

# CRESCIMENTO DE *Brachiaria brizantha* PELA ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA EM REJEITO ESTÉRIL DA MINERAÇÃO DE QUARTZITO

## GROWTH OF *Brachiaria brizantha* BY MINERAL AND ORGANIC FERTILIZATION ON THE STERILE REJECT MINING QUARTZITE

Cristiany Silva AMARAL<sup>1</sup>; Enilson de Barros SILVA<sup>2</sup>; Wander Gladson AMARAL<sup>1</sup>; Bárbara Olinda NARDIS<sup>3</sup>

1. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, MG, Brasil. [cristianyamaral@yahoo.com.br](mailto:cristianyamaral@yahoo.com.br); [wander.amaral@yahoo.com.br](mailto:wander.amaral@yahoo.com.br); 2. Professor Associado, Doutor, Departamento de Agronomia da UFVJM, Diamantina, MG, Brasil. [ebsilva@ufvjm.edu.br](mailto:ebsilva@ufvjm.edu.br); 3. Acadêmica de Agronomia, UFVJM, Diamantina, MG, Brasil. [babi.olinda@gmail.com](mailto:babi.olinda@gmail.com).

**RESUMO:** Com o objetivo de avaliar o comportamento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob a influência da adubação mineral e orgânica, quando cultivada em rejeito estéril da mineração de quartzito. Conduziu-se um experimento em casa de vegetação em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de cinco combinações de adubação orgânica (AO) e mineral (AM) e um tratamento adicional do rejeito estéril sem AO e AM (Testemunha). As combinações foram: 0%AO/100%AM; 25%AO/75%AM; 50%AO/50%AM; 75%AO/25%AM; 100%AO/0% AM. As doses de 100% de AM e AO foram de 50 kg N, 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg K<sub>2</sub>O e 10 t de esterco de curral por ha. As variáveis avaliadas foram peso de massa seca (parte aérea, raiz e total) e teores e acúmulos de nutrientes. A *B. brizantha* cv. Marandu respondeu a AM e AO com as doses recomendadas de 37 kg N, 37 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg K<sub>2</sub>O e 2,6 t esterco de curral por ha. As doses de AM e AO aplicada ao rejeito estéril de quartzito influenciou o estado nutricional da forrageira. O acúmulo de nutrientes na forrageira nas doses recomendadas se deu na seguinte ordem na parte aérea: N > K > P > S > Ca > Mn > B > Fe > Zn > Cu e nas raízes: N > S > K > Ca > Mg > P > Fe > Mn > B > Cu > Zn.

**PALAVRAS-CHAVE:** Área degradada. Estado nutricional. Acúmulo de nutrientes.

### INTRODUÇÃO

O declínio da mineração de diamante na região de Diamantina (MG) e entorno, com a interrupção das descobertas e o gradativo esgotamento das minas em operação está levando a descoberta e a exploração de maciços de quartzito havendo a geração e a disposição irregular de um grande volume de resíduos que descaracterizam a paisagem local. O abandono de inúmeras pedreiras em muitos países representa um desafio para a recuperação dessas áreas degradadas (YUAN et al., 2006).

A exploração de pedreiras propicia a degradação da vegetação existente, a composição do solo e de sua estrutura criando um ambiente inóspito ao crescimento de plantas devido à baixa capacidade de retenção de água e incapacidade de fornecer nutrientes as plantas, por ser um ambiente extremamente pobre em nutrientes (WILLIAMSON et al., 2011).

A colonização natural em ambientes de exploração de pedreiras ocorre de forma lenta (CULLEN et al., 1998), e é agravada pela ausência total de matéria orgânica, baixa fertilidade, excesso de acidez, justificando assim, o uso de gramíneas no estágio inicial da recuperação. Assim, em fases

iniciais de recuperação, o objetivo prioritário é a reabilitação da função e dos serviços do ecossistema, sendo urgente a amenização dos agentes impactantes, por meio de ações que promovam a cobertura imediata do solo (ROVEDDER; ELTZ, 2008).

As forrageiras de cobertura são de grande interesse nesse processo de recuperação uma vez que exercem papel na reconstituição das características físico-químicas do substrato, na reciclagem de nutrientes, na melhoria do aporte de matéria orgânica e na melhoria da fertilidade (FAGERIA et al., 1991; NOVÁK; PRACH, 2003) viabilizando, com isso o estabelecimento de espécies vegetais mais exigentes (BAGGIO; CARPANESE, 1987).

Para garantir o sucesso da ação antrópica na recuperação de áreas degradadas, em fase inicial, é necessário selecionar espécies vegetais rústicas capazes de produzir grande quantidade de matéria seca (MEDEIROS et al., 1987). A *Brachiaria brizantha*, apresenta estes atributos, mas, no entanto, não se conhece o comportamento dessa espécie sob influência da adubação orgânica e mineral em ambiente degradado pela mineração de quartzito. O efeito recuperador da adubação mineral e orgânica nas características químicas do solo em área

degradada foi observado por Lucchesi et al. (1998), Melo et al. (1994) e Motta Neto et al. (1995).

Assim, o objetivo do trabalho foi de avaliar o comportamento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob a influência da adubação mineral e orgânica, quando cultivada em rejeito estéril da mineração de quartzito, para apoiar ações de recuperação nas áreas degradadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de outubro de 2010 a fevereiro de 2011, em condições de casa de vegetação no Campus JK da Universidade Federal

dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, MG, Brasil (18°12'S; 43°34'W e altitude de 1.370m).

Para instalação do experimento foi trazido das áreas de exploração localizadas no município de Diamantina (MG), o rejeito estéril da mineração de quartzito, do qual foi retirada uma amostra para análise química e de textura do substrato. A amostra do substrato foi seca ao ar e passada em peneira de 2,0 mm de abertura, sendo posteriormente submetida a análises química (pH, P, K, Ca, Mg, Al, H + Al e matéria orgânica) (SILVA, 2009) e de textura (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise química e de textura do rejeito estéril da mineração de quartzito.

pH <sub>água</sub>	P	K	Ca	Mg	Al	T	m	V	MO	Cascalho/ Calhaus	Areia	Silte	Argila
	-- mg dm <sup>-3</sup> --		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				---- % ----		----- g kg <sup>-1</sup> -----				
5,0	1,2	5,3	0,5	0,2	0,2	1,7	24	41	7,1	340,4	554,0	99,0	6,6

pH<sub>água</sub> - Relação solo-água 1:2,5. P e K - Extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. T - Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m - Saturação de alumínio. V - Saturação por bases. MO - Matéria orgânica determinado através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo método Walkley-Black por 1,724. Cascalho/calhaus - Tamisação em peneira de 2,0 mm. Areia, silte e argila - Método da pipeta.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco combinações de adubação orgânica (AO) e mineral (AM) e um tratamento adicional (Testemunha), com quatro repetições. Os tratamentos foram o rejeito estéril sem AO e AM (Testemunha) e as combinações de 0%AO/100%AM; 25%AO/75%AM; 50%AO/50%AM; 75%AO/25%AM; 100%AO/0%AM; que corresponderam respectivamente as doses de 50 kg ha<sup>-1</sup> N, 50 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, sem adição de esterco de curral; 37,5 kg ha<sup>-1</sup> N, 37,5 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O e 2,5 t ha<sup>-1</sup> esterco de curral; 25 kg ha<sup>-1</sup> N, 25 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O e 5,0 t ha<sup>-1</sup> esterco de curral; 12,5 kg ha<sup>-1</sup> N, 12,5 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O e 7,5 t ha<sup>-1</sup> esterco de curral; 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco sem adição de fertilizantes mineral, respectivamente. As doses que corresponderam a 50 kg de N (sulfato de amônio), 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 40 kg de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) foram recomendados para nível tecnológico médio para *Brachiaria brizantha* (CANTARUTTI et al., 1999). A dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral foi recomendada segundo a CFSEMG (1999). A parcela experimental foi composta por vasos de plásticos de 5 kg onde foram colocados 3 kg de rejeito estéril de quartzito seco, com densidade uniforme de 0,93 g cm<sup>-3</sup>. Os vasos tiveram o fundo fechado para evitar perda de nutrientes e de água.

Na instalação do experimento foram aplicados 238 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico para fornecimento de Ca e Mg pelo método da saturação por bases para elevação de V a 55% (ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999). Na mesma época foi realizada a adubação fosfatada e a adubação orgânica em acordo com combinações de AM e AO descritas. O material de rejeito estéril foi incubado por mais 30 dias, sendo a umidade do material mantida durante todo o experimento em 60% do volume total de poros (VTP), aferida diariamente através de pesagem, completando-se o peso com água deionizada. Uma semana antes da semeadura foi feita a adubação básica de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B na forma de ácido bórico e 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn na forma de sulfato de zinco (CANTARUTTI et al., 1999). O plantio da *B. brizantha* cv. Marandu (forrageira) foi realizado a partir da semeadura direta nos vasos, após a emergência as duas plântulas mais uniformes foram selecionadas e as demais removidas

As adubações potássicas e nitrogenadas em cobertura iniciaram 15 dias após o primeiro corte de uniformização e foram parceladas em quatro vezes e com aplicações realizadas em intervalos de 15 dias. O corte de uniformização foi efetuado a 0,03 m do colo da planta, para de uniformizar todos os tratamentos e dar início ao período experimental. Foram feitos, ao longo do período experimental, quatro cortes em intervalos de 35 dias, sendo

apresentados neste trabalho os dados referentes à produção total de massa seca da parte aérea.

O material vegetal, após coletado, foi lavado em água destilada, e seco em estufa, com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 C, por 72 horas até atingir peso constante para determinação da massa seca da parte aérea, em cada corte, e peso massa seca da raiz ao final do experimento.

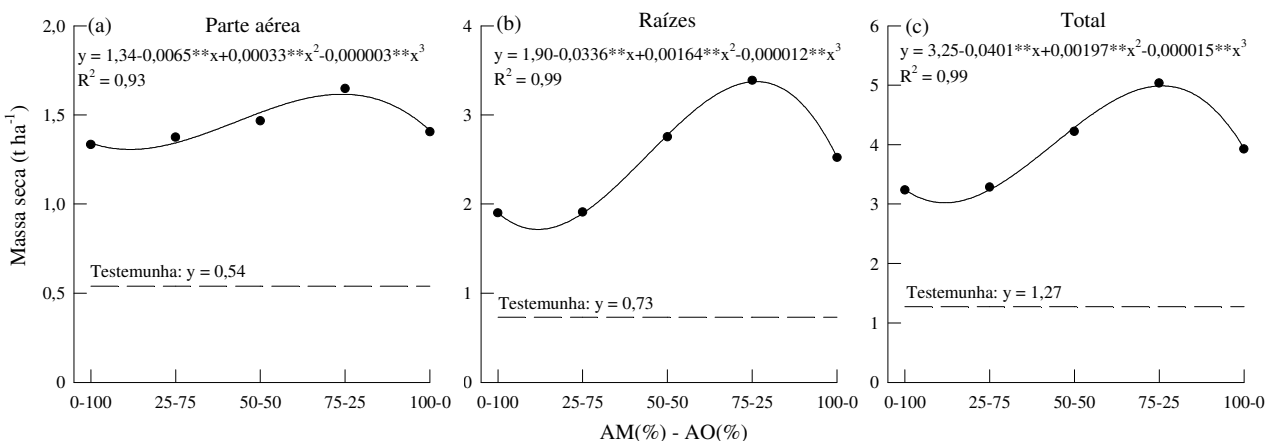
Para avaliação do estado nutricional da forrageira, após moagem da massa seca as amostras foram analisadas para os teores de nutrientes segundo Malavolta et al. (1997). Para o cálculo total dos conteúdos de nutrientes da parte aérea e das raízes, multiplicou-se o teor de cada nutriente pela massa seca dos componentes analisados e, dessa forma, obteve-se o acúmulo de cada nutriente na parte aérea e raízes da forrageira.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As combinações de AM e AO foram submetidas a estudo de regressão polinomial e a média da testemunha foi comparada com os demais tratamentos pelo teste de F. O teor de nutrientes na parte aérea e acumulada na parte aérea e raízes da forrageira foram estimados substituindo-

se a porcentagem de AM para o máximo crescimento nas equações que relacionam a porcentagem de AM com essas variáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) da *B. brizantha* cv. Marandu (forrageira), aos 140 dias após o corte de uniformização, foi influenciada ( $P < 0,05$ ) pela combinação de AM (NPK) e AO (esterco de curral) aplicada ao rejeito estéril de quartzito (Figura 1). A testemunha difere ( $P < 0,05$ ) e é inferior as demais combinações de AM e AO quanto à produção de massa seca da forrageira (Figura 1). A melhor combinação de AM e AO para se obter a máxima produção de massa seca foi de 75 e 25%, respectivamente (Figura 1). A partir da massa seca das partes analisadas as doses de N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  e esterco de curral para se obter a máxima produção de massa seca da forrageira nas condições de estudo foi de 37 kg, 37 kg, 30 kg e 2,6 t por ha, respectivamente que corresponderam a produção de 1,44 t de MSPA; 3,54 t de MSR e 5,00 t por ha.



**Figura 1.** Massa seca da parte aérea (a), das raízes (b) e total (c) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da porcentagem de adubação mineral (AM) e orgânica (AO) aplicada em rejeito estéril da mineração de quartzito num período de 140 dias após o corte de uniformização. (\*\* significativo a 1% pelo teste de t).

A produção de massa seca da parte aérea da forrageira no melhor tratamento (75% AM e 25% AO) foi inferior aos resultados observados para a mesma forrageira em estudo com omissão de macronutrientes (MONTEIRO et al., 1995), na avaliação da nutrição mineral de braquiarião em Latossolos de cerrado (FAQUIN et al., 2000), na influência de diferentes fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses (50, 100, 200 kg ha<sup>-1</sup>) de N sobre o crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em *Brachiaria* cv. Marandu (PRIMAVESI et al., 2006),

na resposta da forrageira a diferentes tipos de adubação mineral (calcário dolomítico, calcário+uréia, calcário+superfosfato simples, calcário+clorato de potássio, calcário+NPK (04-30-10), calcário+ fosfato natural reativo de Arad) (BENETT et al., 2008) e na avaliação da resposta do capim marandu a diferentes doses combinadas de N e S (BATISTA; MONTEIRO, 2010). Respostas positivas à adubação orgânica em áreas degradadas foram observadas com diferentes forrageiras gramíneas e leguminosas na recuperação de

propriedades químicas e físicas de um solo degradado pela mineração de xisto (MOTTA NETO et al., 1995), e na produção de matéria seca em área degradada, no qual aplicou 44 kg ha<sup>-1</sup> N, 160 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 150 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O e 13,16 t ha<sup>-1</sup> esterco de curral (FAVARETTO et al., 2000).

Provavelmente, a menor produção de massa seca da parte aérea da forrageira, se deve as condições degradadas, com baixa fertilidade natural devido ao material de origem (YUAN, 2006), e a diminuição da estrutura e, conseqüentemente decréscimo da porosidade, especialmente da macroporosidade, que reduz a disponibilidade de água e nutrientes prejudicando o crescimento das raízes (TAYLOR; BRAR, 1991) do rejeito da mineração de quartzo.

Em contrapartida, a produção de massa seca da raiz (3,54 t ha<sup>-1</sup>) foi superior à produção de massa seca da parte aérea (1,44 t ha<sup>-1</sup>) na melhor combinação de AM e AO (Figura 1). O efeito benéfico da adubação mineral no desenvolvimento do sistema radicular de *B. brizantha* cv. Marandu se deve a maior disponibilidade de nutrientes (CARVALHO et al., 1999). As gramíneas exercem papel fundamental na recuperação de áreas degradadas, uma vez que, influenciam pelo seu sistema radicular extenso e abundante em constante renovação na agregação do solo, processo principal para a sua recuperação ocorre pela ação combinada da matéria orgânica humificada, atividade biológica e raízes das plantas (CAMPOS et al., 1999; SENESI; LOFFREDO, 1999). Destaca-se ainda a importância das raízes finas na profundidade de solo de 0 a 0,05 m, as quais, juntamente com a matéria orgânica, envolvem os microagregados do solo, ao mesmo tempo em que atuam na formação e estabilização dos macroagregados (CAMPOS et al., 1999).

Apesar da produção de massa seca da parte aérea da forrageira ter sido inferior aos resultados obtidos por vários autores (MONTEIRO et al., 1995; FAQUIN et al., 2000; PRIMAVESI et al., 2006; BENETT et al., 2008 e BATISTA; MONTEIRO, 2010), a produção de massa seca total nas condições de estudo (5 t/ha) foram superiores, devido a maior contribuição das raízes quando comparadas à produção de massa seca para produção animal, com *B. brizantha* (3,29 t ha<sup>-1</sup>), *B. decumbens* (2,62 t ha<sup>-1</sup>), *B. ruziziensis* (0,44 t ha<sup>-1</sup>), *B. humidicola* (0,43 t ha<sup>-1</sup>) em época de seca em ambientes não degradados (BOTREL et al., 1999).

O elevado potencial da *B. brizantha* para produção de forragem para cobertura, observado com o tratamento 75% AM e 25% AO em relação aos demais tratamentos e ao tratamento adicional

(Testemunha), apesar das condições adversas, se deve ao efeito positivo da matéria orgânica combinada adequadamente a adubação mineral. Este efeito na produção de biomassa tem sido atribuído as modificações nas propriedades físicas do solo, principalmente a melhor agregação deste, que por sua vez, influenciam na capacidade de infiltração e retenção de água, drenagem, aeração, temperatura e penetração radicular no solo (GOMIDE; ASSAD, 1990; KANG, 1991; VARANINE et al., 1993; FAVARETTO et al., 2000).

Os teores de todos os macro e micro nutrientes foram influenciados pela AM e AO, e diferiram da testemunha, exceto Cu, Fe e Zn (Tabela 2). Os teores de N na parte aérea da forrageira aumentaram linearmente com o aumento da porcentagem de AM (Tabela 2). O teor de N (11,91 g kg<sup>-1</sup>) na massa seca da parte aérea da forrageira cultivada em rejeito estéril de quartzo com 75% de AM e 25% de AO proporcionou a maior produção de MSPA, está próxima da faixa adequada preconizada por Werner et al. (1996) e Malavolta et al. (1997) que indicam variar de 13 a 20 g kg<sup>-1</sup>. Ao comparar o teor de N entre a testemunha e o tratamento de maior produção de biomassa (75% AM e 25% AO), o teor na testemunha foi inferior, mas adequado (WERNER et al., 1996 e MALAVOLTA et al., 1997), confirmando a importância recíproca da AM e AO quanto à disponibilização de nutrientes para atender a demanda nutricional desse nutriente para a forrageira.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Favaretto et al. (2000) em experimento com forrageiras em ambiente degradado, Magalhães et al. (2002) estudando a quantidade de nutriente exportado pela *Brachiaria brizantha* e Teles et al. (2011) quando avaliou o efeito da adubação NPK sob a produção de *Brachiaria brizantha* cv MG-4 em condições não degradadas.

O teor de P na forrageira, no melhor tratamento (75%AM e 25% AO), se encontra dentro da faixa adequada de 0,8 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> (WERNER et al., 1996) enquanto que o teor na forrageira do tratamento sem adubação mineral e orgânica (Testemunha) está deficiente em P. Verifica-se redução significativa no teor foliar de P, no tratamento sem adubação (Tabela 2). Isso demonstra que a quantidade aplicada de P no melhor tratamento, para obter a máxima produção, foi suficiente para atender a demanda nutricional e a adubação fosfatada é responsiva no crescimento inicial e na produção das forrageiras (SANTOS et al.; 2002). Ao se comparar o teor de P obtidos no melhor tratamento (75% AM e 25% AO) com

trabalhos de outros autores observa-se que estão próximos aos determinados por Primavesi et al. (2006), superiores ao observados por Teles et al. (2011) com capim Marandu em condição não

degradada e inferiores quando comparados com os teores obtidos por Favaretto et al. (2000) em área de extração mineral de xisto.

**Tabela 2.** Equações de regressão ajustadas para os teores de macro e micronutrientes na parte aérea ( $\hat{y}$ ) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da porcentagem de adubação mineral (x) aplicada em rejeito estéril da mineração de quartzito, teor de nutrientes correspondente a 75% de adubação mineral (AM) e na testemunha, num período de 140 dias após o corte de uniformização, e valores do teste de F para adubação mineral e orgânica (AMAO) e testemunha.

Nutriente <sup>(1)</sup>	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>	Teor de nutriente		Valor do teste F		CV (%)
			75% AM	Testemunha	AMAO	Testemunha	
N	$\hat{y} = 8,49 + 0,0309^{**}x$	0,91	11,91	11,82	8,48**	63,11**	5,43
P	$\hat{y} = 1,55 + 0,0172^{**}x$	0,92	2,84	0,72	31,49**	157,43**	11,33
K	$\hat{y} = 12,76 - 0,0686^{**}x$	0,94	7,62	6,21	40,08**	31,96**	12,01
Ca	$\hat{y} = 1,87 - 0,0054^{**}x$	0,95	1,46	1,78	5,34**	6,41*	14,20
Mg	$\hat{y} = 0,84 - 0,0005^{**}x^{1,5}$	0,91	0,52	0,78	11,64**	8,40*	18,77
S	$\hat{y} = 3,73 - 0,0082^{**}x$	0,94	3,12	1,49	6,82**	70,10**	12,90
B	$\hat{y} = 112,08 - 0,0662^{**}x^{1,5}$	0,94	69,08	112,90	18,08**	15,82*	15,02
Cu	$\hat{y} = \bar{y} = 7,35$	-	7,35 <sup>(2)</sup>	7,35	1,93	0,74	18,97
Fe	$\hat{y} = \bar{y} = 58,67$	-	58,67 <sup>(2)</sup>	58,67	0,11	0,08	18,36
Mn	$\hat{y} = 225,48 - 0,1647^{**}x^{1,5}$	0,90	118,50	33,40	29,16**	4,52**	18,46
Zn	$\hat{y} = \bar{y} = 33,97$	-	33,97 <sup>(2)</sup>	33,97	1,26	0,87	26,61

\*\* e \* significativo a 1 e a 5 % pelo teste de F. <sup>(1)</sup> Macronutrientes em g kg<sup>-1</sup> e micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup>. <sup>(2)</sup> Teor de nutriente médio das combinações de AM e AO.

No tratamento com máxima produção de massa seca, verifica-se que o teor foliar de K está abaixo da faixa adequada de 12 a 13 g kg<sup>-1</sup> (WERNER et al., 1996). Este fato pode ser explicado possivelmente pelo efeito diluição (MALAVOLTA et al., 1997). No tratamento sem AM e AO (Testemunha), a redução nos teores foliares de K se deve possivelmente ao fato de não ter aplicado qualquer tipo de fertilizante, uma vez que, o teor de K na massa seca também varia com a disponibilidade do nutriente no solo (MALAVOLTA et al., 1997). Resultados semelhantes foram observados por Primavesi et al. (2006). Enquanto que, Favaretto et al. (2000), obteve teores de K superiores ao obtido neste trabalho, com diferentes forrageiras em ambiente degradado pela extração de xisto.

Observa-se que houve diferenças significativas nos teores foliares de Ca e Mg na forrageira e que o teor na testemunha diferiu das demais combinações de AM e AO (Tabela 2). A partir dos resultados tem-se que no melhor tratamento a forrageira apresenta-se deficiente em Ca e Mg, uma vez que, os teores encontravam-se abaixo da faixa adequada preconizada por Werner et al. (1996) e dos encontrados por Favaretto et al.

(2000), Primavesi et al. (2006) e Batista; Monteiro (2010) na parte aérea de capim-marandu; mesmo tendo sido aplicada a quantidade de calcário necessária para elevar a saturação por bases a 55 %. A textura muito arenosa do substrato com baixa capacidade de troca de cátions (T) (Tabela 1) proporciona menor recomendação de calcário devido ao baixo poder tampão (SAMBATTI et al., 2003), e conseqüentemente, reduzida disponibilidade de Ca e Mg para forrageira. Desta forma, faz-se necessário melhorar a forma de recomendação de nutrientes para ambientes degradados pela mineração de quartzito. Estes resultados podem também ser explicados pela AM com N e K. A adubação nitrogenada interfere de forma negativa, no teor de Ca devido ao efeito diluição, pelo rápido crescimento da forragem (ANDRADE et al., 2000). A adubação potássica promoveu altas concentrações de K na solução do solo que reduziu a absorção de Ca e Mg por inibição competitiva pelos mesmos sítios de absorção nas raízes (MARSCHNER, 1995).

O teor de S diferiu nas combinações de AM e AO e na testemunha em relação às combinações (Tabela 2). Enquanto que, no melhor tratamento (75% AM e 25% AO), o teor de S ficou

ligeiramente acima da faixa adequada e na testemunha (sem adubação) encontra-se dentro da faixa adequada de 0,8 a 2,5 g kg<sup>-1</sup> (WERNER et al., 1996). A diferença observada relaciona-se provavelmente a quantidade de S no substrato que foi capaz de atender a demanda da forrageira, no tratamento sem aplicação de fertilizantes (Testemunha). O maior teor de S observado na melhor combinação de AM e AO pode ser explicado pelo uso do sulfato de amônio como fonte de N, e ainda, pela quantidade de matéria orgânica adicionada nesse tratamento. O teor de S com 75% AM e 25% AO foi superior aos obtidos por Mattos; Monteiro (2003) de 2,81 g kg<sup>-1</sup> de S, avaliando a influência da adubação com nitrogênio e enxofre em capim-braquiária. Da mesma forma Oliveira et al. (2005) mostraram em seu trabalho com forrageiras que doses adequadas de S têm proporcionado aumentos na produção de massa seca da parte aérea de capim - marandu.

O B e o Mn apresentaram-se em excesso na combinação de 75% AM e 25% AO (Tabela 2) segundo a faixa adequada de 10 - 25 (B) e 58 - 76 (Mn) mg kg<sup>-1</sup> (WERNER et al., 1996) com redução do teor na parte aérea da forrageira em função do aumento das percentagens de AM em ambos os micronutrientes (Tabela 2). O excesso de B no melhor tratamento deveu-se a adubação complementar realizada com ácido bórico no substrato de textura arenosa (Tabela 1). O solo de textura arenosa tem maior disponibilidade de B (ROSOLEM; BISCARO, 2007) e devido à aplicação de matéria orgânica, sendo esta fonte deste micronutriente (LIMA et al., 2007). Portanto, a redução da matéria orgânica proveniente da AO com o aumento da AM, promoveu a redução da disponibilidade de Mn no substrato. A liberação de compostos orgânicos pela mineralização proporciona a formação de complexos estáveis com os micronutrientes na solução do solo, podendo aumentar sua mobilidade e disponibilidade para as plantas (FRANCHINI et al., 2003).

O teor de Cu se encontra na faixa adequada de 7 - 10 mg kg<sup>-1</sup> (WENER et al., 1996 e PRIMAVESI et al., 2006) tanto para a melhor combinação de adubação (75% AM e 25% AO) quanto para a testemunha (Tabela 2), uma vez que as demandas pelo nutriente foram supridas via substrato, já que não foi realizada adubação com esse micronutriente.

O teor de Fe encontra-se inferior a faixa adequada de 196 - 239 mg kg<sup>-1</sup> (WERNER et al., 1996), tanto no tratamento 75% AM e 25% AO, quanto no tratamento adicional (Testemunha) (Tabela 2). Possivelmente devido a característica do

substrato, o qual apresenta-se com baixo teor de argila (Tabela 1), sendo que solos de textura arenosa apresenta baixa disponibilidade de Fe (MARINHO et al., 2002) e ainda, por não ter sido realizada a aplicação desse micronutriente.

O teor de Zn na melhor combinação de AM e AO e na testemunha apresenta-se na faixa adequada de 29 - 35 mg kg<sup>-1</sup> (WERNER et al., 1996), isso se deve principalmente a característica física do substrato de textura arenosa (Tabela 1), diminuindo assim os pontos de adsorção e conseqüentemente maior disponibilidade de Zn para a forrageira. A adsorção é, talvez, o principal processo a ser considerado para o entendimento da disponibilidade de Zn, visto que dá indicativos da solubilidade e mobilidade desses elementos e a conseqüente disponibilidade para as plantas (NASCIMENTO; FONTES, 2004). Resultados similares para teor de Zn no tecido vegetal foram encontrados por Primavesi et al. (2006).

As quantidades de nutrientes alocados na biomassa vegetal devem ser consideradas, uma vez que, o conhecimento acerca do acúmulo de nutrientes pelas forrageiras em ambiente degradado, é importante não só para o entendimento da dinâmica dos nutrientes, mas principalmente para o estabelecimento de práticas para a recuperação de sítios degradados (SOUZA; DAVIDE, 2001).

Como o acúmulo de um nutriente é dependente do teor deste no tecido e, principalmente, da produção de massa seca, verificou efeito significativo (P<0,05) para acumulação de N, P, K, Mg, Cu, Mn e Zn na parte aérea da forrageira em função da porcentagem de AM, exceto para Ca, S e Fe (Tabela 3). Verifica-se que os valores acumulados de nutrientes pela forrageira no tratamento adicional (Testemunha) foram sempre inferiores (Tabela 3) ao da melhor combinação de AM e AO, isso se deve, no geral, a menor produção de massa seca (Figura 1).

Dentre os macronutrientes, os maiores acúmulos na parte aérea e na raiz da forrageira foram de N e K, sendo o P acumulado em menores quantidades (Tabela 3). Os valores acumulados para os macronutrientes na parte aérea apresentaram a seguinte ordem de acúmulo: N> K> P> S> Ca > Mg (Tabela 3). Dentre os micronutrientes, na parte aérea a ordem decrescente das quantidades acumuladas ocorreu para Mn > B > Fe > Zn > Cu (Tabela 3). A ordem no acúmulo de macronutrientes na parte aérea da forrageira na melhor combinação de AM e AO foram similares àquela observada por Braga et al. (2004) em capim braquiária e mombaça. Por outro lado, os acúmulos de macronutrientes foram superiores na forrageira conhecida como capim-pé-

de-galinha (*Eleusine indica*) em ambiente não degradado (FRANCISCO et al., 2007) e a mesma sequência de acúmulo de K, Ca e Mg nas forrageiras

gramíneas e leguminosas em ambiente degradado pela extração de xisto (FAVARETTO et al., 2000).

**Tabela 3.** Equações de regressão ajustadas para o acúmulo de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea e raízes ( $\hat{y}$ ) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da porcentagem de adubação mineral (x) aplicada em rejeito estéril da mineração de quartzito, acúmulo correspondente a 75% de adubação mineral (AM) e na testemunha, 140 dias após o corte de uniformização e valores do teste de F para adubação mineral e orgânica (AMAO) e testemunha.

Nut <sup>(1)</sup>	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>	Acúmulo		Valor do teste F		CV (%)
			75% AM	Testemunha	AMAO	Testemunha	
Parte aérea							
N	$\hat{y} = 12,05 - 0,1253**x + 0,0055**x^2 - 0,00004**x^3$	0,96	17,60	6,40*	56,75**	826,33**	12,93
P	$\hat{y} = 1,69 + 0,0633**x - 0,0004**x^2$	0,96	4,45	0,39*	37,51**	268,73**	11,55
K	$\hat{y} = 17,37 - 0,0807**x$	0,91	11,31	3,36*	148,29**	790,21	5,59
Ca	$\hat{y} = \bar{y} = 2,30$	-	2,30 <sup>(2)</sup>	2,30	2,52	1,60	18,59
Mg	$\hat{y} = 1,05 + 0,0065**x - 0,0001**x^2$	0,83	0,87	0,42*	7,21**	18,44**	27,55
S	$\hat{y} = \bar{y} = 4,79$	-	4,79 <sup>(2)</sup>	4,79	1,78	1,18	13,85
B	$\hat{y} = 139,49 + 0,7914**x - 0,0156**x^2$	0,91	111,02	61,16*	7,87**	15,04**	25,45
Cu	$\hat{y} = 10,17 - 0,0592**x + 0,0020**x^2 - 0,000002**x^3$	0,94	10,57	5,57*	5,67**	179,03**	6,01
Fe	$\hat{y} = \bar{y} = 85,00$	-	85,00 <sup>(2)</sup>	85,00	2,33	1,95	16,10
Mn	$\hat{y} = 278,56 + 1,5484**x - 0,0353**x^2$	0,84	195,96	18,09*	28,59**	98,18**	19,96
Zn	$\hat{y} = 34,72 + 0,2903**x$	0,95	56,49	6,77*	13,62**	179,03**	13,68
Raízes							
N	$\hat{y} = 14,98 - 0,4447**x + 0,0201**x^2 - 0,00015**x^3$	0,97	30,89	6,15*	21,30**	77,63**	16,57
P	$\hat{y} = 0,14 - 0,0039**x + 0,0002**x^2 - 0,000002**x^3$	0,97	0,33	0,05*	24,40**	90,44**	17,24
K	$\hat{y} = 9,83 + 1,5752**x - 5,6604**x^{0,5} - 0,1018**x^{1,5}$	0,94	12,83	1,81*	3,79*	46,05**	25,90
Ca	$\hat{y} = \bar{y} = 4,38$	-	4,38 <sup>(2)</sup>	4,38	1,75	1,31	27,62
Mg	$\hat{y} = \bar{y} = 0,53$	-	0,53 <sup>(2)</sup>	0,53	2,05	1,13	31,53
S	$\hat{y} = 7,20 - 0,0213**x + 0,0071**x^2 - 0,000067**x^3$	0,97	17,33	1,28*	14,66**	70,30**	22,77
B	$\hat{y} = 34,70 - 0,5768**x + 0,0071**x^2 - 0,00026**x^3$	0,95	56,65	17,04*	7,57**	26,14**	24,01
Cu	$\hat{y} = \bar{y} = 34,43$	-	34,43 <sup>(2)</sup>	34,43	1,04	1,28	29,13
Fe	$\hat{y} = \bar{y} = 1.351,21$	-	1.351,21 <sup>(2)</sup>	1.351,21	2,38	1,85	35,62
Mn	$\hat{y} = \bar{y} = 169,01$	-	169,01 <sup>(2)</sup>	169,01	1,08	0,98	39,59
Zn	$\hat{y} = \bar{y} = 10,75$	-	10,75 <sup>(2)</sup>	10,75	1,02	2,03	30,93

\*\* e \* significativo a 1 e a 5 % pelo teste de F. <sup>(1)</sup> Macronutrientes em kg ha<sup>-1</sup> e micronutrientes em g ha<sup>-1</sup>. <sup>(2)</sup> Acúmulo médio das combinações de AM e AO.

Para fins de comparação de utilização da forrageira para recuperação de área degradada pela mineração de quartzito, em área de floresta estacional semidecidual, o acúmulo de nutrientes pela serapilheira foi superior aos encontrados para a forrageira de cobertura, sendo o N o elemento que mais acumulou seguido pelo Ca (VITAL et al., 2004). Já em povoamento de Acácia Negra no Rio Grande do Sul (SCHUMACHER et al., 2003), o acúmulo de todos os macronutrientes, exceto o P, contidos nas folhas que compõem a serapilheira foi maior, mas a ordem de acúmulo dos nutrientes foi

similar a observada para a forrageira nas condições de estudo. Com diversas espécies florestais em ambiente de mata atlântica (DUARTE et al., 2007), o aporte de N pelas espécies florestais (Ingá e Fedegoso) foi semelhante ao N acumulado; enquanto para P, K, Mg, Zn e Cu, o acúmulo pelas espécies florestais foi inferior ao da forrageira na combinação de 75% AM e 25% AO.

Os maiores acúmulos dos nutrientes N, K, Ca, S, Fe, Mn, tanto na melhor combinação de AM e AO quanto na testemunha foram observados na raiz (Tabela 3), devido, principalmente a maior

produção de massa seca nesse componente vegetal (Figura 1). Os valores acumulados para os macronutrientes na raiz na combinação de maior produção de biomassa (75% AM e 25% AO), apresentaram a seguinte ordem de acúmulo: N > S > K > Ca > Mg > P (Tabela 3). Enquanto que para os micronutrientes acumulados na raiz, a ordem decrescente das quantidades ocorreu para Fe > Mn > B > Cu > Zn (Tabela 3).

Dessa forma verifica-se que o uso de plantas de cobertura é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas degradados, podendo restituir quantidades consideráveis de nutrientes a área degradada, uma vez que essas plantas são eficientes na absorção e acumulação de nutrientes, liberando-os, posteriormente, pela decomposição dos seus resíduos.

## CONCLUSÕES

A *B. brizantha* cv. Marandu respondeu a adubação mineral e orgânica com as doses

recomendadas de 37 kg N, 37 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg K<sub>2</sub>O e 2,6 t esterco de curral por ha cultivado em rejeito estéril da mineração de quartzito.

A adubação orgânica e mineral aplicada ao rejeito estéril de quartzito influenciou o estado nutricional da *B. brizantha* cv. Marandu.

O acúmulo de nutrientes na braquiária, nas doses recomendadas, ocorreu na seguinte ordem na parte aérea: N > K > P > S > Ca > Mn > B > Fe > Zn > Cu e nas raízes: N > S > K > Ca > Mg > P > Fe > Mn > B > Cu > Zn.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de mestrado. A Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri pela infraestrutura necessária para a condução do experimento

---

**ABSTRACT:** In order to evaluate the behavior of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu under the influence of mineral fertilizer and organic, when grown in sterile reject from quartzite mining. The experiment was conducted under of a greenhouse in a completely randomized design with four replications. The treatments consisted of five combinations of mineral (MF) and organic (OF) fertilizer and an additional treatment of the sterile reject without MF and OF (Witness). The combinations were: 0%OF/100%MF; 25%OF/75%MF; 50%OF/50%MF; 75%OF/25%MF; 100%OF/0% MF. Doses of 100% MF and OF were 50 kg N, 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 40 kg K<sub>2</sub>O and 10 t bovine manure per ha. The variables evaluated were dry matter weight (shoot, root and total) and nutrients contents and accumulation. *B. brizantha* cv. Marandu responded to MF and OF with the recommended doses of 37 kg N, 37 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg K<sub>2</sub>O and 2.6 t bovine manure per ha. The doses of MF and OF applied to sterile reject quartzite influenced the nutritional status of the forage. The accumulation of nutrients in the forage at recommended doses in the following order was on the shoot: N > K > P > S > Ca > Mn > B > Fe > Zn > Cu and roots: N > S > K > Ca > Mg > P > Fe > Mn > B > Cu > Zn.

**KEYWORDS:** Degraded area. Nutritional status. Nutrients accumulation.

---

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 43-60.
- ANDRADE, C. S.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ V., V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1589-1595, 2000.
- BAGGIO, A. J.; CARPANESE, A. O. B. Alguns sistemas de arborização em pastagens. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 17, p. 47-60, 1987.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 151-161, 2010.



- BENETT, C. G. S.; YAMASHITA, O.; KOGA, P. S.; SILVA, K. S. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a diferentes tipos de adubação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 6, n. 1, p. 13-20, 2008.
- BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Avaliação de gramíneas forrageiras na região sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 683-689, 1999.
- BRAGA, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 34, n. 2, p. 83-87, 2004.
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n.2, p. 383-391, 1999.
- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H. E e OLIVEIRA, F. T. T. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 332-341.
- CARVALHO, M. C. S. **Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo**. 1999.101 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Piracicaba. 1999.
- CFSEMG. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Adubação orgânica. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 87-92.
- CULLEN, W. R.; WHEATER, C. P.; DUNLEAVY, P. J. Establishment of species-rich vegetation on reclaimed limestone quarry faces in Derbyshire, UK. **Biological Conservation**, Boston, v. 84, n.1, p. 25-33, 1998.
- DUARTE, E. G. **Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: M. Dekker, 1991. 476p.
- FAQUIN, V.; LIMA, D. V.; FURTINI NETO, A. E.; MORAES, A. R.; CURI, N.; HIGA, N. T. Nutrição mineral do braquiário e da soja cultivados em Latossolos sob cerrado da região de Cuiabá, MT. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n.2, p. 110-117, 2000.
- FAVARETTO, N.; MORAES, A.; MOTTA, A. C. V.; PREVEDELLO, B. M. S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 289-297, 2000.
- FRANCHINI, J. C.; HOFFMAN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Organic composition of green manure during growth and its effects on cation mobilization in an acid Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, n. 13-14, p. 2045-2058, 2003.

- FRANCISCO, E. A. B.; CAMARA, G. M. S.; SAGATELLI, C. R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 259-266, 2007.
- GOMIDE, C. C. C.; ASSAD, E. D. Avaliação da distribuição do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina utilizando imagens de satélite TM. Landsat em áreas de cerrado. **Pasturas tropicales**, Cali, v. 12, n. 3, p. 2-6, 1990.
- KANG, B. T. Changes in soil chemical proprieties and crop performance with continuos cropping on an Entisol in the humid tropics. In: MULONGOY, K.; MERCKX, R. (Ed.). **Soil organic matter dynamics sustainability of tropical agriculture**. New York: J. Wiley, 1991. p. 297-305.
- LIMA, J. J.; MATA, J. D. V.; NETO, R. P.; SCAPIM, C. A. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, supl., p. 715-719, 2007.
- LUCCHESI, L. A. C. **Influência de sucessões de culturas forrageiras e a adubação sobre a recuperação de um solo degradado pela mineração do xisto e sobre sua mesofauna edáfica (Acari e Collembola)**. 1998. 252 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Paraná, Curitiba, 1998.
- MAGALHAES, R. T.; OLIVEIRA, I. P.; KLIEMANN, H. J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "Barreirão". **Pesquisa. Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 32, n. 1, p. 13-20, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. C. C.; MARINS, L. D.; VIEIRA, A. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros 'Solo' e 'Formosa'. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 373-381, 2002.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MATTOS, W. T.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição de capim-braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 60, n. 1, p. 1-10, 2003.
- MEDEIROS, J. C.; MIELNICZUK, J.; PEDO, F. Sistema de culturas adaptadas à produtividade, recuperação e conservação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n. 2, p. 199-204, abr. 1987.
- MELO, E. F. R. Q. **Recuperação de área degradada da Itaipu Binacional com forrageiras e adubações**. Foz do Iguaçu: CNPq/Itaipu Binacional, 1994. 159p.
- MONTEIRO, F. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, D. D.; ABREU, J. B. R.; DAIUB, J. A. S.; SILVA, J. E. P.; NATALE, W. Cultivo de cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 135-141, 1995.
- MOTTA NETO, J. A. **Avaliação do uso de forrageiras e de adubação na recuperação de propriedades químicas e físicas de um solo degradado pela mineração do xisto**. 1995. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Paraná, Curitiba, 1995.
- NASCIMENTO, C. W. A.; FONTES, R. L. F. Correlação entre características de latossolos e parâmetros de equações de adsorção de cobre e zinco. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 965-971, 2004.
- NOVÁK, J., PRACH, K. Vegetation succession in basalt quarries: pattern on a landscape scale. **Applied Vegetation Science**, Knivsta, v. 6, n. 2, p. 111-116, 2003.

- OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na Recuperação de Pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, 2005.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006.
- ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1473-1478. 2007.
- ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ F. L. F. Desenvolvimento do *Pinus elliottii* e do *Eucalyptus tereticornis* consorciado com plantas de cobertura, em solos degradados por arenização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 84-89, 2008.
- SAMBATTI, J. A.; SOUZA JUNIOR, I. G.; COSTA, A. C. S.; TORMENA, C. A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos da formação caiuíá - noroeste do estado do Paraná. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-264, 2003.
- SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ V. V. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 173-182, 2002.
- SCHUMACHER, M. V.; BRUN, J. E.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*acacia mearnsii* de wild.) no estado do rio grande do sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 791-798, 2003.
- SENESI, N.; LOFFREDO, E. The chemistry of soil organic matter. In: SPARK, D.L., ed. **Soil physical chemistry**. Boca Raton: CRC Press, p. 239-370, 1999.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.
- SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Revista Cerne**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 101-113. 2001.
- TAYLOR, H. M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, n. 2-3, p. 111-119, 1991.
- TELES, T. G. R. M.; CARNEIRO, M. S. S.; SOARES, I.; PEREIRA, E. S.; SOUZA, P. Z.; MAGALHAES, J. A. Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 sob efeito de adubação com NPK. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 137-143, 2011.
- VARANINE, Z.; PINTON, R.; BIASE, M. G.; ASTOLFI, S.; MAGGIONI, A. Low molecular weight humic substances stimulate H<sup>+</sup>-ATPase activity of plasma membrane vesicles isolated from oat (*Avena sativa* L.) roots. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 153, n. 3, p. 61-69, 1993.
- VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.
- WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 263-273.

WILLIAMSON, J. C.; ROWE, E. C.; HILL, P. W.; NASON, M. A.; JONES, D. L.; HEALEY, J. R. Alleviation of both water and nutrient limitations is necessary to accelerate ecological restoration of waste rock tips.

**Restoration Ecology**, Malden, v. 19, n. 2, p. 194–204, 2011.

YUAN, Y. J. G.; FANG, W.; FAN, L.; CHEN, Y.; WANG, D. Q.; YANG, Z. Y. Soil formation and vegetation establishment on the cliff face of abandoned quarries in the early stages of natural colonization. **Restoration**

**Ecology**, Malden, v. 14, n. 3, p. 349–356, 2006.