

FITODISPONIBILIDADE DE METAIS E PRODUÇÃO DE *Brachiaria brizantha* FERTILIZADA COM DIFERENTES FONTES E DOSES DE ZINCO

Affonso Celso Gonçalves Junior¹, Herbert Nacke¹, Lucas Wachholz¹, Eduardo Eustáquio Mesquita¹, Diego Rodrigo Lambert¹ e Gustavo Lindner¹

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Centro de Ciências Agrárias, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, Rua Pernambuco, 1777, CEP 85960-000 - Marechal Cândido Rondon, PR.
E-mail: affonso133@hotmail.com

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de zinco (Zn) na produtividade de matéria seca e concentrações foliares de Zn, fósforo (P), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr) em dois cortes da forrageira Brachiaria brizantha e na concentração de Cd, Pb e Cr no solo após a realização do experimento. Realizou-se o experimento em ambiente protegido, utilizando um Latossolo Vermelho eutrófico (LVe) de textura média, organizado em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5x4 e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco fontes comerciais de Zn e quatro doses (0, 2, 4, 6 kg ha⁻¹). Os resultados não demonstraram diferenças significativas entre as fontes e doses em relação à disponibilização de Zn e P para as plantas, bem como para a produtividade. As análises realizadas apontaram que não houve acúmulo no tecido foliar de Cd, Cr e de Pb no primeiro corte, já no segundo corte foram encontradas concentrações de Pb, assim como também foi detectado acúmulo de Pb no solo após o experimento, porém não houveram diferenças significativas em ambos os casos.

PALAVRAS CHAVE: Forrageira, micronutrientes, produtividade, contaminação.

PHYTOAVAILABILITY OF METALS AND PRODUCTION OF *Brachiaria brizantha* FERTILIZED WITH DIFFERENT SOURCES AND DOSES OF ZINC

ABSTRACT: The objective of this work was evaluate the effect of different sources and doses of zinc (Zn) in the productivity of dry matter and foliar concentrations of Zn, phosphorus (P), cadmium (Cd), lead (Pb) and chromium (Cr) in two cuts of the forage Brachiaria brizantha and the concentration of Cd, Pb and Cr in the soil after the experiment. The experiment was conducted in a greenhouse, using a Rhodic Eutrudox with medium texture, organized in a completely randomized design, with factorial scheme 5x4 and three replications. The treatments were consisted of five commercial sources of Zn and four doses (0, 2, 4 and 6 kg ha⁻¹). The results did not show significant differences between the sources and the doses in relation to the availability of Zn and P for the plants, as well as for the productivity. The analysis show that didn't occurred an accumulation of Cd, Cr and Pb in the first cut of the leaf tissue, however, in the second cutting were found concentrations of Pb. It was also found accumulation of Pb in the soil after the experiment, however were not found significant differences in both cases.

KEY WORDS: Forage, micronutrients, productivity, contamination.

INTRODUÇÃO

A necessidade de carne e leite no mundo atual está aumentando de forma considerável, sendo que para atender esta demanda, é necessário que ocorra um aumento na produção. É

desejável que a produção de alimentos de origem animal seja feita de forma sustentável, protegendo o meio ambiente, sendo assim, são indicados os sistemas de produção a pasto (Paulino e Teixeira, 2009), nos quais os animais têm como principal fonte de nutrientes as pastagens.

Dentre as espécies forrageiras, as da família das braquiárias apresentam-se como as principais nos cultivos brasileiros (Fagundes et al., 2006). Sendo que a *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés é uma espécie forrageira que apresenta, boa produtividade, rápida rebrota, alta capacidade de suporte e bom valor nutritivo, o que resulta em boa produtividade animal (Valle et al., 2001).

Grande parte das pastagens nacionais apresenta-se em algum estágio de degradação, tornando grandes extensões de solo improdutivas, prejudicando significativamente a pecuária em nosso país (Fernandes, et al., 2008). Perante este fato, a recuperação das pastagens é a principal solução para este quadro, assim, melhorias na fertilidade do solo precisam ser realizadas com a finalidade de restaurar estes cultivos (Oliveira et al., 2003).

Com o objetivo de obter sistemas mais produtivos e sustentáveis, são necessárias técnicas de manejo de pastagens, visando garantir boa fertilidade ao solo utilizado no cultivo das gramíneas. Neste quesito convém destacar a fertilização, que deve ser feita no intuito de promover condições ideais às plantas forrageiras (Pimenta, et al., 2010; Costa et al., 2008).

Torna-se importante destacar o fato de que a fertilização não deve ser feita apenas para satisfazer a exigência de macronutrientes, mas deve também objetivar suprir as necessidades dos micronutrientes. A maioria das formulações comerciais não apresenta em sua composição os micronutrientes (Gonçalves Jr, et al., 2010), e de acordo com Silva et al. (2011) a maioria dos fertilizantes fornece apenas os macronutrientes considerados de maior importância (N, P, K e S). Também é preciso destacar o fato de que a deficiência de micronutrientes acarreta em redução de produtividade das culturas (Malavolta, 2006), sendo que existem ainda poucos estudos em relação à fertilização com os mesmos em pastagens.

O zinco (Zn) é considerado um micronutriente essencial às plantas, a sua falta, pode proporcionar sintomas de deficiência, afetando seu metabolismo e conseqüentemente a produtividade (Epstein e Bloom, 2006). Este elemento possui várias funções nas plantas, sendo necessário para a síntese de triptofano (Valio, 1979), para o metabolismo de nitrogênio e em conseqüência disso, na síntese de proteínas (Malavolta, 1980), também atua no controle da enzima RNase, e na multiplicação celular, aumentando o número e tamanho das células (Malavolta, 2006).

Atualmente vem sendo empregados na agricultura resíduos industriais ricos em Zn, proporcionando redução de custos, tanto na indústria como na propriedade agropecuária. Contudo existe a necessidade de realizar mais pesquisas visando à minimização de impactos ambientais com o uso destes materiais, pois os mesmos podem contaminar o meio ambiente (Andrade et al., 2008).

Os resíduos industriais podem apresentar elementos químicos inorgânicos como arsênio (As), mercúrio (Hg), e os metais pesados cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr) (Gázquez, 2009). Entre o grupo dos metais, existem elementos que possuem densidade superior a $5,0 \text{ g cm}^{-3}$ ou número atômico maior que 20, sendo denominados metais pesados. Estes podem ser divididos em: essenciais, benéficos e não essenciais ou tóxicos. Alguns micronutrientes são metais pesados como Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, porém essenciais as plantas, outros são considerados benéficos como Co, Ni e V e existem também os tóxicos como Hg, Cd, Pb e Cr, que são prejudiciais aos seres vivos (Gonçalves Jr et al., 2009).

De acordo com Kabata-Pendia e Pendias (2001) a maioria das espécies vegetais, se cultivadas em solos contaminados por metais pesados, podem adaptar-se a essa condição, absorvendo esses elementos e atuando como uma espécie de reservatório dos mesmos. Sendo assim, vegetais contaminados ao serem consumidos pelos seres vivos promovem a contaminação dos mesmos (Baker, 1981).

Esta problemática torna-se importante pelo fato de que existem trabalhos científicos que comprovam o acúmulo de metais pesados tóxicos em tecidos vegetais de plantas cultivadas em solos onde foram utilizados fertilizantes comerciais à base de resíduos industriais (Nacke, 2013; Nava, 2011).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a utilização de diferentes fontes e doses de Zn aplicados em *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, avaliando a produção da forrageira e teores de Zn e metais pesados Cd, Pb e Cr provenientes destas fontes disponibilizados para o solo cultivado e plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon, com coordenadas geográficas de $24^{\circ} 26'$ e $24^{\circ} 46'$ de latitude Sul, $53^{\circ} 57'$ e $54^{\circ} 22'$ de longitude Oeste e altitude de 420 m. Foram utilizados vasos com capacidade de 4 dm^3 de solo, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (LVe) (Embrapa, 2006) e coletado no município de

Palotina-PR, na profundidade de 0 a 20 cm, apresentando textura média (312 g kg⁻¹ de argila, 155 g kg⁻¹ de silte e 533 g kg⁻¹ de areia).

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química do solo antes da instalação do experimento. Como metodologia para análise foi utilizado o manual de análises químicas de solo do Instituto Agrônomo do Paraná (Pavan et al., 1992). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE.

Tabela 1: Análise química do solo utilizado no experimento

pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC	C	P	Cu	Zn	Fe	Mn	V%
(CaCl ₂)	cmolcdm ⁻³			g dm ⁻³			mg dm ⁻³			%			
5,55	0,56	4,94	1,40	2,77	6,90	9,67	10,25	8,73	6,20	6,70	78,00	88,00	71,35

H+Al (acidez potencial).

SB (soma de bases).

CTC (capacidade de troca catiônica).

C (carbono orgânico).

V% (saturação por bases)

Cu, Zn, Fe e Mn extraídos por Mehlich¹.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5x4, com os tratamentos compostos por cinco fontes de Zn (fontes A, B, C, D, E), quatro doses (0, 2, 4, 6 kg ha⁻¹) e três repetições, totalizando 60 parcelas experimentais.

As cinco fontes de Zn utilizadas neste experimento apresentavam-se na forma de grânulos provenientes de cinco diferentes empresas, produzidas a partir de duas matérias primas, sendo elas o óxido de Zn (ZnO) e as chamadas fritas (FTE), que são micronutrientes fundidos com silicatos a altas temperaturas, assim, as fontes foram classificadas da seguinte maneira:

- ✓ Fonte A - granulado de FTE com 150 mg kg⁻¹ de Zn da empresa 1;
- ✓ Fonte B- granulado de FTE com 100 mg kg⁻¹ de Zn da empresa 2;
- ✓ Fonte C- granulado de FTE com 150 mg kg⁻¹ de Zn da empresa 3;
- ✓ Fonte D- granulado de FTE com 150 mg kg⁻¹ de Zn de empresa 4;
- ✓ Fonte E- granulado de ZnO com 150 mg kg⁻¹ de Zn da empresa 5.

Antes da instalação do experimento foram realizadas ainda análises químicas para a quantificação dos metais pesados Cd, Pb e Cr no solo de cultivo e nos fertilizantes (Tabela 2), sendo utilizada a digestão nitroperclórica (AOAC, 2005) e determinações por técnicas de

espectrometria de absorção atômica modalidade chama (EAA-chama) (Welz e Sperling, 1999).

Tabela 2: Concentrações dos metais pesados Cd, Pb e Cr no solo e nos fertilizantes utilizados no experimento

Amostra	Cd	Pb	Cr
mg kg ⁻¹		
Solo	<LQ	24,63	<LQ
Fonte A	211,77	11039,46	1347,45
Fonte B	237,19	2011,39	33,21
Fonte C	115,08	1380,96	27,62
Fonte D	203,82	9872,82	1304,42
Fonte E	178,89	2746,82	309,87
Superfosfato Simples	5,33	23,00	15,67
Uréia	5,00	18,00	47,33

N.D. (não detectado pelo método de EAA- chama).

Visando adequar a fertilidade do solo aos teores propostos por Raij et al. (1997), que é de 60 kg ha⁻¹ de P, foi realizada antes do plantio uma fertilização com 0,87 g de superfosfato simples por vaso (388,89 kg ha⁻¹).

A semeadura foi realizada no dia 3 de Novembro de 2011, utilizando-se 15 sementes por vaso, sendo que cinco dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste deixando-se um total de quatro plantas por vaso. Os vasos foram irrigados diariamente de modo a manter a capacidade de campo.

Aos 30 DAE realizou-se um corte nas plantas a 5 cm de altura para sua homogeneização e a aplicação dos tratamentos com as diferentes fontes e doses de Zn. A partir desta data, foi realizada ainda a aplicação de N na forma de uréia (Raij, 1997), de modo que as aplicações deste fertilizante foi parceladas em 8 aplicações semanais, sendo aplicado um total de 0,2 g por vaso (88,8 kg ha⁻¹).

Aos 70 DAE realizou-se o primeiro corte nas plantas para avaliação da produção de matéria seca e quantificação dos elementos P, Zn, Cd, Pb e Cr. Aos 100 DAE foi realizado o segundo corte com o mesmo propósito. Nos dois cortes, após a coleta do material vegetal foi realizada a sua lavagem em água destilada e desidratação em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C até a obtenção de peso constante.

A produção de matéria seca foi obtida com a pesagem do material vegetal após sua desidratação, sendo os valores extrapolados para a produtividade em kg ha⁻¹.

Após a coleta de tecido foliar do segundo corte foram coletadas amostras do solo dos vasos para a avaliação das concentrações dos elementos P, Zn, Cd, Pb e Cr. Após coletadas as

amostras foi realizada a desidratação em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 45 °C por 48 h.

Para a quantificação da concentração dos elementos Zn, Cd, Pb e Cr no material vegetal e no solo utilizou-se a mesma metodologia usada para os fertilizantes e solo descrita anteriormente, já para o P a determinação foi por espectrometria de ultravioleta visível (UV-VIS) (AOAC, 2005).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2003) utilizando-se o teste Tukey para comparação entre as médias e regressão polinomial para avaliação do efeito das doses em caso de significância pelo teste F a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando os teores de Cd e Pb obtidos na análise dos fertilizantes (Tabela 2) com os valores de referência estipulados pela instrução normativa nº 27 de 2006 (Brasil, 2006) pode-se observar que a fonte A apresenta teores de Pb superiores ($11039,46 \text{ mg kg}^{-1}$) aos permitidos ($10000,00 \text{ mg kg}^{-1}$).

Nas análises químicas realizadas no solo cultivado não foram encontrados teores dos metais pesados Cd e Cr, isto pode ser explicado pelo fato de o solo do experimento apresentar baixos teores iniciais dos mesmos, além de que a concentração destes nas fontes de Zn pode não ter sido suficiente para provocar contaminação no solo, no entanto estes resultados não garantem que foi inexistente o seu acúmulo, podendo a concentração dos mesmos estar abaixo do limite de detecção do método utilizado (EAA-chama).

Não foram encontradas concentrações de Cd e Cr no tecido foliar, mas deve-se atentar ao fato de que as mesmas podem estar abaixo do limite de detecção do método utilizado. Porém foram encontradas concentrações de Pb no segundo corte (Tabela 3), para as quais não houve diferença significativa ($P > 0,05$).

Em relação às concentrações de Pb no tecido foliar (Tabela 3), observa-se que no primeiro corte, não foram detectadas concentrações do metal no tecido foliar, porém, no segundo corte foi encontrada uma concentração de $1,23 \text{ mg kg}^{-1}$, valor esse acima dos encontrados por Pereira et al. (2010), o qual encontrou concentrações em torno de $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$, porém se comparados os dados do presente estudo com os obtidos por Nava et al. (2011) o qual em experimento semelhante, a campo e com a cultura da soja, obteve um valor médio de

25,75 mg kg⁻¹ no tecido foliar, valores estes que podem ser considerados bastante altos se comparados aos obtidos no presente trabalho.

Tabela 3: Resumo da análise de variância e teste de médias para Zn e Pb no solo fertilizado com diferentes fontes e doses de Zn

Fonte	Pb foliar 2	Zn Solo	Pb Solo
	-----mg kg ⁻¹ -----		
A	2,68	36,08	29,67
B	0,19	31,42	25,84
C	1,28	32,00	28,50
D	1,66	35,33	32,08
E	0,37	36,58	30,17
Média	1,23	34,28	29,25
D.M.S. (5%)	3,56	12,04	8,77
F _{Fonte}	1,323 ^{NS}	0,649 ^{NS}	1,130 ^{NS}
Dose (kg ha ⁻¹)			
0,0	0,46	36,20	27,40
2,0	1,83	31,13	25,84
4,0	0,35	34,67	28,50
6,0	2,31	35,13	30,60
Média	1,24	34,28	28,08
D.M.S.	2,986	10,11	7,35
F _{dose}	1,546 ^{NS}	0,678 ^{NS}	0,546 ^{NS}
F _{fonte x Dose}	0,932 ^{NS}	0,973 ^{NS}	0,816 ^{NS}
C.V. (%)	246,54	30,12	25,70

Pb foliar 2 (concentração de Pb do tecido foliar no 2º corte).

Zn solo (Concentração de Zn no solo).

Pb solo (Concentração de Pb do solo).

N.S. (Não significativo pelo teste F de Fischer a 5% de probabilidade).

C.V. (coeficiente de variação).

Observa-se na Tabela 3 que para as concentrações no solo de Pb não ocorreram diferenças significativas ($P > 0,05$) para as fontes e doses de Zn utilizadas, bem como na interação entre estes dois fatores. Estes resultados diferem dos obtidos por Nacke et al. (2013) que trabalhou com milho em experimento com fertilização usando fontes, o qual obteve efeitos significativos para as variáveis fonte e dosagem dos fertilizantes a base de Zn.

Os teores de Pb encontrados no solo após o cultivo (29,25 mg kg⁻¹) encontram-se acima da média dos solos agricultáveis dos Estados Unidos (10,6 mg kg⁻¹), Polônia (20,9 mg kg⁻¹) e são parecidos com os teores mundiais (25 mg kg⁻¹) (Kabata Pendias e Pendias 2001).

Comparando os teores de Pb obtidos no solo (Tabela 3) após o experimento com os valores estabelecidos pela resolução n° 420 do CONAMA (Brasil, 2009), observa-se que estes encontram-se abaixo do limite estipulado para a categoria de VP (72 mg kg⁻¹), segundo a resolução supracitada é a concentração de valor limite para que o solo seja capaz de sustentar as suas funções principais.

É importante destacar que os valores estabelecidos pelo CONAMA são obtidos com base nos métodos 3050 e 3051 da Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos (USEPA), sendo que estes métodos utilizam a digestão total das amostras com ácidos fortes, o qual foi utilizado neste trabalho, fazendo com que pudessem ser realizadas comparações entre os resultados (Rauret, 1998).

Deve-se salientar que a Resolução 420 do CONAMA apresenta vários equívocos e distorções. Sendo que são levantados questionamentos sobre os valores máximos de metais estabelecidos e a sua ocorrência nos solos, pois no artigo 15, que é associado ao artigo 9, estabelece os limites de introdução dos metais, o que dessa forma possibilita, o uso de fertilizantes e corretivos que apresentam contaminação com estes elementos na agropecuária, levando uma contaminação com metais pesados até que ocorra o valor limitante para a degradação ambiental.

Para o estado do Paraná não existem valores de referência de qualidade (VRQ), sendo então utilizado como referência dados da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB pertencente ao Estado de São Paulo (CETESB, 2005), que estipula o valor de 17 mg kg^{-1} de Pb como nível máximo, levando em conta este valor pode-se inferir que o solo utilizado no experimento possui teor de Pb acima da considerada natural do solo. A análise do solo realizada anteriormente ao experimento revela no mesmo uma concentração de 24 mg kg^{-1} , indicando assim que o solo utilizado possui contaminação com o metal anterior a realização do experimento, provavelmente causada por fertilizações deste solo anteriores a coleta do mesmo e realização do experimento.

Deve-se salientar ainda que o fato de não ocorrerem diferenças significativas para as concentrações de Pb no solo não quer dizer que não esta havendo contaminação do solo, pois estes dados foram obtidos com apenas uma aplicação do fertilizante, sendo que em aplicações sucessivas poderá ocorrer a contaminação no solo.

Os resultados da análise de variância para as variáveis, matéria seca, P e Zn no tecido foliar no primeiro e no segundo corte (Tabela 4), não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$), seja em função dos tratamentos ou na interação entre os mesmos.

A não ocorrência de diferença na produção corrobora com os resultados obtidos por Silva et al. (2011), e Fernandes et al. (2008) que trabalharam com fertilização de Zn em *Brachiaria decumbens*, e igualmente não obtiveram diferença significativa para esta variável.

Tabela 4: Resumo da análise de variância e teste de médias para produtividade de matéria seca e teores de Zn e P foliar em plantas de Braquiária fertilizadas com diferentes fontes e doses de Zn

Fonte	MS		Zn e P foliar			
	MS 1	MS 2	Zn foliar 1	Zn foliar 2	P foliar 1	P foliar 2
	kg ha ⁻¹		mg kg ⁻¹			
A	5321,12	2518,58	11,45	18,64	1,43	1,25
B	5167,20	2545,12	11,03	14,73	1,37	1,33
C	5472,40	2595,54	11,20	14,11	1,52	1,33
D	5724,52	2539,80	10,96	15,47	1,50	1,33
E	5331,74	2231,95	12,70	14,18	1,79	1,58
Média	5403,40	2486,20	11,47	15,42	1,52	1,36
D.M.S. (5%)	937,52	529,02	2,57	4,56	0,56	0,64
F _{Fonte}	0,815 ^{NS}	1,225 ^{NS}	1,266 ^{NS}	2,759 ^{NS}	1,364 ^{NS}	0,63 ^{NS}
Dose (kg ha ⁻¹)						
0,0	5532,91	2,496,81	11,13	15,13	1,42	1,20
2,0	5819,53	2479,83	11,43	15,57	1,64	1,53
4,0	5074,31	2348,20	11,67	15,43	1,37	1,20
6,0	5186,84	2619,96	11,62	16,60	1,66	1,53
Média	5403,40	2486,19	11,46	15,68	1,52	1,36
D.M.S.	786,99	444,08	2,154	3,82	0,47	0,54
F _{dose}	2,671 ^{NS}	0,901 ^{NS}	0,186 ^{NS}	0,805 ^{NS}	1,41 ^{NS}	1,85 ^{NS}
F _{fonte x Dose}	1,244 ^{NS}	1,621 ^{NS}	0,778 ^{NS}	1,483 ^{NS}	0,72 ^{NS}	0,41 ^{NS}
C.V. (%)	14,88	18,24	19,19	25,34	31,47	40,08

MS 1= Produção de matéria seca no 1º corte.

MS 2 = Produção de matéria seca do 2º corte.

Zn foliar 1 = Zn no tecido foliar do 1º corte.

Zn foliar 2 = Zn no tecido foliar no 2º corte.

P foliar 1 = P no tecido foliar no 1º corte.

P foliar = (P no tecido foliar do 2º corte).

N.S. = Não significativo pelo teste F de Fisher a 5% de probabilidade.

C.V. = coeficiente de variação.

O fato da não ocorrência de efeito da aplicação de Zn sobre a produção da gramínea em estudo deve-se a baixa exigência nutricional e a concentração suficiente deste micronutriente no solo utilizado no experimento, a qual é de 6,70 mg dm⁻³, pois segundo Raij (1997) a mesma é considerada alta (> 1,20 mg dm⁻³).

A produção de matéria seca no primeiro corte (Tabela 4) foi de 5,40 t ha⁻¹, a mesma pode ser considerada satisfatória sendo semelhante às encontradas por Sobrinho et al. (2009) em estudo a campo, onde obteve-se média de 5,85 t ha⁻¹ de produção e Cruz et al. (2010) que obteve 5340 kg ha⁻¹. Já a produção de matéria seca no segundo corte que foi de 2486,20 kg ha⁻¹ e se comparada a estes estudos pode ser considerada baixa.

Não foi observado efeito significativo (P>0,05) da aplicação de Zn em relação ao aumento da dosagem do mesmo (Tabela 4) o que pode ser explicado pelo fato do elemento não ter apresentado variação no solo (Tabela 3). A concentração média de Zn no tecido foliar foi 11,46 mg kg⁻¹, valor inferior ao encontrado por Teixeira et al., (2012) em solo com matéria orgânica alta, que foi de 24,5 mg kg⁻¹.

O valor apresentado no parágrafo anterior é considerado baixo se comparado com o recomendado pelo NRC (1996), o qual preconiza que bovinos de corte ingiram cerca de 40 mg kg⁻¹, indicando assim que uma pastagem com estes teores do mineral não será capaz de atender as exigências de Zn, acarretando na necessidade de se fazer uma suplementação deste elemento aos animais. No entanto se este valor for comparado aos valores recomendados por Macdowel (1974) que são de 10 a 50 mg kg⁻¹, o mesmo pode ser considerado como suficiente, mesmo estando próximo do valor mínimo estipulado.

Os teores médios de P ficaram estabelecido em torno de 1,36 g kg⁻¹ e 1,52 g kg⁻¹ no primeiro e segundo corte respectivamente, valor este que pode ser considerado baixo se comparado aos obtidos por Silva et al. (2011) o qual obteve valores entre 2,5 e 3,9 g kg⁻¹.

CONCLUSÕES

O uso do micronutriente Zn na fertilização da *Brachiaria brizantha* não teve efeito sobre a produção de matéria seca e nos teores de Zn e P no tecido foliar em todas as doses e fontes utilizados no experimento.

Não foram detectadas concentrações no tecido vegetal de Cd e Cr em nenhum dos cortes e de Pb no primeiro corte. Porém no segundo corte foram detectadas concentrações deste metal no tecido.

A aplicação dos fertilizantes utilizados no experimento não alterou concentração dos elementos Cd, Pb e Cr no solo.

Perante os resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que nas presentes condições de solo e fertilidade deste experimento não é necessária a fertilização com o micronutriente Zn. Porém em relação a contaminação do solo com metais pesados tóxicos deve-se tomar cuidado com fertilizações sucessivas as quais podem aumentar as concentrações destes elementos nocivos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.F.M.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; MAGALHÃES, M.O.L.; NASCIMENTO, V.S.; MAZUR, N. Zinco, chumbo e cádmio em plantas de arroz (*Oriza sativa* L.) cultivadas em solo após adição de resíduo siderúrgico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.229-233, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 18 ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. 3000p.

BAKER A.J.M. Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals. **Journal of Plant Nutrition**, London, v.3, n.5, p.643-654, 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa 27**. Brasília, DF, 2006, 3p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução 420**. Brasília, DF, 2009, 16p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Decisão de diretoria 195-2005-E**. São Paulo, 2005.

COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; SILVA, J.J.; FACTORI, M.A. Evolução das pastagens cultivadas e do efeito bovino no Brasil. **Revista Veterinária e Zootecnia**, Fortaleza, v.15, n.1, p.8-17, 2008.

CRUZ, R.S.; SANTOS, A.C.; SILVA, J.E.C.; ALEXANDRINO, E.; SILVA, W.S.; RIBEIRO, R.E.P. Crescimento do capim Xaraés estabelecido em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocantinense. **Revista Acadêmica Agrária e Ambiental**. Curitiba, v. 8, n. , p. 61-69, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas**. Traduzido por Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2006. 86p.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CASAGRANDE, D.R.; COSTA, L.T. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.21-29, 2006

FERREIRA. D.F. 2003. SISVAR: **Sistemas de análises estatísticas**. UFLA, Lavras, MG, Brasil.

FERNANDES, F.M.; PRADO, R.M.; ISEPON, O.J.; KAWATOKO, M. Efeito residual de calcário, nitrogênio e zinco na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* em condições de campo. **Zootecnia Tropical**, Maracay, v.26, n.2, p. 25-131, 2008.

GÁZQUEZ, M. J.; BOLIVAR, J. P.; GARCIA-TENORIO, R; VACA, F. Physicochemical characterization of raw materials and co-products from the titanium dioxide industry. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v.166, p.1429-1440, 2009.

GONÇALVES JUNIOR, A.C.; NACKE, H.; MARENGONI, N.G.; CARVALHO, E.A.; COELHO, G.F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.3, p.660-666, 2010.

GONÇALVES JUNIOR., A.C.; SELZLEIN, C.; NACKE, H. Uso de biomassa seca de aguapé (*Eichornia crassipes*) visando à remoção de metais pesados de soluções contaminadas. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.31, n.1, p.103-108, 2009.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2001.

MCDOWELL, L.R. **Mineral deficiencies and toxicities and their effect on beef production in developing countries**. In: SMITH, A.J. (Ed). **Beef cattle production in developing countries**. Edinburg: Centre for Tropical Veterinary Medicine of the University of Edinburg, 1976. p.216-241.

MALAVOLTA, E. **Elementos benéficos e tóxicos**. In: MALAVOLTA, Eurípedes (Org.). **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. p.418-511.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 151p., 1980.

NACKE, H.; GONÇALVES Jr, A.C.; SCHWANTES, D.; NAVA, I.A.; COELHO, G.F. Availability of heavy metals (Cd, Pb and Cr) in agriculture from commercial fertilizers. **Archives of Environmental Contaminatio and Toxicology**, New York, v.64, p.371-379, 2013.

NAVA, I.A.; GONÇALVES Jr, A.C.; NACKE, H.; GUERINI, V.; SCHWANTES, D. Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NPK+Zn. **Ciência e Agrotecnologia**. v.35, n.5, p. 884-892, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington , DC : National Academy of Sciences, 1996. 234p.

OLIVEIRA, P.P.A.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA,W.S.; CORSI, M. Calagem e adubação na recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* em neossolo quartzarênico. **Scientia agrícola**. Piracicaba, vol. 60, n.1, p. 125-131, 2003.

PAULINO, V.T.; TEIXEIRA, E.M.L. **Sustentabilidade de pastagens: manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 2009. 16p.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (Circular técnica 76).

PEREIRA, A.A.; BORGES, J.D.; LEANDRO, W.M. Metais pesados e micronutrientes no solo e em folhas de *Brachiaria decumbens* às margens de rodovias. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.3, p.347-357, 2010.

PIMENTA, L.M.M.; ZONTA, E.; BRASIL, F.C.; ANJOS, L.H.C., PEREIRA, M.G.; STAFANATO, J.B. Fertilidade do solo em pastagens cultivadas sob diferentes manejos, no

noroeste do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v.14, n. 1, p.141-150, 2010.

RAIJ, B. CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. d. ver. Atual. Campinas: Instituto Agrônomo Fundação IAC, 1997,285 p.

RAURET, G. **Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment**. Talanta, Londres, v.46, p.449-455, 1998.

SILVA, A.A.; COSTA, A.M.; LANA, R.M.Q.; LANA, A.M.Q. Absorção de micronutrientes em pastagem de *Brachiaria decumbens*, após aplicação de cama de peru e fontes minerais na fertilização. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p. 41-48, 2011.

SILVA, A. A.; COSTA, A.M.; LANA, R.M.Q.; LANA, A.M.Q. Teores de micronutrientes em pastagem de *Brachiaria decumbens* fertilizada com cama de frango e fontes minerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.32-40, 2011.

SOBRINHO, F.S.; CARNEIRO H.; LÊDO, F.J.S.; SOUZA, F.F. Produtividade e qualidade da forragem de *Brachiaria* na Região Norte Fluminense. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**. Guarapuava, v.2, n.3, p.07-12, 2009.

TEIXEIRA, G.C.; BELTRÃO, D.S.; MARTTINS, M.L.; LEANDRO, W.M.; ROSA, B. Nutrição e produção de *Brachiaria brizantha* em função do residual de dejetos de suínos. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v.3, n.2, p.36-48, 2012.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 17, 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.133-176.

VÁLIO I.F.M. Auxinas. In: Ferri MG (ed), **Fisiologia Vegetal**, p.39-72. EPU, São Paulo. 1979. 400p.

WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**. 2 ed. Weinheim: Wiley-VCH, 1999. 941p.

Recebido para publicação em: 10/09/2013

Aceito para publicação em: 09/10/2013