

# Desenvolvimento de *Urochloa brizantha* adubada com fonolito e inoculada com bactérias diazotróficas solubilizadoras de potássio

## Development of *Urochloa brizantha* fertilized with phonolite and inoculated with potassium solubilizing diazotrophic bacteria

Cássia C. B. Miranda<sup>1</sup>, Ligiane A. Florentino<sup>1</sup>, Aداuton V. de Rezende<sup>1</sup>, Denismar A. Nogueira<sup>2</sup>, Rafael F. Leite<sup>1</sup> e Luciana P. Naves<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS. Rodovia MG 179, Km 0 – Campus Universitário, Alfenas – MG, 37130-000, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL – Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Alfenas – MG, 37130-000, Brasil

(\*E-mail: ligiane.florentino@unifenas.br)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA17011>

Recebido/received: 2017.01.19

Recebido em versão revista/received in revised form: 2017.08.01

Aceite/accepted: 2017.08.02

### RESUMO

Objetivou-se analisar a viabilidade de uso do pó da rocha fonolito em *Urochloa brizantha* cv. Marandu e se a inoculação com bactérias diazotróficas solubilizadoras de potássio (K) contribui para o maior desenvolvimento e características bromatológicas desta forrageira. O experimento foi conduzido em vasos contendo 15 dm<sup>3</sup> de solo, durante três períodos de cortes. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial e um tratamento adicional (4x3+1), sendo quatro doses do fonolito (100%, 75%, 50% e 25%) e três variáveis inoculantes (UNIFENAS 100-13, UNIFENAS 100-94 e o controle sem inoculação), além do tratamento adicional com cloreto de potássio (KCl), com quatro repetições por tratamento. Na época de cada corte foram avaliados os parâmetros morfológicos e bromatológicos da forrageira. As diferentes doses de fonolito associadas à inoculação com as estirpes bacterianas não conduziram a diferenças significativas nos parâmetros morfológicos, como largura e comprimento de folha, densidade de perfilhos e matéria seca. No entanto, o fonolito promoveu uma melhoria nas características bromatológicas nos parâmetros de fibra em detergente ácido, hemicelulose, digestibilidade da matéria seca, nutrientes digestíveis totais, energia digestível e metabolizável, contribuindo, portanto, para a melhoria no valor nutricional, indicando o potencial de utilização desta rocha silicatada como fonte alternativa ao cloreto de potássio (KCl).

**Palavras-chave:** forrageiras, inoculação, pó de rocha.

### ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the feasibility of using phonolite rock powder in *Urochloa brizantha* cv. Marandu and whether the inoculation with potassium solubilizing diazotrophic bacteria (K) contributes to a greater development and bromatological characteristics of this forage. The experiment was conducted in pots containing 15 dm<sup>3</sup> of soil, during three cutting periods. A randomized block design in a factorial scheme and an additional treatment (4x3 + 1) were used, with four doses of phonolite (100%, 75%, 50% and 25%) and three inoculant variables (UNIFENAS 100-13, UNIFENAS 100-94 and a control without inoculation), further, was added the additional treatment with potassium chloride (KCl), with four replicates per treatment. At the time of each cut, the morphological and bromatological parameters of the forage were evaluated. The different doses of phonolite associated with inoculation with the bacterial strains showed no significant differences in morphological parameters, such as leaf width and length, tillers density and dry matter. However, phonolite promoted an improvement in the bromatological characteristics in the parameters of acid detergent fiber, hemicellulose, dry matter digestibility, total digestible nutrients, digestible and metabolizable energy, thus contributing to the improvement in nutritional value, indicating the potential of this rock as an alternative source to potassium chloride (KCl).

**Keywords:** forage, inoculation, rock dust.

## INTRODUÇÃO

O gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) destaca-se entre as forrageiras mais cultivadas no Brasil devido, principalmente, à sua alta capacidade de adaptar às diferentes condições edafoclimáticas (De Bona e Monteiro, 2010). No entanto, cerca de 50% dessas áreas encontram-se degradadas e a ausência de adubação de manutenção tem sido apontada como uma das principais causas (Macedo *et al.*, 2014).

Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) e o potássio (K) são os mais exigidos pela maioria das plantas, dentre elas as forrageiras (Mattos e Monteiro, 1998; Gama-Rodrigues *et al.*, 2002; Coutinho *et al.*, 2004). O K exerce papel fundamental na fotossíntese, favorece a formação e translocação de carboidratos, está relacionado com a regulação osmótica das células, além de participar de várias etapas da síntese de proteínas e ativação de enzimas (Malavolta, 2006). Segundo Monteiro *et al.* (1980) e Primavesi *et al.* (2006), a adubação potássica está diretamente relacionada à maior eficiência da adubação nitrogenada, o que se pode refletir na maior produção de matéria seca e também nas características bromatológicas das forrageiras (Andrade *et al.*, 2000; Rodrigues *et al.*, 2006 e 2008).

A disponibilidade de K para as plantas é dependente das reservas do solo e da aplicação de fertilizantes. Nos solos tropicais, geralmente as concentrações de K são baixas, necessitando, portanto, de altas doses de adubos potássicos, sendo o mais utilizado o cloreto de potássio (KCl), contendo cerca de 58% de  $K_2O$ . Os fertilizantes potássicos apresentam altos custos, podem ser lixiviados, uma vez que são solúveis e, além disso, o Brasil possui alta dependência do mercado externo, importando cerca de 90% do K utilizado na agropecuária (DNPM, 2014).

Uma das alternativas para a substituição dos adubos potássicos, consiste na utilização de pó de rochas silicatadas, dentre as quais o fonolito, proveniente do município de Poços de Caldas (MG), constituído principalmente por feldspato potássico ( $KAlSi_3O_8$ ) (Teixeira *et al.*, 2012). Esta rocha possui cerca de 8,0% de  $K_2O$  em sua composição química, além de outros nutrientes que são requeridos pelas plantas, como cálcio, magnésio e ferro (Teixeira *et al.*, 2012 e 2015). Contudo, o fonolito como os demais pós de rochas, possui liberação

lenta dos minerais (Martins, 2008), podendo inviabilizar a sua utilização na agricultura.

A liberação dos nutrientes da rocha pode ser aumentada por meio de tratamentos termoquímicos, como altas temperaturas e adição de  $NH_4OH$  (Martins *et al.*, 2015) e por microrganismos do solo, os quais, por meio da liberação de ácidos orgânicos podem aumentar a solubilização de K das rochas silicatadas (Girgis *et al.*, 2008; Meena *et al.*, 2014; Brandão *et al.*, 2014; Florentino *et al.*, 2017). Destes, a utilização de microrganismos solubilizadores apresenta viabilidade econômica e ecológica. No entanto, são necessários estudos visando selecionar microrganismos para contribuir com a maior liberação de K das rochas silicatadas quando utilizadas como fertilizantes nos cultivos agrícolas.

Considerando a importância da adubação potássica para o manejo adequado das pastagens, objetivou-se com esta pesquisa analisar a viabilidade de uso do pó de rocha fonolito em *Urochloa brizantha* cv. Marandu e se a inoculação com bactérias diazotróficas solubilizadoras de potássio (K) contribuem para o desenvolvimento e qualidade nutricional desta forrageira.

## MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de *U. brizantha* cv. Marandu foram cultivadas em vasos contendo 15 dm<sup>3</sup> de solo em casa de vegetação. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, coletado na profundidade de 0 a 20 cm, apresentando as seguintes características químicas: pH ( $H_2O$ ) = 5,3; pH ( $CaCl_2$ ) = 4,7; P Mehlich = 1 mg dm<sup>-3</sup>; K = 30 mg dm<sup>-3</sup>;  $Ca^{2+}$  = 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>;  $Mg^{2+}$  = 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>;  $Al^{3+}$  = 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 2,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Soma de bases (SB) = 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC efetiva (t) = 1,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC potencial (T) = 3,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V (%) = 29; m (%) = 26; matéria orgânica (M.O.) = 5 dag kg<sup>-1</sup>; P remanescente = 9,0 mg L<sup>-1</sup>.

Para correção do solo utilizou-se o calcário dolomítico para elevar a saturação de bases para 70%. Após adição do calcário, o solo foi incubado por 30 dias e a umidade mantida ao nível da capacidade de campo. Antes do plantio, as sementes foram colocadas para germinar em bandejas de isopor, contendo o substrato Plantmax®. Assim que

as plantas atingiram 10 cm de altura, estas foram transplantadas para os vasos, sendo utilizadas quatro plantas por vaso. Posteriormente, foi realizada a adubação de acordo com o recomendado por CFSEMG (1999), utilizando-se 300 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, o qual foi incorporado três dias antes da semeadura. Na adubação nitrogenada utilizou-se ureia, equivalente a 114 kg N ha<sup>-1</sup> por superfície, sendo aplicado 1g dm<sup>-3</sup> de ureia por vaso após cada corte.

Já em relação ao potássio, foram utilizadas duas fontes, o cloreto de potássio (KCl), contendo 58% de K<sub>2</sub>O, na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> (Catuchi *et al.*, 2013) e o pó de rocha fonolito, contendo cerca de 8% de K<sub>2</sub>O, em diferentes dosagens, representando, respectivamente 100, 75, 50 e 25% da dose recomendada de K<sub>2</sub>O.

Foram selecionadas duas estirpes bacterianas, UNIFENAS 100-13 e UNIFENAS 100-94, com capacidade em fixar N<sub>2</sub> (Dias, 2015) e de solubilizar potássio *in vitro* (Florentino *et al.*, 2017). Estas foram isoladas de meios de cultura semi-sólidos e semi-seletivos JNFb (*Herbaspirillum* spp.) (Döbereiner *et al.*, 1995) e JMV (*Burkholderia* spp.) (Baldani *et al.*, 2000), respectivamente por Dias (2015).

Para inoculação nas plantas de *U. brizantha*, as estirpes foram cultivadas em seus meios de origem por três dias para atingir a fase logarítmica de crescimento. Posteriormente, foram inoculados dois mL por planta, no momento do plantio e após cada período de corte.

O experimento foi conduzido durante três cortes, conforme metodologia descrita por Rodrigues *et al.* (2008), totalizando um período de cultivo de 243 dias. Todos os cortes foram realizados após a forrageira *U. brizantha* atingir o índice de área foliar 95 %, ou seja, aproximadamente 40 cm de altura, a 10 cm da superfície do solo. Após cada corte foram realizadas adubações de cobertura com N e também a inoculação as estirpes bacterianas (2 mL por planta).

Em todos os cortes foram avaliados os parâmetros: largura (LF) e comprimento foliar (CF), densidade de perfilhos (DP), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM), produtividade de matéria seca (PMS), digestibilidade da matéria

seca (DMS), energia metabolizável (EM) e digestível (ED).

As avaliações quanto à densidade de perfilhos, comprimento e largura foliar foram realizados manualmente, após atingir o ponto de corte. A densidade populacional de perfilhos (DP) foi avaliada por meio da contagem do número de perfilho contido em cada vaso. O comprimento foliar (CF) foi medido com o auxílio de régua (calculado desde a superfície do solo até o ápice foliar da última folha expandida) e a largura da folha (LF), medida com uma régua (calculando três pontos na folha sendo ponto A o localizado na parte superior, ponto B no centro e ponto C na extremidade inferior da folha). Para a largura da folha obteve-se a média de três perfilhos amostrados aleatoriamente por vaso (Rezende *et al.*, 2011).

A porcentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB % da MS), fibra em detergente neutro (FDN % da MS) e fibra em detergente ácido (FDA % da MS) foram determinados conforme as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). Os teores de hemicelulose (HEM, Eq. 1), digestibilidade da matéria seca (DMS, Eq. 2), nutrientes digestíveis totais (NDT, Eq. 3), energia digestível (ED, Eq. 4), energia metabolizável (EM, Eq. 5) e foram calculados pelas equações descritas por Rodrigues (2009):

$$\text{HEM} = \text{FDN} - \text{FDA} \quad (1)$$

Onde: FDN é a fibra em detergente neutro; FDA é a fibra em detergente ácido

$$\text{DMS} = 88,9 - (0,779 \times \text{FDA}) \quad (2)$$

Onde: DMS é a digestibilidade da matéria seca (%) e FDA é a fibra em detergente ácido (%)

$$\text{NDT} = 87,84 - (0,7 \times \text{FDA}) \quad (3)$$

Onde: NDT corresponde a nutrientes digestíveis totais (%) e FDA é a fibra em detergente ácido (%)

$$\text{ED} = \text{NDT} \times 0,04409 \quad (4)$$

Onde: ED é a energia digestível (Mcal kg<sup>-1</sup> de MS); NDT corresponde a nutrientes digestíveis totais (%)

$$\text{EM} = \text{ED} \times 0,82 \quad (5)$$

Onde: EM é a energia metabolizável (Mcal kg<sup>-1</sup> de MS), ED é a energia digestível (Mcal kg<sup>-1</sup> de MS).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial com um tratamentos adicional (4x3+1). Os tratamentos utilizados foram: quatro doses do fonolito (Fonolito 100%, 75%, 50% e 25%), três variáveis inoculantes (estirpe UNIFENAS 100-13, estirpe UNIFENAS 100-94 e sem inoculante), mais um tratamento adicional de KCl com quatro repetições por tratamento, totalizando 13 tratamentos e 52 unidades experimentais. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos, foi realizado a análise de regressão para as doses de fonolito e o teste de Tukey para comparar as estirpes. Além desses testes, foi realizada a comparação por contraste do tratamento adicional *versus* o fatorial por meio do Software estatístico SISVAR® (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 observa-se o resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados obtidos referentes a todos os parâmetros avaliados no experimento. Os parâmetros MS, PB, FDN, LF, CF, DP e PMS não apresentaram diferenças nos tratamentos em que foram utilizadas diferentes doses de fonolito e inoculados com as estirpes bacterianas (Quadro 2). A FDA, HEM, DMS, NDT, ED e EM apresentaram diferença significativa na interação doses de fonolito *versus* inoculantes (Quadro 3). A PB, FDN, FDA, DMS, NDT, ED e EM foram diferentes quando se comparou o tratamento adicional *versus* o fatorial pelo contraste (Quadro 4).

No desdobramento da interação doses de fonolito *versus* inoculantes, foram verificadas diferenças significativas para os inoculantes na dose de 50% de fonolito, sendo que a inoculação com a estirpe UNIFENAS 100-13 diferiu da estirpe UNIFENAS 100-94 e do tratamento sem inoculante para FDA, HEM, DMS, ED e EM (Quadro 3).

A FDA do tratamento 50% de fonolito e inoculação com a estirpe UNIFENAS 100-94 e do tratamento sem inoculante apresentaram menores teores quando comparados ao tratamento contendo 50% de fonolito e inoculado com a estirpe UNIFENAS

**Quadro 1** - Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca (MS) proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM), largura (LF) e comprimento de folha (CF), densidade de perfilhos (DP), produtividade (PMS) e digestibilidade da matéria seca (DMS), nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED) e metabolizável (EM) de *U. brizantha* cultivada com diferentes doses de fonolito e inoculada com bactérias diazotróficas solubilizadoras de potássio

FV	GL	MS	PB	FDN	FDA	HEM
Bloco	3	3.11	0.71	1.02	22.16*	32.09
Doses	3	10.78	0.39	11.11	13.76	41.13*
Inoculante	2	9.11	0.26	12.14	37.13*	10.84
Doses *Inoculante	6	6.16	0.44	4.73	30.42**	38.22*
Adicional vs Fatorial	1	11.07	8.12**	46.93**	33.47*	1.11
Resíduo	36	5.72	0.99	6.81	7.85	12.45
Total	51	6.16	0.99	7.48	13.34	18.04

  

FV	GL	LF	CF	DP
Bloco	3	0.06*	1.21	182.43
Doses	3	0.01	5.48	286.27
Inoculante	2	0.01	6.08	62.20
Doses *Inoculante	6	0.02	4.39	54.24
Adicional vs Fatorial	1	0.02	6.88	502.60
Resíduo	36	0.02	5.75	154.29
Total	51	0.02	5.34	155.16

  

FV	GL	PMS	DMS	NDT	ED	EM
Bloco	3	244373.22	13.44*	10.86	0.02*	0.01*
Doses	3	139606.77	8.36	6.74	0.01	0.01
Inoculante	2	61982.43	22.54*	18.18	0.04*	0.02
Doses *Inoculante	6	138926.46	18.46**	14.91**	0.03**	0.02**
Adicional vs Fatorial	1	121209.14	20.34*	16.43*	0.03*	0.02*
Resíduo	36	231864.67	4.76	3.85	0.01	0.01
Total	51	207407.86	8.10	6.54	0.01	0.01

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

**Quadro 2** - Composição bromatológica (matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN)), largura (LF) e comprimento de folha (CF), densidade de perfilhos (DP) e produtividade de matéria seca (PMS) de *U. brizantha* cultivada com diferentes doses de fonolito e inoculada com bactérias diazotróficas solubilizadoras de potássio

Itens	Doses de Fonolito				Inoculante		
	25%	50%	75%	100%	100-13	100-94	Sem Inoculante
MS (%)	30.31	29.24	29.21	29.04	29.21	29.87	29.87
PB (%)	10.93	10.67	10.50	10.68	10.65	10.60	10.84
FDN (%)	60.08	59.57	57.85	58.90	60.00	59.04	58.26
LF (cm)	1.15	1.15	1.09	1.10	1.14	1.13	1.13
CF (cm)	22.69	22.92	21.62	21.39	22.83	22.43	22.43
DP	64.42	60.69	60.69	60.14	58.96	61.69	61.69
PMS (g/vaso)	1658.48	1521.75	1498.93	1645.26	1570.85	1622.88	1622.88

**Quadro 3** - Desdobramento de doses de fonolito com bactérias solubilizadoras de potássio para fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), digestibilidade da matéria seca (DMS), nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED) e metabolizável (EM) de *U. brizantha* cultivada com diferentes doses de fonolito e inoculada com bactérias diazotróficas solubilizadoras de potássio

Fibra em Detergente Ácido (FDA)	Doses de Fonolito				Regressão
	25%	50%	75%	100%	
UNIFENAS 100-13	27.84	36.88 b	32.54	32.12	Quadrática
UNIFENAS 100-94	30.41	27.37 a	29.24	31.89	NS
Sem Inoculante	28.70	29.29 a	31.37	29.38	NS
Hemicelulose (HEM)	Doses de Fonolito				Regressão
	25%	50%	75%	100%	
UNIFENAS 100-13	33.27	23.07 a	28.43	27.67	Quadrática
UNIFENAS 100-94	30.55	31.62 b	24.31	28.96	NS
Sem Inoculante	30.55	30.49 b	24.31	28.96	NS
Digestibilidade da MS (DMS)	Doses de Fonolito				Regressão
	25%	50%	75%	100%	
UNIFENAS 100-13	67.22	60.17 a	66.12	66.12	Quadrática
UNIFENAS 100-94	66.54	67.58 b	64.47	64.47	NS
Sem Inoculante	66.54	66.08 b	63.55	64.47	NS
Nutrientes Digestível Totais (NDT)	Doses de Fonolito				Regressão
	25%	50%	75%	100%	
UNIFENAS 100-13	71.69	65.36 a	68.40	68.69	Quadrática
UNIFENAS 100-94	69.89	72.01 b	70.71	68.85	NS
Sem Inoculante	71.08	70.68 b	69.22	70.61	NS
Energia Digestível (ED)	Doses de Fonolito				Regressão
	25%	50%	75%	100%	
UNIFENAS 100-13	3.08	2.88 a	3.12	3.04	Quadrática
UNIFENAS 100-94	3.14	3.18 b	3.06	3.11	NS
Sem Inoculante	3.14	3.02 b	3.06	3.11	NS
Energia Metabolizável (EM)	Doses de Fonolito				Regressão
	25%	50%	75%	100%	
UNIFENAS 100-13	2.59	2.36 a	2.56	2.49	Quadrática
UNIFENAS 100-94	2.53	2.60 b	2.51	2.55	NS
Sem Inoculante	2.61	2.56 b	2.51	2.55	NS

<sup>ⓐ</sup>Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

100-13. Em contrapartida, os valores de HEM, DMS, NDT, ED e EM foram maiores para o tratamento inoculado com a estirpe UNIFENAS 100-94 e o tratamento sem inoculação comparado à inoculação com a estirpe UNIFENAS 100-13.

Os resultados da comparação do contraste entre tratamento adicional *versus* fatorial para PB, FDN, FDA, HEM, LF, CF, DP, PMS, DMS, NDT, EM e ED de *U. brizantha* estão apresentados no Quadro 4. Houve diferença entre os parâmetros PB, FDN, FDA, DMS, ED e EM ( $P < 0,05$ ). Porém, a MS, HEM,

**Quadro 4** - Contraste entre tratamento adicional *versus* fatorial para matéria seca (MS) proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM), largura de folha (LF), comprimento de folha (CF), densidade de perfilhos (DP), produtividade da matéria seca (PMS), digestibilidade da matéria seca (DMS), nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de *U. brizantha*

Itens	Contraste	
	Adicional	Fatorial
Matéria Seca (MS)	27.4	29.1
Proteína Bruta (PB)	9.2 b	10.7 a
Fibra em Detergente Neutro (FDN)	62.7 a	59.1 b
Fibra em Detergente Ácido (FDA)	33.6 a	30.6 b
Hemicelulose	29.1	28.5
Largura de folha (LF)	1.1	1.1
Comprimento de folha (CF)	23.7	22.3
Densidade de Perfilhos (DP)	59.5	59.5
Produtividade da MS (PMS)	1564.2	1564.2
Digestibilidade da MS (DMS)	62.7 b	65.1 a
Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)	67.66 b	69.76 a
Energia Digestível (ED)	3.0 b	3.1 a
Energia Metabolizável (EM)	2.4 b	2.5 a

<sup>ⓐ</sup>Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

LF, CF, DP e PMS não apresentam diferenças entre o tratamento adicional *versus* fatorial.

No desdobramento, quando avaliado por regressão as doses de fonolito na inoculação com a estirpe UNIFENAS 100-13, observou-se que houve efeito quadrático com a inclusão do fonolito, sendo que a inclusão de 50% de fonolito apresentou o menor valor para HEM, DMS, NDT, ED e EM. Para FDA houve também efeito quadrático com a inclusão de fonolito, porém na inclusão de 50% promoveu maior teor de FDA.

A utilização das diferentes doses de fonolito não interferiu nos valores de MS. Martins (2013) obteve maiores valores de MS de capim marandu de acordo com as doses crescentes deste pó de rocha. No entanto, é importante ressaltar que esse autor utilizou doses maiores de fonolito quando comparadas ao presente estudo.

A ausência de respostas da inoculação pode ser explicada pela dificuldade de manejo de inoculação destes microrganismos no solo, uma vez que

em condições *in vitro* são observadas respostas positivas quanto à capacidade de solubilizar K, conforme resultados obtidos nos estudos desenvolvidos por Wu *et al.* (2005), Girgis *et al.* (2008), Basak e Biswas (2009); Leungvutiviroj *et al.* (2010), Parmar e Sindhu (2013), Meena *et al.* (2014) e Brandão *et al.* (2014).

Além disso, é importante considerar que as estirpes inoculadas possuem capacidade de fixar N<sub>2</sub>, no entanto, não foi observada contribuição das mesmas para o desenvolvimento de *U. brizantha*, bem como para os teores de proteína, o que pode ser atribuído à altas doses de N utilizadas no plantio e cobertura, conforme verificado por Vogel *et al.* (2013).

Analisando os resultados obtidos de FDN e FDA, podemos destacar que o uso de doses de fonolito associado à inoculação promoveu uma diminuição do FDN e FDA, como pode ser observado pelo contraste tratamento adicional *versus* fatorial. Essa diminuição nos teores de FDN e FDA influenciou diretamente na digestibilidade, uma vez que os teores de FDN e FDA nas forrageiras são inversamente proporcionais aos valores de digestibilidade da mesma (Mertens, 1987). Estes resultados foram também observados para DMS, NDT, ED e EM do presente estudo.

De acordo com Silva e Queiroz (2002), a solução em detergente neutro é utilizada para dissolver substâncias digeridas, como pectina e conteúdo celular

da planta, deixando o resíduo fibroso (FDN), que são os principais componentes da parede celular das plantas (celulose, hemicelulose e lignina). Tal foi corroborado pelos dados encontrados por Silva *et al.* (2004), o qual determinou os teores de FDN em diferentes cortes e doses aplicadas a *Brachiaria* spp. e observou que estes apresentaram resultados médios significativos de 59,36 % de FDN.

Os resultados para os parâmetros de FDA e PB foram semelhantes aos apresentados por Velásquez *et al.* (2010), os quais observaram um declínio no valor nutricional do capim marandu com o avanço da idade, apresentando composição bromatológica com teores de PB (9,9%) e FDA (32,9%), valores próximos aos obtidos no presente trabalho.

## CONCLUSÃO

O uso de pó da rocha silicatada fonolito associado a bactérias diazotróficas não influenciou as características morfológicas de *U. brizantha* cv. Marandu, no entanto, promoveu uma melhoria das características bromatológicas desta forrageira.

## AGRADECIMENTOS

À Capes pela bolsa de Mestrado, à Fapemig pelo auxílio financeiro (Processo: APQ-01115-14).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A.C.; Fonseca, D.M.; Gomide, J.A.; Alvarez, V.V.H.; Martins, C.E. & Souza, D.P.H. (2000) – Produtividade e Valor Nutritivo do Capim Elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 29, n. 6, p. 1589-1595. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000600001>
- Baldani, V.L.D.; Baldani, J.I. & Döbereiner, J. (2000) – Inoculation of rice plants with the endophytic diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *Burkholderia* spp. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 30, n. 5-6, p. 485-491. <https://doi.org/10.1007/s003740050027>
- Basak, B.B. & Biswas, D.R. (2009) – Influence of potassium solubilizing microorganism (*Bacillus mucilaginosus*) and waste mica on potassium uptake dynamics by sudangrass (*Sorghum vulgare* Pers.) grown under two Alfisols. *Plant and Soil*, vol. 317, n. 1, p. 235-255. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-008-9805-z>
- Brandão, J.A.V.; Lopes-Assad, M.L.R.C. & Ceccato-Antonini, S.R. (2014) – Solubilization of diabase and phonolite dust by filamentous fungus. *Revista Ceres*, vol. 61, n. 5, p. 740-745. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461050018>

- Catuchi, T.A.; Costa, L.P.F.; FOLONI, J.S.S.; Tiritan, C.S.; Custódio, C.C. & Tshako, A.T. (2013) – Produção e qualidade de sementes de *Urochloa humidicola* em razão da adubação nitrogenada e potássica. *Colloquium Agrariae*, vol. 29, n. 2, p. 30-42.
- CFSEMG (1999) – *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G. & Alvarez, V.H. (Eds) – Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – Viçosa, MG, 359 p.
- Coutinho, E.L.M.; Silva, A.R.; Monteiro, F.A. & Rodrigues, L.R.A. (2004) – Adubação potássica em forrageiras. In: *Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 21, Piracicaba. Anais...* Piracicaba: FEALQ, p. 219-277.
- De Bona, F.D. & Monteiro, F.A. (2010) – Marandu palisadegrass growth under nitrogen and sulphur for replacing Signal grass in degraded tropical pasture. *Scientia Agrícola*, vol.67, n.5, p.570-578. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000500011>
- Dias, M.S. (2015) – *Diversidade e potencial de utilização de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> em Brachiaria brizantha*. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) Unifenas, Alfenas – MG. 68 p.
- DNPM (2014) – *Sumário Mineral*. Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasil. 141 p. <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/sumario-mineral>
- Döbereiner, J.; Baldani, J.I. & Baldani, V.L.D. (1995) – *Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas*. Embrapa – CNPAB. Itaguaí, Brasil, 60 p.
- Ferreira, D.F. (2011) – Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 35, n. 6, p. 1039-1042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Florentino, L.A.; Rezende, A.V.; Miranda, C.C.B.; Mesquita, A.C.; Mantovani, J.R. & Bianchini, H.C. (2017) – Solubilização de potássio da rocha fonolito por bactérias diazotróficas. *Revista Comunicata Scientiae*. Aceito para publicação.
- Gama-Rodrigues, A.C.; Rossiello, R.O.P.; Carvalho, C.A.B. & Adesi, B. (2002) – Produção e partição de matéria seca em *Brachiaria brizantha* em resposta à fertilização potássica e às datas de corte. *Agronomia*, vol. 36, n. 1/2, p. 23-28.
- Girgis, M.G.Z.; Khalil, H.M.A. & Sharaf, M.S. (2008) – *In Vitro* evaluation of rock phosphate and potassium solubilizing potential of some *Bacillus* strains. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 2, n. 1, p. 68-81.
- Leaungvutiviroj, C.; Ruangphisarn, P.; Hansanimitkul, P.; Shinkawa, H. & Sasaki, K. (2010) – Development of a new biofertilizer with a high capacity for N<sub>2</sub> fixation, phosphate and potassium solubilization and auxin production. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, vol. 74, n. 5, p. 1098-10101. <http://dx.doi.org/10.1271/bbb.90898>
- Macedo, M.C.M.; Zimer, A.H.; Kichel, A.N.; De Almeida, R.G. & De Araujo, A.R. (2014) – Degradação de pastagens, alternativa de recuperação e renovação e formas de mitigação. In: *Embrapa Gado de Corte – Artigo em anais de congresso* (CNPGC) p. 158-181.
- Malavolta, E. (2006) – *Função dos macros e micronutrientes*. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 638 p.
- Martins, E.S.; Oliveira, C.G.; Resende, A.V. & Matos, M.S.F. (2008) – Agrominerais – Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: Luz, A.B. & Lins, F.F. (Eds.) – *Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, p.205-223.
- Martins, V. (2013) – *Solubilização de fontes de potássio e seu efeito em atributos do solo e no crescimento e nutrição do capim-marandu*. Universidade Federal de Lavras, Tese (doutorado), 95 p.
- Martins, V.; Gonçalves, A.S.F.; Marchi, G.; Guilherme, L.R.G. & Martins, E.S. (2015) – Solubilização de potássio em misturas de verdete e calcário tratadas termoquimicamente. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 45, n. 1, p. 66-72.
- Mattos, W.T. & Monteiro, F.A. (1998) – Respostas de braquiária brizantha a doses de potássio. *Scientia Agrícola*, vol. 55, n. 3, p. 428-437. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161998000300011>
- Meena, V.S.; Maurya, B.R. & Verma, J.P. (2014) – Does a rhizospheric microorganism enhance K<sup>+</sup> availability in agricultural soils? *Microbiological Research*, vol. 169, n. 5-6, p. 337-347. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.09.003>
- Mertens, D.R. (1987) – Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, vol. 64, n. 5, p. 1548-1558. <http://dx.doi.org/10.2527/jas1987.6451548x>

- Monteiro, F.A.; Lima, S.A.A. & Werner, J.C. (1980) – Adubação potássica em leguminosa e capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. *Boletim Indústria Animal*, vol. 37, p. 127-148.
- Parmar, P. & Sindhu, S.S. (2013) – Potassium Solubilization by Rhizosphere Bacteria: Influence of Nutritional and Environmental Conditions. *Journal of Microbiology Research*, vol. 3, n. 1, p. 25-31. <http://dx.doi.org/10.5923/j.microbiology.20130301.04>
- Primavesi, A.C.; Primavesi, O.; Orrêa, L.A.; Silva, A.G. & Cantarella, H. (2006) – Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, vol. 30, n. 3, p. 562-568. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000300024>
- Rezende, A.V.D.; Lima, J.F.D.; Rabelo, C.H.S.; Rabelo, F.H.S.; Nogueira, D.A.; Carvalho, M.; Junior Faria, D.C.N.A. & Barbosa, L.D.Á. (2011) – Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. *Agrarian*, vol. 4, n. 14, p. 335-343.
- Rodrigues, R.C.; Alves, A.C.; Brennecke, K.; Plese, L.P.M. & Luz, P.H.C. (2006) – Densidade populacional de perfilhos, produção de massa seca e área foliar do capim-xaraés cultivado sob doses de nitrogênio e potássio. *Boletim de Indústria Animal*, vol. 63, n. 1, p. 27-33.
- Rodrigues, R.C.; Mourão, G.B.; Brennecke, K.; Luz, P.H.C. & Herling, V.R. (2008) – Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 37, n. 3, p. 394-400. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000300003>
- Rodrigues, R.C. (2009) – *Avaliação químico-bromatológica de alimentos produzidos em terras baixas para nutrição animal*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 31 p. (Documentos, 270).
- Silva, D.J. & Queiroz, A.C. (2002) – *Análises de Alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 235 p.
- Silva, M.D.C.; Santos, M.V.F.D.; Dubeux Jr, J.C.B.; Lira, M.D.A.; Santana, D.F.Y.; Farias, I. & Santos, V.F.D. (2004) – Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco. 1. Aspectos quantitativos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 33, n. 6, p. 2007-2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000800011>
- Teixeira, A.M.S.; Sampaio, J.A.; Garrido, F.M.S. & Medeiros, M.E. (2012) – Avaliação da rocha fonolito como fertilizante alternativo de potássio. *Holos*, vol. 5, n. 28, p. 21-33. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2012.1102>
- Teixeira, A.M.S.; Garrido, F.M.S.; Medeiros, M.E. & Sampaio, J.A. (2015) – Estudo do comportamento térmico da rocha fonolito. *Holos*, vol. 5, p. 52-64. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2015.1825>
- Velásquez, P.A.T.; Berchielli, T.T. & Reis, R.A. (2010) – Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 39, n. 6, p. 1206-1213. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000600007>
- Vogel, G.F.; Martinkoski, L.; Martins, P.J. & Bichel, A. (2013) – Desempenho agrônomico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, vol. 6, n. 3, p. 567-578.
- Wu, S.C.; Cao, Z.H.; Li, Z.G.; Cheung, K.C. & Wong, M.H. (2005) – Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, vol. 125, n. 1-2, p. 155-166. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.07.003>