortes (2006) verificou que a *Brachiaria brizantha* respondeu com aumento linear dos teores de Ca com o aumento das doses de silicato, semelhantemente ao que ocorreu neste trabalho com a *B. decumbens*, quando se utilizou a escória A. Resultados distintos foram obtidos por Souza (2008), que observou redução significativa dos teores de cálcio na parte aérea da *B. brizantha* à medida que aumentou as doses de silicato de cálcio. Os teores de cálcio obtidos por este autor, independentemente da dose de silicato de cálcio utilizada, estão abaixo dos obtidos neste trabalho.

Quanto ao acúmulo de Ca na parte aérea, ao primeiro corte, os valores em ambas as gramíneas aumentam com a utilização da escória A até a dose de 500 kg ha^{-1} de SiO_2 , diminuindo após essa dose. Para a escória B, há um aumento desses valores (1º corte) até a dose de 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 . No segundo corte, com a utilização de escória A, ocorre aumento do acúmulo de Ca até a dose 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 , em ambas as gramíneas e com o uso da escória B os valores aumentam com o aumento das doses de silicato (Figura 13).

Nos acúmulos referentes à somatória do primeiro e segundo cortes, há um incremento dos acúmulos de Ca até a dose de 1500 kg ha^{-1} de SiO_2 em ambas as gramíneas com a utilização da escória B. Com o uso de escória A, há um aumento dos valores de Ca até a dose de 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 para ambas as gramíneas, com posterior diminuição (Figura 13), semelhantemente a Prado, Fernandes e Natale (2002), que verificaram um comportamento quadrático da curva para os

valores dos acúmulos de Ca na parte aérea da cana-de-açúcar com o aumento das doses de escória utilizadas, com incremento dos acúmulos de Ca até a dose de 3,0 t ha⁻¹ de escória.

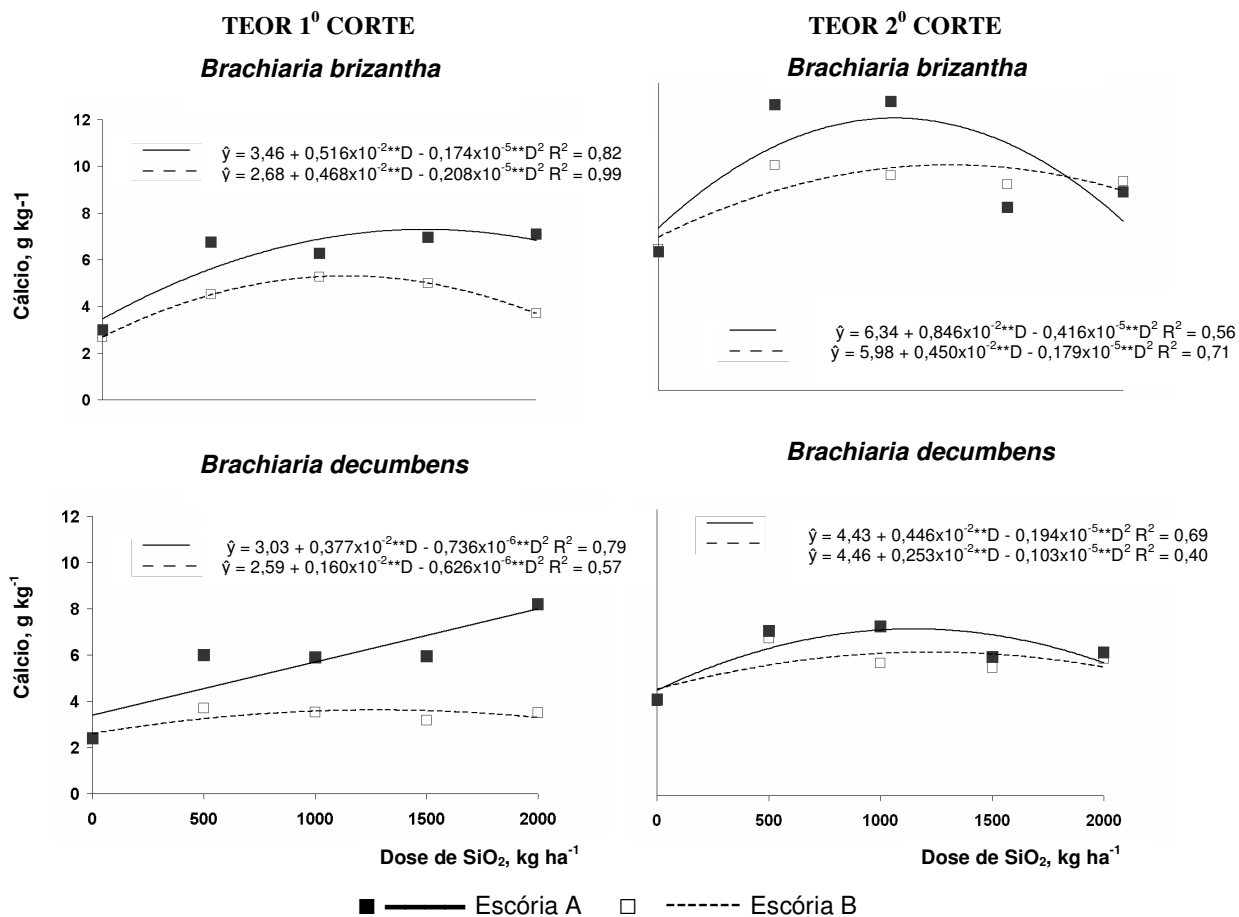


Figura 12. Teor de cálcio da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1^o e 2^o cortes (** significativo a 1% pelo teste t).

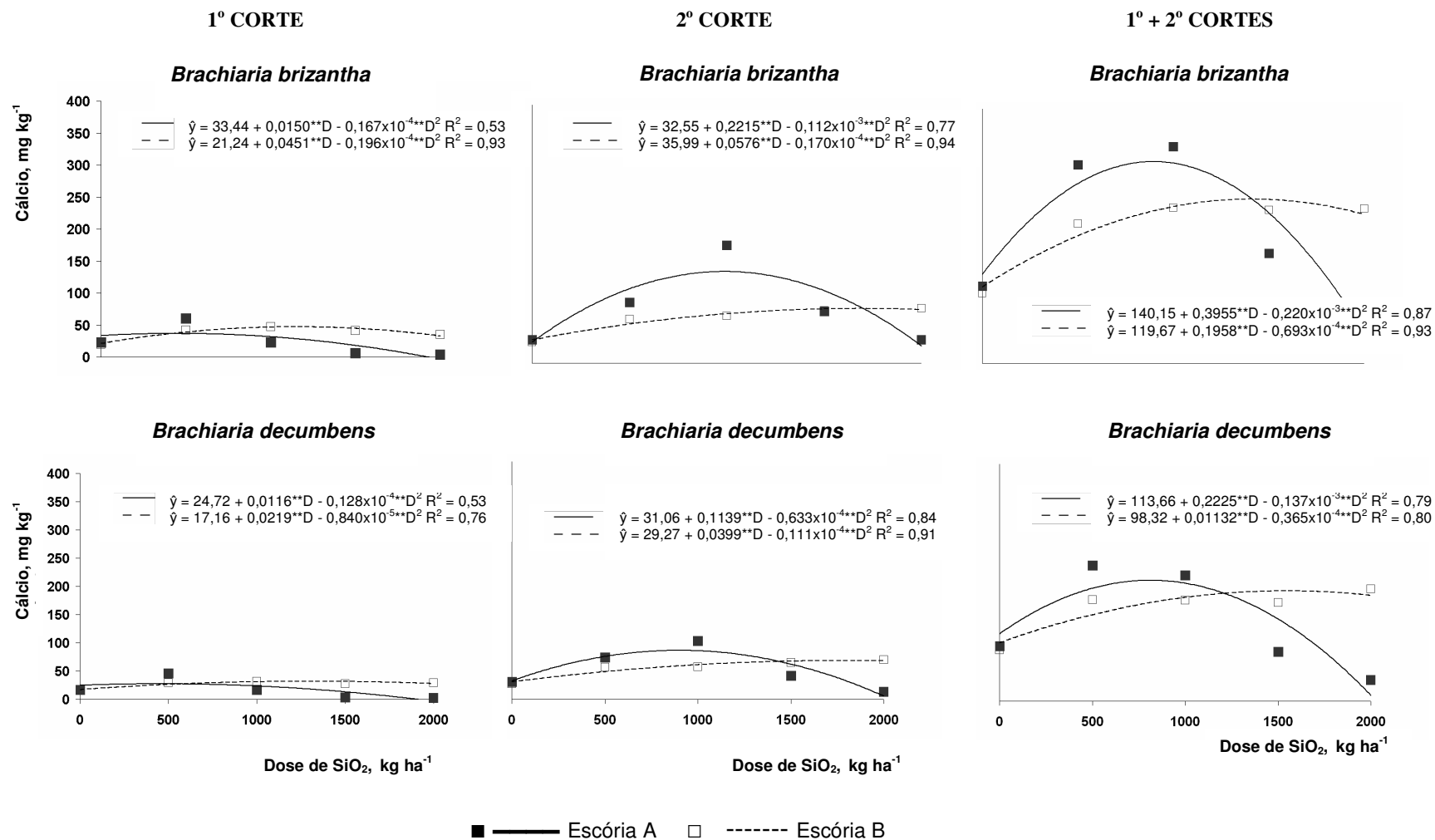


Figura 13. Acúmulo de cálcio na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1º, 2º e 1º + 2º cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).

4.2.5 Magnésio (Mg)

Ao primeiro corte, o teor de Mg na parte aérea da *B. brizantha* apresenta redução a partir da dose de 500 kg ha⁻¹ de SiO₂, com o aumento das doses de SiO₂, enquanto para *B. decumbens* não há ajuste de modelo de regressão, utilizando-se a escória A. Para a escória B, os teores de Mg na parte aérea da *B. brizantha*, no 1º corte, aumentam até a dose de 1500 kg ha⁻¹ de SiO₂, enquanto para *B. decumbens* este aumento é linear (Figura 14).

No segundo corte, há um aumento dos teores de Mg até a dose 500 kg ha⁻¹ de SiO₂ com o uso da escória A para ambas as gramíneas. Com a utilização da escória B, há um incremento do teor de Mg com o aumento da dose de SiO₂ nas duas gramíneas (Figura 14).

Prado, Fernandes e Natale (2003), avaliando o uso de calcário e escórias de siderurgia nos teores de magnésio em cana-de-açúcar, relataram que as concentrações de magnésio foram lineares, aumentando com a elevação das doses das escórias. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza (2008), com incremento do teor de Mg na parte aérea da *B. brizantha* com maiores doses de silicato. Fortes (2006), verificou que *Brachiaria brizantha* apresentou um aumento no teor de Mg até a dose de 6,34 t ha⁻¹ de escória, com diminuição dos teores após esta dose, diferente dos resultados obtidos deste trabalho, pois se observou que, com o uso da escória A, os teores de Mg no 2º corte aumentaram até a dose de 500 kg ha⁻¹ de SiO₂ e depois diminuíram.

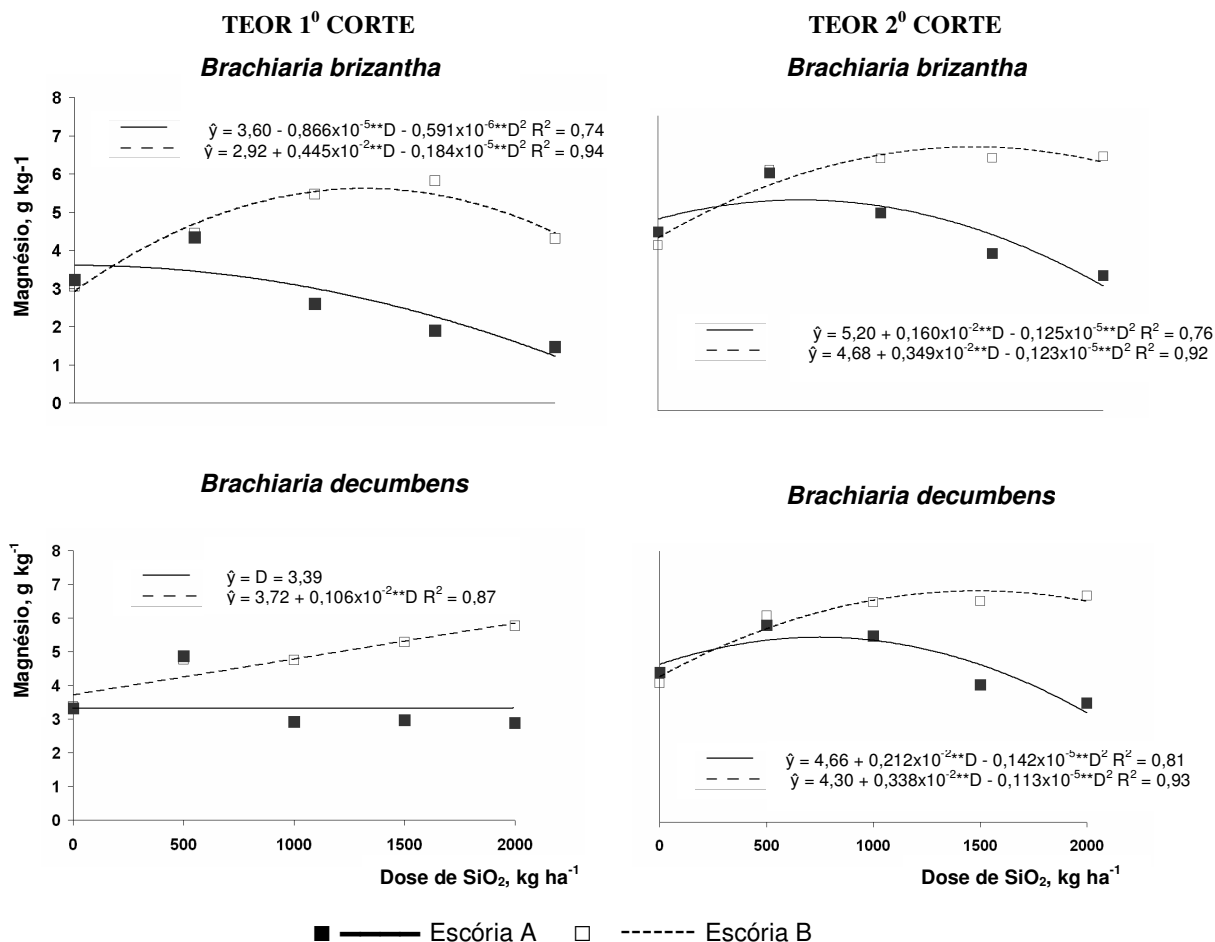


Figura 14. Teor de magnésio da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1º e 2º cortes (** significativo a 1% pelo teste t).

Com relação ao acúmulo de Mg na parte aérea do primeiro corte, verifica-se que há uma redução dos valores em ambas as gramíneas com o aumento das doses de SiO₂, aplicados na forma de escória A. Com a utilização da escória B, há um incremento dos valores até a dose de 1000 kg ha⁻¹ de SiO₂ para *B. brizantha*, enquanto para *B. decumbens* este estende-se até 2000 kg ha⁻¹ de SiO₂. No segundo corte, com a utilização de escória A ocorre aumento do acúmulo de Mg até a dose 1000 kg ha⁻¹ de SiO₂ em ambas as gramíneas e com o uso da escória B os valores aumentam linearmente com o aumento das doses de silicato em ambas as gramíneas.

Na soma dos dois cortes há um aumento dos valores de Mg até a dose de 500 kg ha⁻¹ de SiO₂ para ambas as gramíneas com o uso de escória A, declinando esses valores com o aumento das doses. Com a utilização da escória B, os valores de acúmulos de Mg apresentam um incremento até a dose de 1500 kg ha⁻¹ de SiO₂ em *B. brizantha*; na *B. decumbens*, a resposta à aplicação das doses de SiO₂ é linear (Figura 15).

Prado, Fernandes e Natale (2002), estudando o efeito das doses de escória de siderurgia e calcário na absorção dos macronutrientes pela cana-de-açúcar, observaram um comportamento quadrático da curva para os valores dos acúmulos de Mg na parte aérea da cana-de-açúcar, com incremento dos acúmulos de P até a dose de 3,0 t ha⁻¹ de escória.

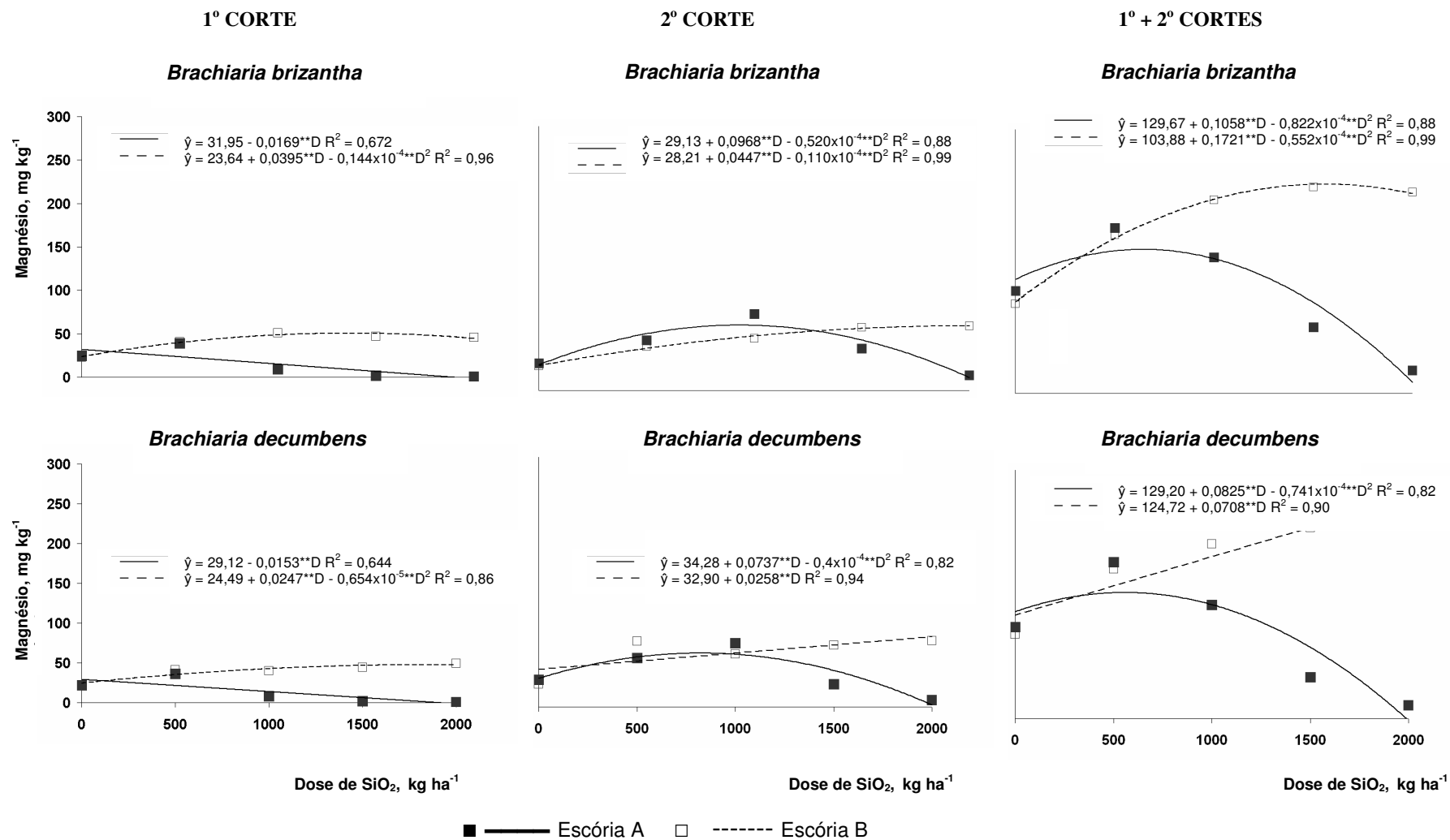


Figura 15. Acúmulo de magnésio na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1º, 2º e 1º + 2º cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).

4.2.6 Enxofre (S)

O teor de S na parte aérea de ambas as gramíneas, ao primeiro corte, aumenta com o uso da escória A até a dose 1500 kg ha^{-1} de SiO_2 . Com o uso da escória B, o teor de S diminui com o aumento das doses de silicato para a *B. brizantha*, enquanto para a *B. decumbens* o teor de S aumenta até a dose de 1500 kg ha^{-1} de SiO_2 (Figura 16).

Analisando o segundo corte, os teores de S com o uso da escória A, para a *B. decumbens*, apresentam uma tendência de redução com o aumento das doses de SiO_2 , enquanto para a *B. brizantha* não há ajuste de modelo de regressão. Com a utilização da escória B, há um incremento do teor de S até a dose de 1000 kg ha^{-1} de SiO_2 , em ambas as gramíneas (Figura 16).

Fortes (2006) avaliou os teores de S na parte aérea de *B. brizantha* e verificou que, ao primeiro corte, os teores aumentaram até a dose $3,85 \text{ t ha}^{-1}$ de escória, semelhante ao que ocorreu neste estudo ao primeiro corte com a escória A até a dose de 1500 kg ha^{-1} SiO_2 e diferente do que ocorreu com a escória B, pois neste caso a tendência foi dos teores desse elemento diminuírem com o aumento de doses de silicato.

Quanto ao acúmulo de S na parte aérea de ambas as gramíneas no primeiro corte, os valores aumentam com a utilização da escória A até a dose de 500 kg ha^{-1} de SiO_2 , com decréscimo a partir desta dose, e, para a escória B, os valores aumentam com as doses crescentes de silicato. No segundo corte, com a escória A, ocorre aumento do acúmulo de S até a dose 500 kg ha^{-1} de SiO_2 , em ambas as gramíneas. Para a escória B, os valores de S (2º corte) aumentam com o aumento das doses de silicato (Figura 17).

Nos acúmulos de S da somatória do primeiro e segundo cortes, para a escória A, há um aumento até a dose de 1000 e 500 kg ha^{-1} de SiO_2 , respectivamente para a *B. brizantha* e *B. decumbens*. Com a escória B, os valores aumentam em ambas as gramíneas com o aumento das doses de silicato, porém na *B. decumbens* as

respostas à aplicação de doses crescentes de SiO_2 são mais acentuados do que na *B. brizantha*.

Prado, Fernandes e Natale (2002), estudando o efeito de doses de escória de siderurgia e calcário na absorção dos macronutrientes pela cana-de-açúcar, observaram um comportamento quadrático da curva para os valores dos acúmulos de S na parte aérea da cana-de-açúcar, com incremento dos acúmulos de S até a dose de $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ de escória.

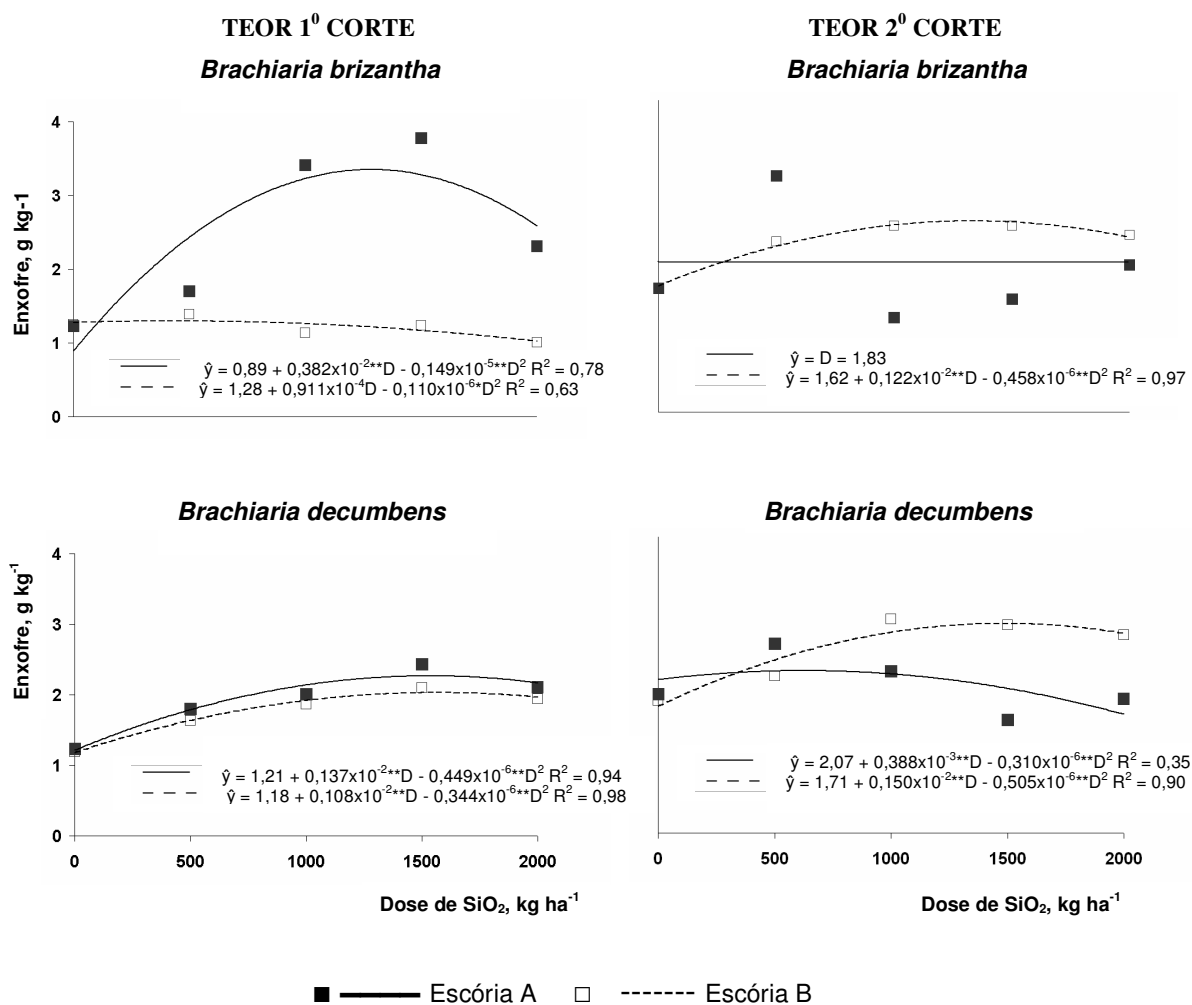


Figura 16. Teor de enxofre da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso diferentes doses de SiO_2 , na forma de escórias de siderurgia ao 1º e 2º cortes (** significativo a 1% pelo teste t; e * significativo a 5% pelo teste t).

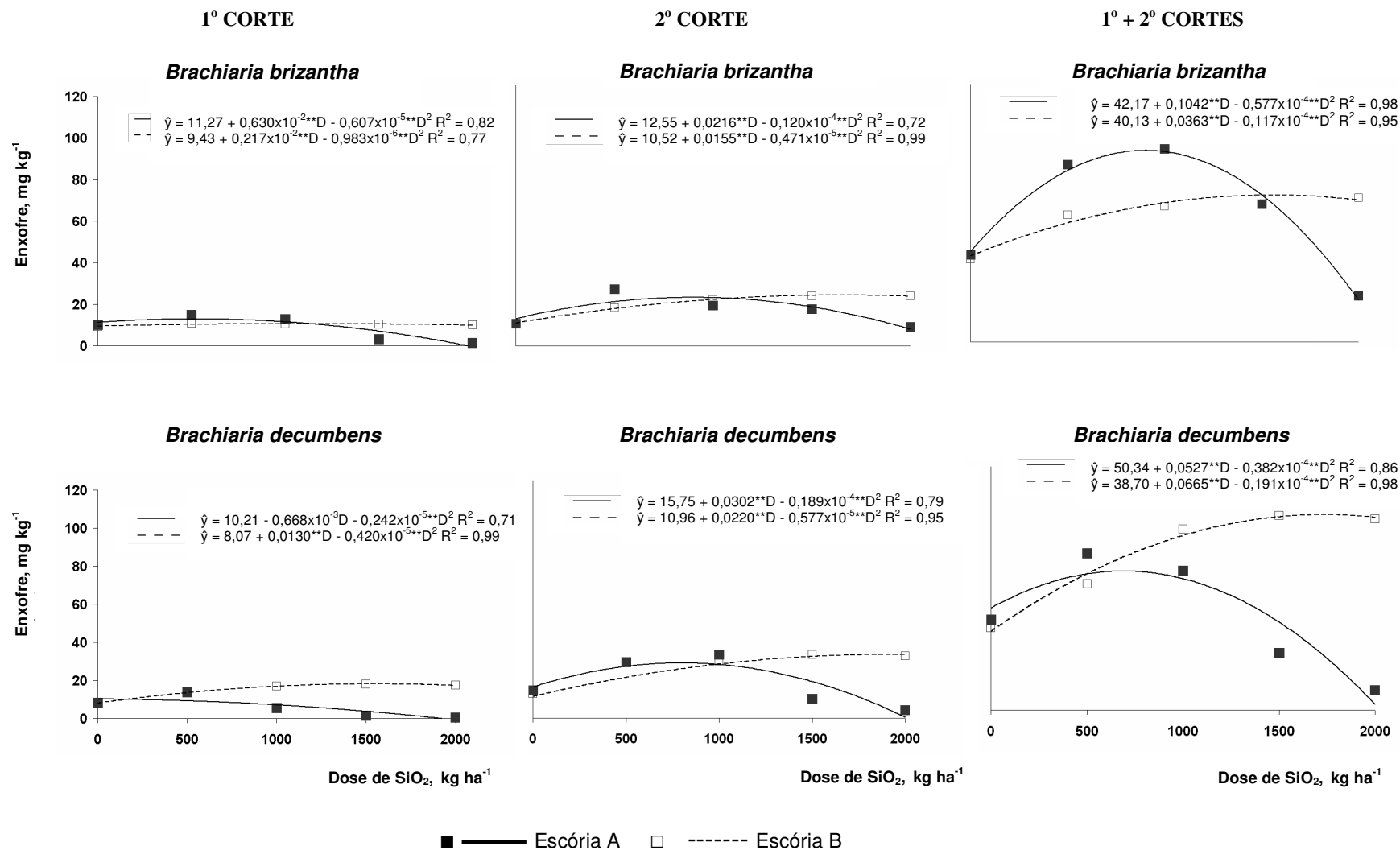


Figura 17. Acúmulo de enxofre na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em resposta ao uso de diferentes doses de SiO₂, na forma de escórias de siderurgia ao 1º, 2º e 1º + 2º cortes. (** significativo a 1% pelo teste t).

Nas avaliações feitas no primeiro e segundo cortes, para *B. brizantha*, a escória A apresenta, em média, maiores teores de N, P, K e Ca, o que pode estar associado ao efeito concentração (JARREL e BEVERLY, 1981), principalmente no 1º corte, quando as gramíneas que receberam a aplicação de SiO₂, na forma de escória A, apresentam menor crescimento (Tabela 3). Os teores de Mg são maiores com o uso da escória B em ambos os cortes e os de S são maiores com o uso de escória A ao primeiro corte e de RECMIX no segundo corte, tanto para a *B. brizantha* quanto para a *B. decumbens* (Tabela 5). Os maiores teores de Ca observados na parte aérea das gramíneas com a escória CST se devem aos maiores teores de CaO presente na mesma (Tabela 2). Já a escória B, por apresentar maior teor de MgO, proporciona, por sua vez, maiores teores de Mg na parte aérea das gramíneas (Tabela 2).

Os teores dos macronutrientes encontrados estão em sua maioria de acordo com as faixas de teores de nutrientes adequados para as referidas gramíneas forrageiras, calculado com base na matéria seca da parte aérea, segundo classificação de Schunke (2001). Entretanto os valores médios de nitrogênio da parte aérea das gramíneas ao primeiro corte são superiores aos valores citados pela autora. Para os valores médios de K em *B. decumbens* são maiores ao primeiro corte e menores ao segundo corte em ambas as gramíneas. Os valores médios de Ca são superiores para *B. brizantha* ao segundo corte. Os valores médios de Mg para ambas as gramíneas, assim como ocorre com o Ca, são maiores no segundo corte.

Na avaliação dos acúmulos do primeiro corte, nota-se que a escória B apresenta desempenho superior para todos os macronutrientes em ambas as gramíneas. Já no segundo corte, a escória A proporciona maiores acúmulos de N e K em ambas as gramíneas enquanto a escória B proporciona maiores acúmulos de Mg e S em ambas as plantas. Com relação ao acúmulo de P e Ca na parte aérea da *B. brizantha*, a escória A apresenta maiores valores, enquanto para a *B. decumbens*, a RECMIX apresenta melhor desempenho. Na somatória dos acúmulos, em ambas as gramíneas, o uso da escória B é superior para os acúmulos de P, Ca e Mg. Para os acúmulos de N e S para *B. brizantha* não há diferença entre as escórias, mas para *B. decumbens* a escória B é superior. Para o acúmulo de K na parte aérea da *B.*

brizantha, percebe-se que o uso da escória A proporciona maiores valores, mas para *B. decumbens* as escórias não diferem entre si (Tabela 5).

Sanches (2003), utilizando a escória Recmix® em experimento de campo, avaliou os teores de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de *B. brizantha* e verificou que a composição química da folha foi alterada de forma significativa com o aumento das doses de silicato.

Para a escória A, verifica-se maiores teores de P e K, ao primeiro e segundo cortes na gramínea *B. decumbens*, enquanto os teores de Ca são superiores na *B. brizantha*. Há maiores teores de N e Mg ao primeiro corte para *B. decumbens* e ao segundo corte para *B. brizantha* e maiores teores de S ao primeiro corte para *B. brizantha* e ao segundo corte para *B. decumbens*. Com a utilização da escória B, não há diferença significativa para os teores de N entre as gramíneas. Já os teores de P, K e Mg são maiores ao primeiro corte para *B. decumbens* e ao segundo corte para *B. brizantha*. Os teores de Ca são maiores na *B. brizantha* em ambos os cortes, enquanto que os teores de S são maiores na *B. decumbens* (Tabela 6).

Verifica-se que os teores de N, P e K na parte aérea de ambas gramíneas, no 2º corte são inferiores aos observados no 1º corte (Tabela 6). Considerando que no 2º corte, de maneira geral, há uma maior produção de matéria seca das gramíneas, os teores desses macronutrientes foram reduzidos, em função do efeito de diluição desses elementos na parte aérea das gramíneas (JARREL e BEVERLY, 1981).

Tabela 5. Valores médios dos teores e acúmulos de macronutrientes na parte aérea da *Brachiaria brizantha* e da *Brachiaria decumbens*, em função da aplicação das escórias de siderurgia

Gramínea	Escória	Teor (g kg ⁻¹)		Acúmulo (mg vaso ⁻¹)		
		1° Corte	2° Corte	1° Corte	2° Corte	1° + 2° Cortes
Nitrogênio						
<i>B. brizantha</i>	A	30,11a	17,12a	122,49b	154,63a	618,36a
	B	20,07b	11,86b	208,98a	102,55b	621,46a
<i>B. decumbens</i>	A	31,60a	16,69a	111,48b	127,61a	529,96b
	B	26,15b	12,04b	213,60a	118,53b	682,80a
Fósforo						
<i>B. brizantha</i>	A	2,29a	1,79a	9,28b	16,18a	55,25b
	B	1,86b	1,71b	16,50a	15,19b	62,81a
<i>B. decumbens</i>	A	2,60a	2,02a	8,21b	14,55b	50,62b
	B	2,01b	1,62b	16,06a	15,98a	65,33a
Potássio						
<i>B. brizantha</i>	A	30,53a	10,85a	126,00b	93,61a	547,58a
	B	22,48b	4,96b	193,24a	41,62b	470,04b
<i>B. decumbens</i>	A	34,53a	17,55a	111,81b	101,19a	522,24a
	B	25,82b	4,89b	202,76a	45,86b	538,88a
Cálcio						
<i>B. brizantha</i>	A	6,02a	8,56a	23,28b	85,78a	204,51b
	B	4,23b	7,79b	36,94a	68,05b	211,70a
<i>B. decumbens</i>	A	5,69a	5,98a	16,97b	49,96b	130,39b
	B	3,25b	5,45b	26,49a	52,58a	156,73a
Magnésio						
<i>B. brizantha</i>	A	2,71b	4,92b	14,98b	47,95b	112,20b
	B	4,61a	6,33a	41,41a	56,37a	193,15a
<i>B. decumbens</i>	A	3,39b	4,66b	13,80b	40,76b	100,53b
	B	4,79a	5,98a	39,38a	58,71a	195,53a
Enxofre						
<i>B. brizantha</i>	A	2,49a	1,83b	8,46b	16,17b	59,72a
	B	1,21b	2,16a	10,13a	19,03a	58,95a
<i>B. decumbens</i>	A	1,92a	1,99b	5,91b	17,60b	45,70b
	B	1,74b	2,46a	14,80a	24,40a	76,45a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada gramínea, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Com relação ao acúmulo de macronutrientes, verifica-se para a escória A, no primeiro corte, maiores valores de N, P, Ca e Mg para *B. brizantha*, em função da maior produção de matéria seca da parte aérea desta gramínea em relação a *B. decumbens* (Tabelas 4 e 6). Quanto aos acúmulos de S e K, a *B. decumbens* se mostra superior apenas no segundo corte, sendo a *B. brizantha* superior no primeiro corte e no somatório dos cortes. Com o uso da escória B, os acúmulos de N, K e S são maiores na *B. decumbens* e os acúmulos de Ca são maiores em *B. brizantha*. Quanto ao acúmulo de P, a *B. brizantha* é superior apenas no primeiro corte, e *B. decumbens* no segundo corte e somatório dos cortes. Para o magnésio, a *B. brizantha* apresenta maior acúmulo deste nutriente no primeiro corte e a *B. decumbens* no segundo corte, sendo que no somatório não há diferença entre as gramíneas (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios dos teores e acúmulos de macronutrientes na parte aérea de *Brachiaria brizantha* em relação à *Brachiaria decumbens* submetidas à aplicação das escórias de siderurgia

Escória	Gramínea	Teor (g kg ⁻¹)		Acúmulo (mg vaso ⁻¹)		
		1° Corte	2° Corte	1° Corte	2° Corte	1° + 2° Cortes
Nitrogênio						
A	<i>B. brizantha</i>	30,11b	17,12a	122,49a	154,63a	618,36a
	<i>B. decumbens</i>	31,60a	16,69b	111,48b	127,61b	529,96b
B	<i>B. brizantha</i>	24,07b	11,86a	208,98b	102,54b	621,46b
	<i>B. decumbens</i>	26,15a	12,04a	213,60a	118,53a	682,80a
Fósforo						
A	<i>B. brizantha</i>	2,29b	1,79b	9,28a	16,18a	55,25a
	<i>B. decumbens</i>	2,60a	2,02a	8,21b	14,55b	50,62b
B	<i>B. brizantha</i>	1,86b	1,71a	16,50a	15,19b	62,81b
	<i>B. decumbens</i>	2,01a	1,62b	16,06b	15,98a	65,33a
Potássio						
A	<i>B. brizantha</i>	30,53b	10,85b	126,00a	93,61b	547,58a
	<i>B. decumbens</i>	34,53a	17,55a	111,81b	101,19a	522,24b
B	<i>B. brizantha</i>	22,48b	4,96a	193,24b	41,62b	470,04b
	<i>B. decumbens</i>	25,82a	4,89b	202,76a	45,86a	538,88a
Cálcio						
A	<i>B. brizantha</i>	6,02a	8,56a	23,28a	85,78a	204,51a
	<i>B. decumbens</i>	5,69b	5,98b	16,97b	49,96b	130,39b
B	<i>B. brizantha</i>	4,23a	7,79a	36,94a	68,05a	211,70a
	<i>B. decumbens</i>	3,25b	5,45b	26,49b	52,58b	156,73b
Magnésio						
A	<i>B. brizantha</i>	2,71b	4,92a	14,98a	47,95a	112,20a
	<i>B. decumbens</i>	3,39a	4,66b	13,80b	40,76b	100,53b
B	<i>B. brizantha</i>	4,61b	6,33a	41,41a	56,37b	193,15a
	<i>B. decumbens</i>	4,79a	5,98b	39,38b	58,71a	195,53a
Enxofre						
A	<i>B. brizantha</i>	2,49a	1,83b	8,46a	16,17b	59,72a
	<i>B. decumbens</i>	1,92b	1,99a	5,91b	17,60a	45,70b
B	<i>B. brizantha</i>	1,21b	2,16b	10,13b	19,03b	58,95b
	<i>B. decumbens</i>	1,74a	2,46a	14,80a	24,40a	76,45a

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada gramínea, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

5 CONCLUSÕES

Há influência das doses de silicato aplicadas, na forma de escórias, sobre o desenvolvimento e nutrição mineral das gramíneas.

A escória B é superior à escória A, no primeiro corte e na somatória dos cortes, quanto à produção de matéria fresca, matéria seca e perfilhamento das gramíneas.

Os teores e acúmulos de macronutrientes variam em função da escória, da gramínea e do corte.

A escória A proporciona maiores teores de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio na parte aérea de ambas as gramíneas.

A escória B proporciona maiores acúmulos dos macronutrientes na parte aérea das gramíneas, no primeiro corte.

A *B. brizantha*, associada à escória A, apresenta maior produção de matéria fresca, matéria seca da parte aérea e teores superiores de cálcio em relação à *B. decumbens*.

As escórias de siderurgia avaliadas se constituem em alternativas visando aumentar a produção e a nutrição das gramíneas do gênero *Brachiaria*, bem como minimizar o passivo ambiental gerado pelo acúmulo das escórias nos pátios das siderúrgicas.

6 REFERÊNCIAS

BONFIM-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1289-1297, 2006.

BRAZ, A.J.B.P. et al. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.2, p.83-87, 2004.

CAMARGO, A.P. **Influência da granulometria de três materiais corretivos na neutralização da acidez do solo**. 1972. 59f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- USP, Piracicaba, 1972.

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.12, p.1213-1218, 2004.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

ESPELHO, S.C. et al. Efeito da época de corte e tipo de adubo na análise foliar de capim-limão. **Anais de Iniciação Científica CESUMAR** v.9, n.2, p. 119-123, 2007.

FAQUIN, V. et al. Absorção e acumulação de nutrientes por gramíneas forrageiras sob influência de fontes de fósforo e correção do solo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.219-226, 1997.

FAQUIN, V. et al. Nutrição mineral do braquiarião e da soja cultivados em latossolos sob cerrado da região de Cuiabá. **Ciência Agrotécnica**, v.24, n.1, p.110-117, jan./mar., 2000.

FORTES, C.A. Correção do solo com silicato de cálcio e magnésio para produção de gramíneas forrageiras. 2006. 137f. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

FREIRE, J.C. et al. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.4, n.1, p.5-8, 1980.

GAMA-RODRIGUES, A.C. et al. Produção e partição de matéria seca em *Brachiaria brizantha* em resposta à fertilização potássica e às datas de corte. **Agronomia**, v.36, n.1/2, p.23-28, 2002.

GOMES, A.G.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Comportamento de tipos de escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. **Bragantia**, v.24, p.173-179, 1965.

JARREL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, New York, v.34, p.197-224, 1981.

KORNDÖRFER, C.M. et al. Correção da acidez do solo com silicato de cálcio e o papel do silício na recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p. 144.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB**, v.2, n.2, p. 2002.

MACIEL, G.A. et al. Efeito de diferentes fontes de fósforo na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada em dois tipos de solos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 227-233, abr./jun. 2007.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MAUAD, M. et al. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.27, p.867-873, 2003.

MELO, S.P. **Silício e fósforo no estabelecimento de capim-marandu num latossolo vermelho-amarelo**. 2005. 110 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

MELO, S.P.; MONTEIRO, F.A.; MANFREDINI, D. Combinações de silicato e fosfato para cultivo do capim-marandu num latossolo. **Scientia Agrícola**, v.64, n.3, p.275-281, 2007.

MONTEIRO, F.A. et al. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, v.52, n.1, p.135-141, 1995.

OLIVEIRA, P.P.A. et al. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1121-1129, 2005.

PASSOS, R.R. et al. Fontes de fósforo, calcário e gesso na produção de matéria seca e perfilhamento de duas gramíneas forrageiras em amostras de latossolo ácido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.227-233, 1997.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.739-744, 2000.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um latossolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1199-1204, 2001.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil - Estudos na cultura da cana de açúcar**, Jaboticabal: FUNEP, 2001. 67p.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.129-135, 2002.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.287-296, 2003.

PREZOTTI, L.C. et al. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo 5ª aproximação. Vitória, ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

ROCHA, G.P. et al. Estudo da composição mineral de três gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência Animal Brasileira**, v.1, n.1, p.31-41, jan./jun. 2000.

RODRIGUES, R.C. **Calcário, nitrogênio e enxofre para recuperação do capim braquiária cultivado em solo proveniente de uma pastagem cultivada**. 2002. 141f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SANCHES, A.B. **Efeitos do silicato de cálcio sob os atributos químicos do solo e planta, produção e qualidade em capim - braquiário (*Braquiaria brizantha* (Hoeschst ex A. Rich. Stapf cv. Marandu) sob intensidades de pastejo**. 2003. 122f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

SANTOS, G.R. et al. Adubação com silício: influência sobre as principais doenças e sobre a produtividade do arroz irrigado por inundação. **Revista Ceres**, v.50, p.1-8, 2003.

SCHUNKE, R.M. **Interações entre a adubação de pastagens e a suplementação mineral de bovinos.** Documento 110. EMBRAPA GADO DE CORTE. Campo Grande, MS, dezembro de 2001. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc110/index.html>>. Acesso em: 3 jun. 2008.

SILVA, J. da. **Avaliação do potencial agrônomo e de contaminação ambiental decorrente do uso de uma escória de aciaria e como fertilizante de solos.** 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SOUZA, E.A.de. **Efeitos de corretivos de solo aplicados em *Braquiaria brizantha* cv. Marandu na infestação de percevejo castanho das raízes *Atarsocoris brachiariae* BECKER 1996 (Hemiptera: Cydnidae) e na composição química e de massa seca da planta.** 2008. 59f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

VOLKWEISS, S.J.; RAIJ, B. van. Retenção e disponibilidade do fósforo em solos. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976, Brasília. **Anais...** Belo Horizonte: Itatiaia, 1977. p.317-332.

YUAN, M.C. 2003. Disponível em: <<http://www.cst.com.br/.../inc/imagem.asp?arquivold=%7B280ACFB9-D7BE-422D-9A21-75D750660653%7D&campo=arquivo>>. Acesso em: 12 mar. 2008.

Apêndice 1 - Valores do quadrado médio e coeficiente de variação (CV) da produção de matéria fresca (MFPA), matéria seca (MSPA) e número de perfilhos (NP) e macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* submetidas a aplicação das escórias de siderurgia (1^o corte)

FONTES DE VARIÇÃO	GL	Quadrado Médio								
		MFPA	MSPA	NP	N	P	K	Ca	Mg	S
Dose (D)	4	1999,846**	42,149**	121,293**	45,397**	2,091**	134,257**	24,363**	4,129**	3,174**
Planta (P)	1	24,686**	9,059**	418,612**	64,0283**	1,038**	269,719**	8,456**	3,682**	0,004**
Escória (E)	1	16704,48**	398,492**	270,112**	659,584**	5,095**	1403,877**	89,129**	54,646**	10,553**
D x P	4	8,564**	0,404	15,081**	2,122**	0,029	10,361**	1,997**	1,492**	0,332**
D x E	4	2762,778**	67,994**	117,143**	56,873**	1,625**	232,782**	7,709**	9,744**	1,494**
P x E	1	17,997**	0,232	0,312**	1,725	0,131**	2,162	2,152**	1,286**	6,097**
D x P x E	4	13,689**	0,472*	14,031**	23,405**	0,182**	14,102**	0,544**	0,600**	1,147**
Resíduo	60	0,842	0,165	1,454	0,457	0,012	0,718	0,032	0,036	0,011
CV (%)		2,24	6,54	14,42	2,41	5,16	2,99	3,77	4,94	5,84

*, **: significativo a 5 e 1% , respectivamente, pelo teste t.

Apêndice 2 - Valores do quadrado médio e coeficiente de variação (CV) da produção de matéria fresca (MFPA), matéria seca (MSPA) e número de perfilhos (NP) e macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* submetidas a aplicação das escórias de siderurgia (2º corte)

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio								
		MFPA	MSPA	NP	N	P	K	Ca	Mg	S
Dose (D)	4	1379,956**	70,140**	54,987**	167,248**	2,414**	496,193**	33,545**	7,939**	1,211**
Planta (P)	1	9,527**	0,666	171,112**	0,285	0,088**	220,122**	121,220**	1,859**	1,051**
Escória (E)	1	63,596**	4,018**	1,012**	491,337**	1,140**	1721,190**	8,316**	37,314**	3,119**
D x P	4	121,863**	6,339**	25,987**	10,166**	0,168**	51,256**	3,073**	0,113**	0,515**
D x E	4	1528,266	94,135**	30,950**	108,680**	0,286**	603,769**	4,664**	9,050**	2,105**
P x E	1	443,823**	27,377**	17,112*	1,878**	0,494**	229,509**	0,283	0,033	0,092
D x P x E	4	92,778**	8,373**	15,925*	10,690**	0,214**	50,158**	1,987**	0,062*	0,163**
Resíduo	60	0,882	0,203	2,945	0,197	0,006	0,298	0,153	0,022	0,029
CV (%)		2,57	5,07	11,01	3,08	4,52	5,71	5,64	2,73	8,09

*, **: significativo a 5 e 1% , respectivamente, pelo teste t.

Apêndice 3 - Valores do quadrado médio e coeficiente de variação (CV) do acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* submetidas a aplicação das escórias de siderurgia (1º corte)

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Dose (D)	4	27592,230**	105,852**	40455,930**	2081,808**	728,657**	95,208**
Planta (P)	1	204,867**	11,335**	109,156**	1404,148**	51,528**	22,401**
Escória (E)	1	177870,600**	1136,109**	125121,100**	2686,624**	13528,56**	556,517**
D x P	4	487,167**	1,563**	32,725*	68,609**	29,277**	18,017**
D x E	4	62760,230**	340,235**	33061,800**	1708,298**	2106,880**	187,126**
P x E	1	1222,142**	1,985*	2809,726**	86,203**	3,584	260,683**
D x P x E	4	805,164**	3,790**	611,133**	43,290**	30,229**	25,839**
Resíduo	60	11,038	0,302	12,774	1,388	1,250	0,440
CV (%)		2,02	4,39	2,25	4,54	4,08	6,75

* , **: significativo a 5 e 1% , respectivamente, pelo teste t.

Apêndice 4 - Valores do quadrado médio e coeficiente de variação (CV) do acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* submetidas a aplicação das escórias de siderurgia (2º corte)

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Dose (D)	4	2404,300**	300,504**	22287,220**	11065,990**	3810,178**	439,364**
Planta (P)	1	608,297**	3,523**	698,926**	13153,310**	117,383**	230,967**
Escória (E)	1	18705,420**	0,987	57585,890**	1142,433**	3478,820**	467,085**
D x P	4	1708,410**	27,368**	886,880**	1099,616**	60,522**	66,236**
D x E	4	21811,800**	259,095**	17746,630**	8801,470**	4890,410**	605,663**
P x E	1	9248,518**	29,366**	56,045**	2073,240**	453,884**	77,304**
D x P x E	4	4852,624**	54,481**	920,674**	700,631**	125,651**	100,532**
Resíduo	60	13,527	0,418	5,864	4,295	1,880	1,074
CV (%)		2,92	4,17	3,43	3,23	2,69	5,36

*, **: significativo a 5 e 1% , respectivamente, pelo teste t.

Apêndice 5 - Valores do quadrado médio e coeficiente de variação (CV) de produção de matéria fresca (MFPA), matéria seca (MSPA), número de perfilhos (NP) e dos acúmulos de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) na parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* submetidas a aplicação das escórias de siderurgia (Somatória do 1 e 2º cortes)

FONTES DE VARIÇÃO	GL	Quadrado Médio								
		MFPA	MSPA	NP	N	P	K	Ca	Mg	S
Dose (D)	4	1999,245**	94,188**	107,418**	104795,800**	1441,299**	223662,900**	58829,810**	17152,310**	3735,524**
Planta (P)	1	64,887**	14,639**	1125,000**	3659,992*	22,122	9461,377**	83329,260**	431,886**	60,593
Escória (E)	1	14706,69**	482,544**	304,200**	121592,300**	2480,242**	18542,030**	5623,369**	154797,800**	4497,510**
D x P	4	82,788**	3,746**	63,031**	3356,767**	144,836**	14466,360**	3419,661**	355,341**	73,271*
D x E	4	5998,850**	244,241**	228,043**	482053,900**	4819,022**	225228,900**	40547,150**	43716,64**	4735,472**
P x E	1	640,565**	32,655**	12,800	112116,100**	255,916**	44354,220**	1832,248**	987,135**	4968,206**
D x P x E	4	93,946**	6,870**	39,581**	53634,880**	155,042**	21736,730**	702,162**	206,604**	772,960**
Resíduo	60	1,882	0,353	5,758	838,702	8,157	713,724	65,443	48,937	21,258
CV (%)		1,77	3,93	10,01	4,72	4,88	5,14	4,60	4,65	7,65

*, **: significativo a 5 e 1% , respectivamente, pelo teste t.