

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS - UNESP
CÂMPUS DE DRACENA

**ADUBAÇÃO FOLIAR DE ZINCO QUELATIZADO E SEUS
EFEITOS NA PRODUÇÃO DE CAPIM-MOMBAÇA**

Natália Martins Teixeira

Médica Veterinária

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS - UNESP
CÂMPUS DE DRACENA

**ADUBAÇÃO FOLIAR DE ZINCO QUELATIZADO E SEUS
EFEITOS NA PRODUÇÃO DE CAPIM-MOMBAÇA**

Natália Martins Teixeira

Orientador: Prof. Dr. Reges Heinrichs

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Carolina dos Santos Batista Bonini

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

T266a

Teixeira, Natália Martins.

Adubação foliar de zinco quelatizado e seus efeitos na
produção de capim-mombaça / Natália Martins Teixeira. --
Dracena: [s.n.], 2016.
59 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena.
Área do conhecimento: Produção Animal, 2016.

Orientador: Reges Heinrichs
Inclui bibliografia.

1. Pastagem. 2. Micronutrientes. 3. Quelato. 4. Gramínea.
5. Plantas forrageiras. 6. Adubação. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Adubação foliar de zinco quelatizado e seus efeitos na produção de capim-mombaça

AUTOR: NATÁLIA MARTINS TEIXEIRA

ORIENTADOR: REGES HEINRICH

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: PRODUÇÃO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. REGES HEINRICH

Curso de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena



Prof. Dr. CECÍLIO VIEGA SOARES FILHO

Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal / FMVA



Prof. Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS

Departamento de Descentralização do Desenvolvimento - Apta - Polo Regional Extremo Oeste

Ilha Solteira: 26 de abril de 2016.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Natália Martins Teixeira, nascida em 20 de dezembro de 1990 no município de Dracena, São Paulo. Graduada em Medicina Veterinária pela Faculdade de Ciências Agrárias de Andradina - FCAA, em dezembro de 2013. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal em agosto de 2014, na área de produção de ruminantes, sendo bolsista pela FUNEP – Fundação de apoio a pesquisa, ensino e extensão. Membro do GENAP – Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas, certificado junto ao CNPq.

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”.

(Leonardo da Vinci)

Ao amado Fábio, à minha mãe Marley e meus irmãos Leonardo e João Pedro, pelo absoluto e incondicional apoio, principalmente nos períodos ausentes, DEDICO.

Ao meu saudoso pai Roberto, pelo amor, OFEREÇO.

A Deus, por me iluminar e me dar força e saúde, MINHA GRATIDÃO.

AGRADECIMENTOS

A meus pais, **Marley** e **Roberto** (*in memorian*), meu grande agradecimento. Sempre acreditaram em minha capacidade e isso só me fortaleceu e me fez tentar, não ser "a melhor", mas a fazer o melhor de mim. Mãe, você que me gerou e me alfabetizou, ensinando-me a ler, viu como aprendi direitinho? À vocês que, muitas vezes, renunciaram aos seus sonhos para que eu pudesse realizar o meu. E que me ensinaram a ousar, questionar e acima de tudo ser curiosa.

A meu querido **Fábio**, por ser tão importante na minha vida. Sempre ao meu lado, me colocando para cima e me fazendo acreditar que posso mais que imagino. Devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado. Obrigada por ter feito do meu sonho o nosso sonho!

A meus irmãos, **Leonardo** e **João Pedro**, pois, a seu modo, sempre se orgulharam de mim e confiaram em meu trabalho. Obrigada pela confiança!

A meus tios, tias, primos e primas que vibraram comigo, desde a aprovação no processo seletivo. Obrigada pela força!

Ao prof. Dr. **Reges Heinrichs** e a Profa. Dra. **Carolina dos Santos Batista Bonini**, que acreditaram em meu potencial de uma forma a que eu não imaginava ser capaz de corresponder. Sempre disponíveis e dispostos a ajudar, querendo que eu aproveitasse cada segundo dentro do mestrado para absorver algum tipo de conhecimento. Vocês não foram somente orientador e coorientadora, mas, em alguns momentos, conselheiros, confidentes e amigos. Vocês foram e são referências profissionais e pessoais para meu crescimento. Obrigada por estarem a meu lado!

Aos professores/pesquisadores **Cristiana Andrighetto**, **Gelci Carlos Lupatini**, **Cecílio Viega Soares Filho** e **Gustavo Pavan Mateus**, que aceitaram compor a banca de qualificação e defesa, pelas sugestões e análises às quais foram importantes para conclusão dessa dissertação.

Aos alunos e amigos do mestrado em ciência e tecnologia animal e GENAP (Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas), pelos momentos divididos juntos, pela paciência e companheirismo. Obrigada por dividirem comigo as

angústias e alegrias e ouvirem minhas bobagens, com vocês meu trabalho se tornou mais leve.

Agradeço também à **FUNEP** pelo apoio financeiro e por acreditar no potencial desse estudo.

Agradeço à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp/Dracena por abrirem as portas para que eu pudesse realizar esse sonho, proporcionaram-me mais que uma busca de conhecimento técnico e científico, mas uma lição de vida.

E por fim, mas não por último, agradeço tudo à Deus.

Sem vocês, que participaram ativa ou passivamente, não teria sentido, pois, ninguém vence sozinho!

ADUBAÇÃO FOLIAR DE ZINCO QUELATIZADO E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO DE CAPIM-MOMBAÇA

RESUMO - Com a intensificação da produção pecuária são necessários avanços no manejo e adubação das plantas forrageiras, para aumentar a produtividade e manter-se competitivo no setor. A utilização de tecnologias, como a adubação foliar com micronutrientes, torna-se uma importante ferramenta para atingir a plenitude na produção agropecuária. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UNESP, *Campus* de Dracena, em vasos com capacidade para 4 dm³ de terra, com o objetivo de avaliar a produção de massa seca, teor e quantidade de nutrientes e qualidade bromatológica da forrageira *Megathyrsus maximum* (syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça adubado com zinco quelatizado, via foliar, em dois solos com distinta disponibilidade de Zn. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 6X2, sendo seis doses foliares de zinco quelatizado, e duas condições de solo (com baixo e médio teor de Zn), acrescidos de um tratamento com sulfato de zinco e dois tratamentos com coquetel de nutrientes. Foram utilizados o Neossolo Quartzarênico, distrófico, fase cerrado, com baixo teor de zinco e o Argissolo Vermelho Amarelo, distrófico, com teores médios de zinco. Nas condições em que foi realizada a pesquisa, os resultados permitem concluir que: a aplicação foliar de Zn quelatizado, coquetel de nutrientes e sulfato de zinco não influenciaram a produção de massa seca do capim-mombaça; o teor de Zn na massa seca do capim-mombaça foi diretamente proporcional à dose de Zn quelatizado via foliar, contribuindo com o fornecimento do micronutriente para alimentação animal; o Zn na adubação foliar reduz os teores de K na massa seca do capim-mombaça cultivado em Argissolo; o teor de Zn no Argissolo aumentou com a aplicação de Zn quelatizado via foliar; o teor de FDN, FDA e PB no capim-mombaça não foi afetado em função da aplicação de Zn quelatizado via foliar; a massa do sistema radicular do capim-mombaça reduziu com a aplicação de Zn quelatizado via foliar no Neossolo Quartzarênico e não apresentou efeito no Argissolo; novos trabalhos de pesquisa devem ser realizados envolvendo o estudo de Zn e adubação foliar para avaliar seus efeitos em plantas forrageiras e suas interações com demais nutrientes.

Palavras-chave: pastagem, micronutrientes, quelato, *Megathyrsus maximum*

CHELATED ZINC LEAF APPLICATION AND THE EFFECTS ON YIELD OF MOMBAÇA GRASS

ABSTRACT - With the intensification of livestock production are needed advances in the management and fertilization of forage crops, to enhance productivity, reducing costs and remaining competitive in the industry. The use of technologies such as foliar fertilizer with micronutrients, it becomes an important tool to achieve fulfillment in agricultural production. The experiment was conducted at UNESP greenhouse, Campus de Dracena, situated 421 meters above sea level, 21 ° 27 'south latitude and 51 ° 36' west longitude, in pots with a capacity of 4 dm³ of land, in order to evaluate the dry matter production, content and amount of nutrients and chemical quality of the forage *Megathyrsus maximum* (syn. *Panicum maximum*) cv. Mombasa fertilized with chelated zinc, foliar, in two soils with different availability of Zn. The experimental design was completely randomized with four replications. The treatments were arranged in a factorial scheme 6X2, six leaf doses of zinc chelate, and two soil conditions (low and medium Zn content), plus a treatment with zinc sulfate and two treatments with cocktail nutrients. The Entisol were used, dystrophic, cerrado phase, with low zinc content and Ultisol, dystrophic, with average zinc content. The conditions under which the survey was conducted, the results showed that: foliar application of chelated Zn cocktail of nutrients and zinc sulfate did not affect the dry matter production of mombaça grass; Zn content in the dry mass of mombaça grass was directly proportional to the dose of chelated Zn foliar contributing to the provision of micronutrient for animal feed; Zn in foliar fertilization reduces the K in the dry mass of mombaça grass grown Ultisol; Zn content in Ultisol increased with the application of chelated Zn foliar; NDF, ADF and CP in mombaça was not affected due to the application of Zn chelated foliar; the mass of the root system of mombaça grass reduced with the application of chelated Zn foliar in Entisol and had no effect on Ultisol; new research work should be carried out involving the study of Zn and foliar application to evaluate its effects on forage plants and their interactions with other nutrients.

Keywords: pasture, micronutrients, chelate, *Megathyrsus maximum*

LISTA DE TABELAS

		Páginas
1	Atributos químicos e físicos dos solos Neossolo Quartzarênico distrófico, fase cerrado e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico na ocasião da coleta.....	27
2	Fontes e doses foliares de zinco aplicados em capim-mombaça cultivado em Neossolo Quartzarênico e Argissolo Vermelho Amarelo em condições de casa de vegetação.....	29
3	Fontes e doses de nutrientes usadas no experimento em vasos com capim-mombaça.....	29
4	Perfilhamento por vaso do capim-mombaça em três cortes cultivados em dois solos.....	32
5	Massa seca e massa verde da parte aérea do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo.....	33
6	Composição morfológica (lâmina foliar/colmo+bainhas) em 3 cortes do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo adubados com diferentes doses de Zn.....	34
7	Teores de macro e micronutrientes na parte aérea do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo no 1º e 3º corte.....	37
8	Conteúdo de nutrientes absorvidos na parte aérea do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo no 1º e 3º corte.....	44
9	Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) no capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo.....	47
10	Análise química dos solos após cultivo de capim-mombaça adubado com doses de Zn.....	51

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
1 Produção de massa seca de raiz (g vaso ⁻¹) do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) com tratamento de Zn quelatizado ao final do 3º corte.....	36
2 Teores de Potássio na parte aérea do capim-mombaça cultivados no Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) no 3º corte.....	38
3 Teores de magnésio na parte aérea do capim-mombaça no 1º corte.....	40
4 Teores de Boro na parte aérea do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) no 1º corte.....	40
5 Teores de Zinco na parte aérea do capim-mombaça no 1º corte.....	41
6 Teores de Zinco na parte aérea do capim-mombaça cultivados no Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) no 3º corte.....	42
7 Conteúdo de potássio absorvido na parte aérea do capim-mombaça no 3º corte.....	45
8 Conteúdo de zinco absorvido na parte aérea do capim-mombaça no 1º corte.....	46
9 Conteúdo de zinco absorvido na parte aérea do capim-mombaça no 3º corte.....	46
10 Teores de Zn no Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) após cultivo de capim-mombaça com adubação foliar de Zn.....	49

SUMÁRIO

	Páginas
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Considerações Gerais.....	16
2.2 Dinâmica do zinco no solo	17
2.3 Zinco na planta.....	19
2.4 Quelatos.....	21
2.5 Absorção de Zn pela planta.....	23
2.6 <i>Megathyrus maximum</i> (syn. <i>Panicum maximum</i>) cv. Mombaça.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Local e clima.....	26
3.2 Espécie vegetal.....	26
3.3 Solo.....	26
3.4 Análise do solo e calagem.....	28
3.5 Delineamento experimental e tratamentos.....	28
3.6 Instalação e condução dos experimentos.....	29
3.7 Parâmetros Avaliados.....	30
3.8 Análise estatística.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Perfilhamento, Massa Seca e Massa Verde da parte aérea.....	32
4.2 Massa seca de raiz.....	35
4.3 Teores de nutrientes na parte aérea do capim-mombaça no 1º e 3º corte.....	36
4.4 Conteúdo de nutrientes absorvidos na parte aérea do capim-mombaça no 1º e 3º corte.....	43
4.5 Fibra Insolúvel em Detergente Neutro (FDN), Fibra Insolúvel em Detergente Ácido (FDA) e Proteína Bruta (PB).....	47
4.6 Análise química do solo após cultivo de capim-mombaça com adubação foliar de Zn.....	48
5 CONCLUSÕES.....	52
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

O rebanho bovino comercial do Brasil é de 211,76 milhões de cabeça, ocupando uma área de cerca de 155,0 milhões de hectares. Em cinco anos, o rebanho aumentou 4,4% enquanto a área de pastagens diminuiu 2,4% (IBGE, 2013), revelando a necessidade de aumento da produtividade da pecuária brasileira para se manter competitiva no mercado.

Com o avanço na intensificação da produção pecuária são necessários progressos no manejo e adubação das plantas forrageiras. Neste contexto, utilização de corretivos e fertilizantes vem sendo fundamentais, com o intuito de aumentar a produtividade e o progresso tecnológico na produção agropecuária, especialmente no avanço da utilização de micronutrientes para melhorar a quantidade e qualidade da forragem produzida. Porém, em pastagens os estudos sobre adubação são mais frequentes para os macronutrientes, enquanto para micronutrientes são escassos e alguns resultados conflitantes.

O capim-mombaça (*Megathyrsus maximum*, syn. *Panicum maximum*) lançado no Brasil pela EMBRAPA em 1993, é exigente em fertilidade do solo, mas, apresenta características favoráveis para produção animal, como alta produtividade, bom vigor no estabelecimento, elevada percentagem de folhas (cerca de 80%).

Para a formação e a manutenção dos pastos, o fornecimento adequado e o balanço de nutrientes na planta assumem papel fundamental, o que influencia diretamente na qualidade da forragem e longevidade das pastagens, sendo a prática da adubação indispensável para produtividade.

Após suprir a necessidade de macronutrientes, cresce a importância da adubação com micronutrientes para atingir a plenitude da produção forrageira. A principal maneira dos nutrientes serem aproveitados pelas plantas é a absorção radicular, enquanto a adubação foliar se destaca na complementação ou correção da nutrição de plantas. No entanto, para o êxito da adubação foliar é necessário o conhecimento sobre a capacidade de absorver os nutrientes depositados na forma de solução em sua superfície, em que soluções são aspergidas sobre a parte aérea das plantas, atingindo principalmente as folhas. Cabe destacar que o limite estreito entre fitotoxicidade e deficiência, principalmente em micronutrientes, traz a necessidade de definir as taxas adequadas (BOROWSKI; MICHALEK, 2010).

A deficiência de Zn é frequentemente observada em solos de cerrado e está relacionada com o baixo teor natural desse micronutriente no solo ou quando são utilizadas doses elevadas de calcário (FAGERIA, 2001).

Com isso, estudos sobre as fontes consideradas “modernas”, especialmente as de aplicação via foliar, são alvo principal de futuras pesquisas, pois além de conter zinco, esses produtos podem associar-se a outros nutrientes e/ou hormônios de crescimento, ao qual possibilitam melhor desenvolvimento das plantas. Como são produtos aplicados via foliar, a interação com colóides do solo é quase nula e com isso há melhor aproveitamento do micronutriente, uma vez que a quantidade aplicada é inferior a dose que seria recomendada para a aplicação via solo, além de evitar uma possível contaminação pelo excesso de zinco (COUTINHO; SILVA; SILVA, 2007).

Por outro lado, o sucesso da adubação foliar não depende apenas da dose recomendada, mas também da fonte utilizada, uma vez que estão diretamente associadas à velocidade e a quantidade absorvida, assim como ao processo de translocação do Zn para outros tecidos.

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar o perfilhamento, produção de massa verde, massa seca da parte aérea e de raízes de capim-mombaça adubado com fertilizante foliar; determinar a concentração e quantidade absorvida de nutrientes na forragem; avaliar a composição química/bromatológica do capim-mombaça em função da adubação foliar de Zn e coquetel de micronutrientes cultivado em dois tipos de solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações Gerais

A pecuária brasileira passa por uma fase em que a produtividade, a eficiência, a lucratividade e a sustentabilidade dos processos produtivos são aspectos de grande relevância. Nesse contexto, surge a intensificação da produção, com o emprego de adubações para aumento da produtividade das pastagens, o que deve resultar em demanda de maior quantidade de micronutrientes no sistema (GUPTA; MONTEIRO; WERNER, 2001). Além disso, o estudo dos micronutrientes em pastagens é importante para nutrição mineral da planta, bem como para nutrição dos animais que se alimentam da forragem.

Para complementar a adubação via solo, a adubação foliar tradicionalmente se destina à correção de deficiências de macro e micronutrientes, sendo uma boa alternativa por utilizar pequenas doses e por reduzir perdas comuns na adubação via solo, como lixiviação e imobilização (BOROWSKI; MICHALEK, 2010).

Vários fatores contribuíram para o interesse e uso da prática da adubação foliar, entre eles o cultivo continuado em áreas, que se tornaram frequentes o aparecimento de deficiências minerais as quais são corrigidas eficientemente mediante pulverizações foliares, enquanto, que as aplicações do elemento no solo nem sempre dão resultados satisfatórios imediatos. As dificuldades representadas pela lavagem ou pela fixação dos nutrientes no solo podem assim ser evitadas por meio de adubação foliar (MALAVOLTA, 1980).

Os micronutrientes são elementos essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, se caracterizando pela pequena quantidade absorvida. No entanto, o uso nos programas de adubação de pastagens de gramíneas tropicais nem sempre resulta no aumento de produção de forragem. A ausência de resposta pode ocorrer por diferentes razões, entre elas, a realização de experimentos em situações em que realmente não se espera a resposta ao uso de micronutrientes como solos não deficientes, com pH baixo, ausência de calagem, baixas fertilizações com macronutrientes e aplicação dos micronutrientes no solo, entre outros (OLIVEIRA; SOUZA; LUIZ, 2006).

A causa primária da deficiência nutricional é a baixa concentração de Zn no solo, agravada com a intensificação na remoção do micronutriente pelas colheitas e em algumas situações, pelo aumento excessivo do pH do solo por meio da calagem. Em condições de alto pH, a disponibilidade de Zn para as plantas diminui devido à redução na solubilidade e redistribuição do micronutriente da fração trocável para as frações oxídicas (óxidos de Fe e Al cristalino e amorfo), menos disponível para as plantas (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007).

As quantidades de micronutrientes recomendadas são geralmente pequenas, o que dificulta a aplicação uniforme no solo. Assim, a adubação foliar surge como alternativa à adubação via solo, destacando-se a possibilidade de economia na quantidade de fertilizante a ser utilizada. Arzolla, Haag e Malavolta, (1962) observaram que a absorção do ^{65}Zn foi oito vezes mais intensa quando aplicado via foliar, em comparação com o fornecimento via radicular. Vários autores observaram ganhos significativos na produtividade, decorrentes da adubação foliar com Zn na cultura do milho cultivada em solos deficientes nesse nutriente (LEBLANC; GUPTA; CHRISTIE, 1997; GALRÃO, 1994, 1996).

2.2 Dinâmica do zinco no solo

O zinco é um dos micronutrientes cuja deficiência mais tem limitado a produção das culturas no Brasil (PRADO et al., 2008); principalmente em solos sob cerrado e arenosos (ROSOLEM; FRANCO, 2000). A forma mais comum de encontrá-lo na solução do solo é a do cátion Zn^{2+} que se movimenta no solo por difusão, caminhando a favor do gradiente de concentração, isto é, de uma região de maior concentração para outra de menor concentração (MALAVOLTA, 2006). A aplicação de pequenas doses tem sido suficiente para corrigir essa deficiência e promover um efeito residual (BREKKEN; STEINNES, 2004).

O Zn tem a natureza metálica e encontra-se no solo também na forma de óxidos, hidróxidos principalmente, ou como sais que são insolúveis em valores altos de pH (acima de 7). Este micronutriente é influenciado pelo tipo e teor de argila, cátions, ânions, pH, adubação fosfatada e sistema de cultivo (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007). A deficiência de Zn ocorre em solos com pH elevado e saturação por bases acima de 50%, provavelmente pela formação de $\text{Zn}(\text{OH})_2$ e ZnCO_3

(MARSCHNER, 1995), portanto, a calagem excessiva pode acarretar a deficiência deste micronutriente. Mesmo em solos calcários, pode não ocorrer o déficit de Zn, desde que haja elevados teores de matéria orgânica no solo (GALRÃO, 1994), em razão da formação de quelatos de Zn. Em relação aos teores e tipos de argila, a adsorção está ligada diretamente aos óxidos de ferro, alumínio e manganês (RESENDE et al., 2002). Em solos ácidos a deficiência pode ser em consequência a elevadas doses de adubos fosfatados solúveis, formando o fosfato de Zn que é insolúvel para a planta (DECHEN; NACHTIGALL 2006).

De acordo com Abreu (2001), a quantidade total de Zn no solo representa a capacidade potencial do solo em fornecê-lo à planta e é em função, principalmente, do material de origem e dos processos que atuaram na sua formação. Em condições tropicais, com processos de intemperização mais intensos, o teor de Zn pode ser alterado por mobilização e redistribuição do elemento. Dessa forma, a deficiência de zinco nas plantas pode estar associado à sua ocorrência no material de origem, sendo mais provável ocorrer deficiência em solos derivados de material calcário, com teores naturalmente baixos de zinco.

O Zn possui um mecanismo de retenção denominado de adsorção específica ou complexo de esfera interna, caracterizada como uma ligação de alta energia devido à ausência de moléculas de água entre os colóides mineral e o íon. A adsorção de zinco se dá por meio das ligações com os grupos OH^- das argilas silicatadas ou em regiões dos minerais que apresentam rupturas da rede cristalina (GALRÃO, 2004). Assim, as concentrações de Zn na maioria dos solos são determinadas principalmente pelas reações de adsorção e dessorção, uma vez que as reações de precipitação e dissolução têm um período de maior duração, deixando o micronutriente em formas não solúveis às plantas (MARTINEZ; MOTTO, 2000).

Para Bergstrom (2000), solos com elevados conteúdos de matéria orgânica e argila (maior CTC) possuem maior capacidade de adsorção e maior energia de ligação para adsorção de Zn, que os arenosos com pouca matéria orgânica e argila. A matéria orgânica, embora represente, em geral, menos de 5% dos componentes sólidos, é responsável por, aproximadamente, 30% a 65% da CTC dos solos minerais de regiões tropicais e mais de 50% da CTC dos solos arenosos e

orgânicos, evidenciando sua importância na retenção dos metais (AMARAL et al., 1996).

André et al. (2003) realizaram um experimento em casa de vegetação para avaliar o Tifton-85 com aplicação de doses de Zn no solo. Observaram que os teores de Zn extraído por DTPA e o Zn-trocável ligado à matéria orgânica e aos óxidos de Mn apresentaram alta correlação com o Zn absorvido pela planta, representando eficientemente a disponibilidade do elemento no solo.

Galvão e Mesquita Filho, (1981) estudaram o efeito de fontes de Zn para a cultura do milho em solos argiloso e concluíram que tanto o sulfato de Zn como o óxido de Zn ou os oxissulfatos têm a mesma eficiência quanto a produção de matéria seca, desde que aplicados corretamente. Ao contrário de Malavolta et al. (1987), que ao avaliarem a eficiência relativa das fontes de Zn para o milho, observaram que em solos arenosos as plantas responderam com diferentes produções de massa seca às fontes utilizadas (óxidos de Zn, sulfato de Zn e oxissulfatos).

2.3 Zinco na planta

Segundo Vitti e Serrano (2006), a extração estimada de zinco, no País, pelas 16 principais culturas é de 14.716,61 toneladas. A necessidade do uso de zinco na adubação é de 59.046 toneladas, considerando-se a eficiência de 25% no ano da aplicação. O consumo de zinco em 2005 foi de 21.600 toneladas, havendo, portanto, um balanço negativo de 37.446 toneladas, ou seja, a lei de restituição da fertilidade do solo não está sendo atendida.

A essencialidade do zinco para as plantas foi estabelecida cientificamente, há aproximadamente 70 anos, entretanto, a sua deficiência foi reconhecida há apenas 30 anos. A deficiência de zinco tem ocorrido em uma ampla variedade de solos, agravando-se com o cultivo intensivo ao longo do tempo, em países como Austrália, Brasil, China, Colômbia, Estados Unidos, Índia, Peru e vários Países do Continente Asiático. No Brasil, a deficiência de zinco é a mais comum entre os micronutrientes, principalmente em solos sob cerrado e solos arenosos (GONÇALVES JUNIOR, 2010).

A atividade do Zn é efetiva para determinados processos na homeostase fisiológica e nutricional da planta, atuando como ativador ou componente estrutural de enzimas; participa da fotossíntese nas plantas C₄, é necessário para a produção de triptofano, aminoácido precursor do ácido indol acético, hormônio vegetal de crescimento, que está envolvido no metabolismo do nitrogênio, sendo necessário para manutenção da integridade das biomembranas (MALAVOLTA, 2006).

Na literatura é citado que a mobilidade do Zn dentro da planta é considerada intermediária entre os elementos altamente móveis como potássio ou fósforo e imóvel como cálcio e manganês. Quanto à redistribuição do zinco, descreve-se baixa mobilidade no floema, e sua maior ou menor translocação depende de sua disponibilidade na parte vegetativa (MARSCHNER, 1995). Estudos realizados por Cakmak, Pfeiffer e McClafferty (2010) mostram que plantas de trigo, cultivadas em solos com baixos teores de Zn disponíveis, apresentaram menores concentrações do nutriente que plantas cultivadas em locais onde a disponibilidade desse nutriente era maior, e a aplicação de Zn tanto foliar quanto via solo aumentou a produtividade e elevou os teores desse nutriente nos grãos de 11 mg kg⁻¹ para 22 mg kg⁻¹.

É importante conhecer a dose a ser aplicada, pois Stoyanova e Doncheva (2002) explicam que o zinco, quando acumulado em excesso nas plantas, causa alterações no crescimento devido aos processos de fotossíntese e biossíntese de clorofila e integridade da membrana. Os sintomas de toxidez podem ser descritos como clorose nas folhas e diminuição da área foliar (OHKI, 1984).

Segundo Correia et al. (2008) a aplicação de Zn via foliar promoveu maior absorção do nutriente pelas plantas de arroz. Os maiores acúmulos de zinco na parte aérea das plantas foram obtidos no tratamento em que houve adubação foliar, refletindo em maior produção de massa seca.

Ferreira et. al. (2001) testaram os efeitos da adubação com N, Mo, Zn e suas interações sobre a produção e qualidade de grãos de milho, verificaram que o Zn aumentou a concentração nos grãos, porém não resultaram em ganho de produtividade, provavelmente devido ao alto nível de zinco no solo (> 1,2 mg dm⁻³).

Estudos realizados com *M. maximum* cv. Tanzânia cultivado em solução nutritiva indicaram que o zinco incrementou a produção de massa seca (MANARIN,

2005), efeito não verificado por Oliveira et al. (2000). Alguns autores ressaltam que altas doses de zinco podem induzir toxicidade em forrageiras, efeito verificado por Santos et al. (2009) em capim-Xaraés (*Brachiaria brizantha*), que observaram uma relação negativa entre o teor de zinco na parte aérea e a produção de massa seca em dois cortes da forrageira.

A adubação conjunta de micronutrientes (3,6 kg ha⁻¹ de Zn, 1 kg ha⁻¹ de B, 320 g ha⁻¹ de Cu, 800 g ha⁻¹ de Mn e 100 g ha⁻¹ de Mo) foi avaliada por Oliveira, Souza e Luiz (2006) por meio da técnica do elemento “faltante” e verificaram que a produção de capim-marandu não apresentou diferença. Esses resultados evidenciam as informações científicas conflitantes em relação a avaliação de micronutrientes em distintos solos e culturas.

2.4 Quelatos

Uma maneira para fornecer micronutriente é na forma de quelatos sintéticos, que são formados pela combinação de um agente quelatizante com um metal por meio de ligações coordenadas. A estabilidade da ligação quelato-metal determina, geralmente, a disponibilidade do nutriente aplicado para as plantas. Os quelatos são geralmente bastante solúveis, mas, diferentemente dos sais simples, dissociam-se muito pouco em solução, isto é, o ligante tende a permanecer ligado ao metal. Esse fato é a principal vantagem, pois permitem que Cu, Fe, Mn e Zn permaneçam em solução sob condições que normalmente se insolubilizariam como em soluções concentradas com reação neutra ou alcalina e em solos calcários (NOWACK; SCHWYZER; SCHULIN, 2008). Um quelato eficiente é aquele no qual a taxa de substituição do micronutriente quelatizado por cátions do solo é baixa, mantendo, conseqüentemente, o nutriente aplicado nessa forma de quelato por tempo suficiente para ser absorvido pelas raízes e plantas (SCHLEGEL; SCHÖNHERR; SCHREIBER, 2006).

Atualmente, os quelatos mais comumente utilizados são o EDTA (ácido etileno diamino tetraacético), DTPA (ácido dietileno triamino pentaacético), lignossulfonados, ácido cítrico, ácido tartárico, aminoácidos, polihexoses (açúcares) e poliflavonóides. Agronomicamente, um bom quelato é aquele que é solúvel em água, não fitotóxico, compatível com outros produtos (adubos foliares e defensivos

agrícolas), que forma ligação quelato-cátion estável em relação às reações nas soluções de pulverização (VITTI; QUEIROZ; QUINTINO, 2005).

Segundo Mortvedt (1992), a eficiência relativa dos quelatos aplicados ao solo pode ser de duas a cinco vezes maior por unidade de micronutriente do que as fontes inorgânicas, enquanto o custo do quelato por unidade de micronutriente pode ser de cinco a cem vezes mais alto. Esse aspecto constitui-se em uma limitação ao uso desses produtos para culturas de baixo valor agregado.

Barbosa Filho (1991) cita que as fontes de micronutrientes contendo zinco podem ser classificadas em inorgânicas e orgânicas (nas quais estão os diversos quelatos). A escolha de uma ou de outra fonte depende do modo de aplicação, da disponibilidade da mesma e, sobretudo da concentração do elemento e da solubilidade do produto. As fontes inorgânicas (sais, ácidos e óxidos) são as mais usadas, por serem mais baratas e facilmente encontradas no mercado. Já os quelatos são fontes mais eficientes, porque a quelação aprisiona o micronutriente, livrando-o de reações indesejáveis no solo, mas devido ao seu custo elevado são menos utilizados (VITTI; QUEIROZ; QUINTINO, 2005).

Como os quelatos são solúveis, os nutrientes quando quelatizados formam complexos também solúveis e continuam disponíveis às plantas. O metal e o agente quelatizante são absorvidos conjuntamente pelas folhas das plantas sendo transportados até os demais órgãos, ficando o primeiro protegido de reações secundárias de fixação ou precipitação nos vasos condutores.

A solubilidade e a forma física (pó, grânulo ou líquida) das diversas fontes de micronutrientes e as condições de solo podem interagir de modo a resultar em maior ou menor efeito da adubação na correção de deficiências nutricionais. A eficiência agrônômica de uma fonte pode ser definida como sua capacidade de corrigir deficiências ou aumentar a absorção dos nutrientes pelas plantas (MORAES et al., 2004).

Experimentos realizados por Parducci, Santos e Camargo (1989) mostraram que o quelato AGER-Zn® foi mais eficiente em aumentar o teor de Zn em folhas de cafeeiro que o sulfato de zinco, mostrando eficiência próxima à da mistura de sulfato de zinco com cloreto de potássio. Ferradon e Chamel (1988) relatam que boa parte

do Zn do sulfato, e mesmo do cloreto, ficam retidos na cutícula, ao contrário do Zn-EDTA.

Obrador, Novillo e Alvares (2003) estudando dois tipos de quelato de zinco (Zn-aminoácido e Zn-EDTA) verificaram que mesmo utilizando-se as mesmas doses e a mesma forma física, a absorção de zinco pelo milho foi maior com o quelato EDTA.

Santos et al. (1999) comparando a eficiência de formulações de adubos foliares quelatizados na absorção dos micronutrientes boro, manganês e zinco, com a aplicação convencional de sais em plantas de laranja Pêra (*Citrus sinensis* L.), observaram que a aplicação foliar desses micronutrientes favoreceu a absorção e resultou no aumento do teor foliar de Mn e Zn, mas não de B.

2.5 Absorção de Zn pela planta

A adubação foliar baseia-se na afirmação de que as folhas vegetais possuem a capacidade de absorver água e minerais, possibilitando assim corrigir a deficiência de micronutrientes mediante a pulverização. Schreiner (2010) reforça que a adubação foliar deve ser utilizada para complementar a adubação via solo.

O Zn é absorvido pelas raízes das plantas na forma catiônica Zn^{+2} ou como complexos orgânicos, podendo também ser absorvido nas mesmas formas pelas folhas, sendo estes um processo ativo (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

Absorção é a entrada de um íon ou molécula no simplasto. As partículas iônicas ou moleculares devem ultrapassar duas barreiras nas folhas, a cuticular, para entrar no apoplasto; e o plasmalema, para passar do apoplasto para o simplasto. A penetração de cátions pelas folhas é inicialmente muito rápida e puramente física, uma vez que estes podem ser retirados por lavagem (SCHLEGEL; SCHÖNHERR; SCHREIBER, 2006).

As substâncias aplicadas à superfície das folhas em soluções aquosas podem chegar ao simplasto foliar e seguirem os seguintes trajetos: atravessar a cutícula externa ou penetrar nos estômatos. Das que atravessam a cutícula externa, as polares podem seguir a rota aquosa, difundindo-se através das pectinas, ou por meio das trocas iônicas e sistema de Donnan, nas interfaces da cutícula. Qualquer uma dessas substâncias, íons ou moléculas podem atingir ectodesmas no seu

trajeto, tendo então o caminho de chegada ao plasmalema encurtado. As que não encontrarem os ectodesmas chegarão às paredes celulares (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Dependendo do elemento, o transporte acontece de forma diferente da absorvida, sendo predominantemente no xilema. Uma vez dentro da planta, o movimento do elemento de um órgão para outro, ou de uma folha velha para uma nova, se dá pelo processo da redistribuição e ocorre predominantemente pelo floema, embora em muitos casos e condições, essa redistribuição não é suficiente para tender às exigências dos órgãos mais novos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

2.6 *Megathyrsus maximum* (syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça

As pastagens pela sua praticidade representam a principal fonte alimentar de rebanho de ruminantes, constituindo a base de sustentação da pecuária brasileira. A atividade apresenta grande potencial produtivo pela disponibilidade de área e características das espécies forrageiras, porém, os resultados econômicos obtidos pela maioria dos pecuaristas brasileiros são bastante inferiores aos níveis ideais de produção passíveis de serem obtidos (MORENO et al., 2014).

A espécie *Megathyrsus maximum* (syn. *Panicum maximum*), nativa da África, coletada pelo Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (Orstom) e lançada no Brasil pela Embrapa Gado de Corte em 1993, é uma das principais forrageiras cultivada em todo o mundo nas regiões tropicais e subtropicais. É altamente valorizada por sua alta capacidade de produção de matéria seca, qualidade de forragem, facilidade de estabelecimento e boa aceitabilidade por bovinos, bubalinos, ovinos e caprinos (VALENTIN et al., 2001). Segundo Abreu et al. (2006) os fatores ambientais, a disponibilidade de nutrientes no solo e o uso de sementes de boa qualidade, influenciam diretamente na produção das forrageiras por serem fatores essenciais para o seu desenvolvimento.

A produção de forrageiras aumentou intensamente nas últimas décadas, em função da intensificação das áreas de pastagens cultivadas e os trabalhos de pesquisa sobre adubação, manejo e época de corte, bem como o interesse dos pecuaristas em utilizarem forrageiras de alta qualidade, ocasionaram evolução acentuada no sistema de produção (TEODORO et al., 2011). Atualmente, o *M.*

maximum movimenta 11% do mercado de sementes de forrageiras no país, ou seja, em torno de U\$ 27,5 milhões, dos quais U\$ 25 milhões são referentes às cultivares Tanzânia-1 e Mombaça (ANDRADE et al., 2001).

O capim-mombaça pertence ao grupo de forrageiras consideradas exigentes em fertilidade do solo. Portanto, a nutrição apresenta papel muito importante no desenvolvimento dos vegetais e na concentração dos nutrientes nas folhas, refletindo na produtividade. Assim, a resposta da forrageira à adubação é bastante acentuada, conforme descrito por Alexandrino et al. (2005).

Dentre suas principais características de produção, temos, em média, 165 t ha⁻¹ de massa verde, 33 t ha⁻¹ de massa seca de folhas, produzem 72 kg ha⁻¹ de sementes puras, suas folhas atingem até 3 cm⁻¹ de largura e possuem uma resistência moderada às cigarrinhas das pastagens (EUCLIDES, et al., 2000).

A hipótese do trabalho foi que a adubação foliar, especialmente com micronutrientes, aumenta a produção de forragem do capim-mombaça em quantidade e qualidade química/bromatológica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e clima

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - UNESP, *Campus* de Dracena, em Dracena, SP, situado a 421 metros de altitude, 21° 27' latitude sul e 51° 36' longitude oeste, em vasos com capacidade para 4 dm³ de terra. O clima local, conforme classificação de Koppen é do tipo Cw, caracterizados pelas estações de clima quente e inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação são, respectivamente, 24°C e 1300 mm, com temperatura média máxima de 31°C e média mínima de 19°C.

3.2 Espécie vegetal

A espécie forrageira foi o *Megathyrsus maximum* (syn. *Panicum maximum*), cv. Mombaça.

3.3 Solo

Foram utilizados dois solos (Embrapa, 2013): a) Neossolo Quartzarênico, distrófico, fase cerrado, com baixo teor de zinco, coletado no municípios de Brotas – SP, localizado a 22° 17' 03" de latitude sul e 48° 07' 36" de longitude oeste. b) Argissolo Vermelho Amarelo, distrófico, com teor médio de zinco, coletado no município de Dracena – SP, localizado a 21° 27' latitude sul e 51° 36' longitude oeste. A coleta foi realizada na profundidade de 0 - 20 cm, formando-se uma amostra composta, destorrada, homogeneizada, seca ao ar e peneirada com malha de quatro mm de abertura. Os atributos químicos e físicos na ocasião da coleta estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Atributos químicos e físicos dos solos Neossolo Quartzarênico distrófico, fase cerrado e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico.

Características	Neossolo	Argissolo
	Quartzarênico	
pH (CaCl ₂)	4,0	5,2
M.O. (g dm ⁻³)	7	5
P (mg dm ⁻³)	3	5
S (mg dm ⁻³)	7	7
k (mmol _c dm ⁻³)	0,1	2,3
Ca (mmol _c dm ⁻³)	3	10
Mg (mmol _c dm ⁻³)	2	3
Al (mmol _c dm ⁻³)	3	0
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	25	18
SB (mmol _c dm ⁻³)	5	15
CTC (mmol _c dm ⁻³)	30	33
V (%)	17	46
m (%)	37	0
B (mg dm ⁻³)	0,29	0,25
Cu (mg dm ⁻³)	0,5	1,6
Fe (mg dm ⁻³)	73	10
Mn (mg dm ⁻³)	1,1	4,2
Zn (mg dm ⁻³)	0,3	0,8
Argila (g kg ⁻¹)	50	123
Silte (g kg ⁻¹)	75	27
Areia (g kg ⁻¹)	875	850

P, Ca, Mg e K: resina; S: fosfato de cálcio; B: água quente; SB: soma de bases (K+Ca+Mg); Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA em pH 7,3; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

3.4 Análise do solo e calagem

Foram determinados os teores de P, K, Ca e Mg utilizando-se o método da resina trocadora de íons, pH em CaCl_2 , matéria orgânica por colorimetria, de Cu, Fe, Mn e Zn com solução de DTPA em pH 7,3 e de B em água quente (RAIJ et al. 2001). O S foi extraído com solução de fosfato de cálcio e determinado por colorimetria (VITTI, 1989). As análises físicas consistiram na determinação da granulometria pelo método da sedimentação (EMBRAPA, 1997).

A saturação por bases foi elevada para 70% com aplicação de carbonato de cálcio e de magnésio na relação 3:1, reagentes p.a., conforme cálculo de necessidade de calagem descrito por Quaggio, Raij e Malavolta et. al. (1985). Para cada vaso foram colocados 4 dm^{-3} de terra em uma bandeja de plástico; com pipeta graduada foram adicionadas as soluções de CaCO_3 e MgCO_3 e posterior homogeneização. Os solos foram transferidos para vasos de polipropileno de cor preta. Durante 30 dias o solo ficou incubado, mantendo-se a umidade em 80% da capacidade de campo.

3.5 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições, no esquema fatorial 6×2 . Os tratamentos foram formados por seis doses foliares de zinco quelatizado em duas condições de solo (baixo e médio teor de Zn), acrescidos de um tratamento com sulfato de zinco (reagente p.a.) e dois tratamentos com coquetel de nutrientes em dose única, totalizando 72 vasos, conforme apresentado na Tabela 2. Os demais nutrientes seguiram a recomendação convencional para experimentos em vasos com plantas forrageiras, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 2: Fontes e doses foliares de zinco aplicados em capim-mombaça cultivado em Neossolo Quartzarênico e Argissolo Vermelho Amarelo em condições de casa de vegetação.

Tratamentos	Produto	Dose do produto comercial (L ha ⁻¹)	Dose de Zn (g ha ⁻¹)
1	Quelato de Zn	0,0	0,0
2	Quelato de Zn	0,5	43,5
3	Quelato de Zn	1,0	87,0
4	Quelato de Zn	2,0	174,0
5	Quelato de Zn	4,0	348,0
6	Quelato de Zn	8,0	696,0
7	Sulfato de Zn	4,0	355,6
8	Coquetel 1	3,0	82,8
9	Coquetel 2	3,0	201,0

Quelato de Zn: Dens.=1,23g/mL; N=5%; S=3,3%; Zn=7,0%.

Sulfato de Zn (ZnSO₄ 7H₂O): Dens.=1,27g/mL; N=5%; S=3,3%; Zn=7,0%.

Coquetel 1: Dens.=1,38g/mL; N=3%; P=15%; K=8%; Mg=1,0%; B=0,2%; Cu=0,3%; Mn=1,0%; Mo=0,05%; Zn=2,0%.

Coquetel 2: Dens.=1,34g/mL; N=5%; S=4,3%; B=0,3%; Cu=0,3%; Mn=3,0%; Zn=5,0%.

Volume de calda: 200 L ha⁻¹.

Tabela 3: Fontes e doses de nutrientes usadas no experimento em vasos com capim-mombaça.

Fontes	Elementos	Dose mg dm ⁻³	Gramas do produto em 1 litro de água
NH ₄ NO ₃	N ⁽³⁾	300	68,57 ⁽¹⁾
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ . H ₂ O	P	180	58,53 ⁽¹⁾
K ₂ SO ₄	K ⁽³⁾	150	26,77 ⁽¹⁾
	S	61,5	
H ₃ BO ₃	B	0,5	0,451 ⁽²⁾
CuSO ₄ . 5H ₂ O	Cu	1	0,624 ⁽²⁾
FeSO ₄ . 7H ₂ O	Fe	10	7,94 ⁽²⁾
H ₂ MoO ₄	Mo	0,1	0,026 ⁽²⁾
MnSO ₄ . H ₂ O	Mn	3	1,84 ⁽²⁾

⁽¹⁾ 50 mL de solução por vaso de 4 dm³ de terra;

⁽²⁾ 25 mL de solução por vaso de 4 dm³ de terra;

⁽³⁾ aplicado um terço na semeadura e o restante em duas parcelas iguais com intervalo de 15 dias.

3.6 Instalação e condução dos experimentos

Após o período de incubação, o solo foi novamente seco ao ar durante sete dias e no dia 12/08/2014 aplicou-se as soluções conforme descrita na Tabela 3 para todos os tratamentos. Em seguida, solo foi transferido para os respectivos vasos de polipropileno de cor preta com capacidade de 4 dm⁻³ de terra, devidamente etiquetados e identificados.

Dia 13/08/2014 realizou-se a semeadura, retirando uma pequena porção do solo da parte superior dos vasos, distribuindo as sementes e cobrindo-as com o solo que fora retirado. A germinação ocorreu 6 dias após a semeadura.

O desbaste ocorreu no dia 28/08/2014, quando as plantas apresentaram duas folhas com lígula visível, mantendo-se quatro plantas uniformes por vaso. Para a irrigação foi utilizada água deionizada, sendo a quantidade determinada por meio da pesagem de cinco vasos para manter a umidade em 80% da capacidade de campo.

O zinco foi aplicado via foliar 17 dias após a germinação e uma semana após cada corte, sendo as três aplicações nos dias 05/09, 29/09 e 21/10/2014, o critério para que ocorressem os três cortes sucessivos era a presença de três folhas totalmente expandidas em cada haste. Durante a aplicação foliar, a superfície do vaso foi protegida com papel absorvente e algodão ao redor das hastes para impedir o contato do nutriente com o solo. O volume de calda para aplicação dos nutrientes foliares foi de 200 L/ha. Para aplicação do fertilizante foliar, foram efetuadas 10 borrifadas por vaso, que representou cerca de 5 ml/vaso.

A adubação de nitrogênio e potássio via solo ocorreu de forma parcelada. Foi aplicado um terço da dose semanalmente, totalizando três aplicações antes de cada corte.

3.7 Parâmetros Avaliados

a) Perfilhamento do capim-mombaça

Por ocasião do corte das plantas foi contado o número de perfilhos por tratamento.

b) Produção de forragem

A produção de forragem foi amostrada mediante o corte das plantas a cinco centímetros do solo e imediata pesagem para determinação da massa verde, realizados dia 17/09, 15/10 e 16/11/2014, com média de 30 dias entre eles. Em seguida o material foi separado em lâmina foliar e colmo + bainhas e colocado para secar em estufa a 65°C até peso constante (SILVA; QUEIROZ, 2002).

c) Concentração do nutriente na massa vegetal

As concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea total (folhas + hastes + bainhas) da forrageira foram analisadas no primeiro e terceiro corte. As determinações seguiram a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira, (1997).

d) Quantidade de nutrientes na massa vegetal

Foram determinadas as quantidades de nutrientes na forragem mediante cálculo, utilizando a concentração de nutrientes e a massa seca produzida por vaso.

e) Análise bromatológica

Foram determinados os valores de proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) da parte aérea da planta no primeiro e terceiro corte. Para a determinação de PB foi realizada a análise de nitrogênio total (NT), pelo método micro Kjeldahl (AOAC, 1990), para transformação em proteína utilizou-se o fator 6,25 (FAO, 1970). Para as análises e determinação de FDN e FDA foi utilizado o método fiber bag – gravimétrico (GOERING; VAN SOEST, 1970)

f) Massa seca de raízes

Após o terceiro corte, as raízes foram coletadas, lavadas e secas em estufa a 65°C para obtenção da massa seca.

g) Solo

No final do experimento, o solo foi amostrado e analisado o pH, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, S, Al, H+Al, SB, CTC, V, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme metodologia descrita anteriormente.

3.8 Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidade de variância e as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2001). Os resultados foram submetidos à ANOVA e teste Tukey para comparação múltiplas das médias, a 5% de significância. Foram realizadas análises de regressão em função das doses de zinco (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfilhamento, massa verde e massa seca da parte aérea

No perfilhamento os resultados não apresentaram efeito significativo ($P>0,05$) para doses de Zn. No entanto, o cultivo no Argissolo proporcionou maior perfilhamento em relação ao Neossolo Quartzarênico, como é mostrado na Tabela 4. Dados de Barbosa Filho, Fageria e Fonseca (1983) corroboram com esse resultado, onde observaram que o número de perfilhos por metro quadrado na cultura do arroz não foi afetado quando receberam Zn. Juntamente com os resultados de Orioli Junior et al. (2008), que não encontrou aumento de perfilhamento no trigo adubado com Zn. Concorda também com Beraldo et al. (2012), onde a aplicação de doses zinco não afetou o número de perfilhos, em dois cortes de capim-marandu.

Tabela 4: Perfilhamento por vaso do capim-mombaça em três cortes cultivados em dois solos.

Solos	Corte 1	Corte 2	Corte 3
	----- perfilhos vaso ⁻¹ -----		
Neossolo Quartzarênico	28,87 B	33,16 B	37,66 B
Argissolo	33,20 A	39,62 A	44,12 A
DMS	2,39	3,16	3,83
CV%	13,15	14,86	16,03
Quelato Zn^{ns}	31,04 (±4,60)	36,39 (±6,54)	40,89 (±7,75)
ZnSO₄	35,75 (±3,99)	36,37 (±3,62)	37,87 (±6,55)
Coquetel 1	32,25 (±2,91)	36,25 (±4,59)	41,25 (±6,08)
Coquetel 2	32,25 (±5,89)	37,50 (±8,24)	40,75 (±9,08)

^{ns}: não significativo. Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Também não houve diferença estatística ($P>0,05$) para a produção de massa verde com as doses de Zn aplicadas. Para os tipos de solo, verificou-se diferença somente no segundo e terceiro corte e massa verde acumulada do capim-mombaça. O Argissolo apresentou maior produção atingindo 522,74 g vaso⁻¹ enquanto o Neossolo chegou apenas a 486,54 g vaso⁻¹ na massa verde acumulada (Tabela 5).

A produção de massa seca total não foi influenciada pela utilização do Zn quelatizado, no entanto diferiu entre os dois solos estudados (Tabela 5). De modo

geral, exceto no primeiro corte, o cultivo em Argissolo apresentou maior produção, podendo ser atribuída a maior fertilidade natural desse solo em relação ao Neossolo Quartzarênico.

Tabela 5: Massa seca e massa verde da parte aérea do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo.

Solos	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Matéria Acumulada
----- g vaso ⁻¹ -----				
Massa Verde				
Neossolo Quartzarênico	100,02	161,39 B	225,11 B	486,54 B
Argissolo	100,73	171,12 A	250,89 A	522,74 A
DMS	7,03 ^{ns}	7,49	22,83	25,04
CV%	11,96	7,7	16,38	8,47
Quelato Zn^{ns}	100,38 (±12,06)	166,26 (±12,72)	238 (±39,44)	504,64 (±43,77)
ZnSO₄	104,73 (±10,18)	160,33 (±17,23)	238,94 (±31,25)	504,01 (±44,16)
Coquetel 1	103,66 (±7,16)	166,53 (±14,04)	246,14 (±26,85)	516,34 (±21,27)
Coquetel 2	97,27 (±9,06)	165,90 (±7,75)	244,99 (±43,36)	508,17 (±41,75)
Massa Seca				
Neossolo Quartzarênico	14,29 A	28,13 B	36,47 B	78,90 B
Argissolo	13,17 B	30,22 A	39,12A	82,52 A
DMS	0,88	1,32	1,79	2,63
CV%	11,02	7,77	8,09	5,56
Quelato Zn^{ns}	13,73 (±1,50)	29,18 (±2,35)	37,80 (±3,36)	80,71 (±4,70)
ZnSO₄	14,34 (±2,09)	29,99 (±1,03)	37,87 (±3,36)	82,19 (±5,25)
Coquetel 1	14,90 (±3,74)	31,26 (±3,22)	36,46 (±3,18)	82,61 (±6,82)
Coquetel 2	12,91 (±1,32)	30,45 (±1,54)	38,34 (±2,65)	81,70 (±4,09)

^{ns}: não significativo. Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados corroboram com os de Orioli Junior et al. (2008), onde observaram que a utilização de Zn não afetou as variáveis de crescimento das plantas de trigo, embora tenha incrementado a concentração do micronutriente no solo e na planta. Mas, discordam com os de Beraldo et al. (2012), onde a aplicação de Zn incrementou a produção de massa seca da parte aérea do capim-marandú, atingindo um máximo com a aplicação de 115; 150 e 127mg dm⁻³ de Zn, para o primeiro e o segundo cortes, e para a soma dos dois cortes, respectivamente.

A ausência de resultados significativos na produção perfilhos, massa verde e massa seca do capim-mombaça em função das doses de Zn pode estar associada a limitação na expressão do potencial máximo de produção devido ao ambiente reduzido para produção de raízes ou pelo volume de raízes por vaso que ocupa todo espaço físico o que pode proporcionar uma maior eficiência na absorção do nutriente do solo.

A relação percentual de lâmina foliar/colmo+bainhas entre os três cortes para cada tipo de tratamento é apresentado na Tabela 6 para produção do Neossolo Quartzarênico e Argissolo.

Tabela 6: Composição morfológica (lâmina foliar/colmo+bainhas) em 3 cortes do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo adubados com diferentes doses de Zn.

Tratamento	1º corte		2º corte		3º corte	
	Lâmina foliar	Colmo + bainhas	Lâmina foliar	Colmo + bainhas	Lâmina foliar	Colmo + bainhas
----- % -----						
Neossolo Quartzarênico						
0,0	72,77	27,23	76,67	23,33	73,82	26,18
0,5	76,16	23,84	77,08	22,92	75,77	24,23
1,0	71,82	28,18	77,70	22,30	76,40	23,56
2,0	72,76	27,24	77,22	22,78	75,12	24,88
4,0	70,81	29,19	75,91	24,09	74,17	25,83
8,0	75,84	24,16	78,56	21,44	75,23	24,77
ZnSO ₄	77,16	22,84	76,05	23,95	76,23	23,77
Coquetel 1	75,72	24,28	75,58	24,42	74,47	25,53
Coquetel 2	76,48	23,52	76,13	23,87	74,52	25,48
DMS	2,23 ^{ns}	1,51 ^{ns}	3,15 ^{ns}	1,90 ^{ns}	5,65 ^{ns}	3,20 ^{ns}
CV %	8,82	17,40	6,03	12,01	8,62	14,71

Argissolo						
0,0	76,58	23,41	76,05	23,94 AB	75,39	24,60
0,5	75,40	24,59	76,98	23,01 B	77,18	22,81
1,0	77,54	22,45	74,89	25,01 AB	75,64	24,35
2,0	79,27	20,72	75,31	24,68 AB	76,57	23,42
4,0	81,34	18,65	75,28	24,71 AB	75,80	24,19
8,0	76,77	23,22	76,91	23,08 B	75,77	24,22
ZnSO ₄	76,99	23,00	76,75	23,24 AB	75,20	24,79
Coquetel 1	80,92	19,07	74,38	25,61 A	76,82	23,17
Coquetel 2	76,46	23,53	75,16	24,83 AB	76,27	23,72
DMS	4,69 ^{ns}	1,27 ^{ns}	3,84 ^{ns}	1,72	4,42 ^{ns}	2,73 ^{ns}
CV %	18,92	18,16	6,96	9,77	6,31	12,40

^{ns}: não significativo. Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No Neossolo, que apresenta menor fertilidade natural, as médias não foram significativas ($P>0,05$) para os tratamentos com doses de Zn e variaram de 78,56% a 70,81% para produção de lâmina foliar nas doses de 8,0 e 4,0 L ha⁻¹ de Zn quelatizado no 2º e 1º corte, respectivamente. Na percentagem média de colmo+bainhas os valores variaram de 29,18% a 22,29% nos tratamentos de 4,0 e 1,0 L ha⁻¹ de Zn quelatizado no 1º e 2º corte, respectivamente (Tabela 6).

No Argissolo, onde a fertilidade natural é melhor, houve diferença significativa ($P<0,05$) na produção de colmo+bainhas no 2º corte, onde a maior produção (25,61%) foi com a utilização do coquetel 1, mas não diferem dos tratamentos com ZnSO₄, coquetel 1 e coquetel 2. As médias de lâmina foliar não tiveram diferença estatística ($P>0,05$) e apresentaram as maiores variações no 1º corte, sendo de 81,34 a 71,82% nas doses de 4,0 e 1,0 L ha⁻¹ de Zn quelatizado, respectivamente (Tabela 6).

4.2 Massa seca de raiz

Houve interação significativa ($P<0,05$) com as doses de Zn aplicada e os tipos de solo utilizados para a produção de massa seca de raiz. De modo geral, o Neossolo apresentou as maiores médias variando de 150,63 a 56,55 g vaso⁻¹ nas doses de 87 e 696 g ha⁻¹ de Zn, respectivamente. Enquanto que as médias do Argissolo foram menores, variando de 42,80 a 29,90 g vaso⁻¹ nas doses de 174 e 348 g ha⁻¹ de Zn, respectivamente, como apresentado na Figura 1.

Os tratamentos adicionais mantiveram o padrão da produção do Zn quelatizado, onde as maiores médias foram dos cultivos no Neossolo, tendo o ZnSO₄ com o maior produção de 207,5 g vaso⁻¹ e o coquetel 1 com a menor, apresentando 86,6 g vaso⁻¹. As produções do Argissolo não diferiram-se entre os tratamentos com ZnSO₄, coquetel 1 e coquetel 2, com as médias de 34,6, 35,2 e 36,2 g vaso⁻¹, respectivamente.

Esses resultados corroboram com o de Beraldo et al. (2012), que ao testarem doses de zinco para produção de capim-marandu não encontraram relação entre os tratamentos e massa seca de raiz. Observaram que o maior desenvolvimento de raiz foi nos teores de zinco de 140 e 181 mg kg⁻¹ na parte aérea, para o primeiro e segundo cortes, respectivamente.

Possivelmente, o Argissolo com teor médio de Zn no solo, apresentou quantidade suficiente deste micronutriente para suprir a necessidade fisiológica das plantas, mantendo a mesma produção de raízes independente da dose aplicada via foliar. Por outro lado, no Neossolo com baixo teor de Zn no solo, a presença do micronutriente via foliar reduziu a produção de raiz, o que pode estar relacionado com a menor necessidade de absorção via radicular.

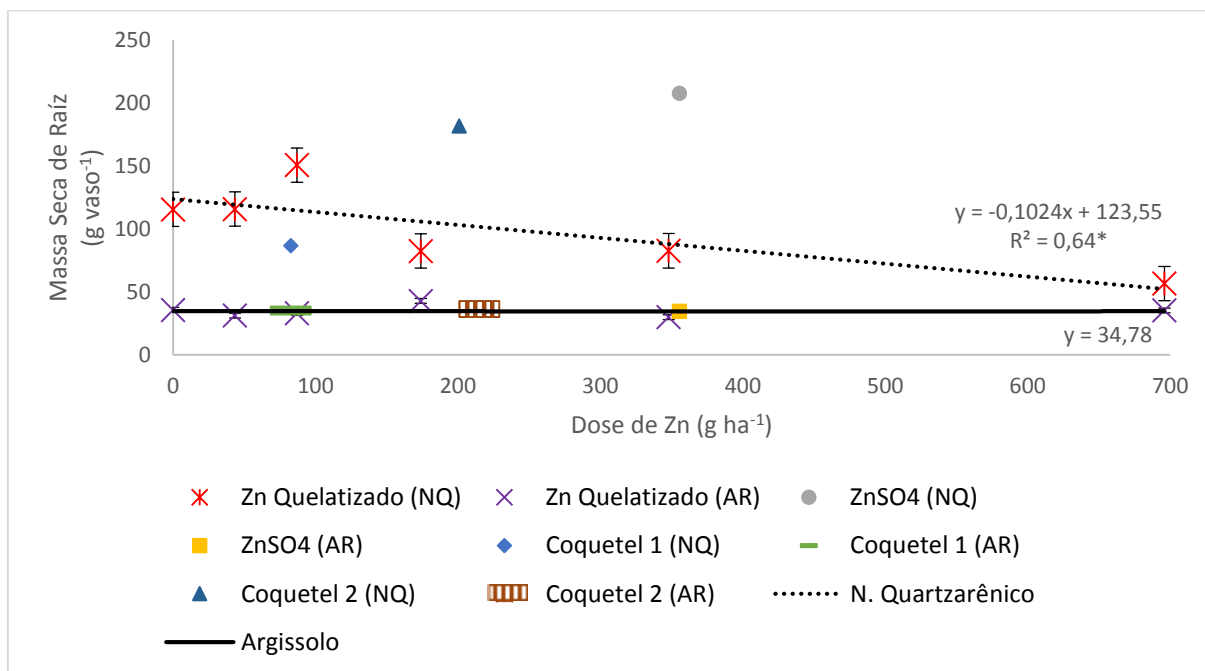


Figura 1: Produção de massa seca de raiz (g vaso⁻¹) do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) com tratamento de Zn quelatizado ao final do 3º corte.

4.3 Teores de nutrientes na parte aérea do capim-mombaça no 1º e 3º corte

Para os teores de N, não houve significância ($P > 0,05$) para as doses de Zn foliar nem para os tipos de solo no 1º e 3º corte. Já o P, com diferença estatística entre os solos utilizados ($P < 0,05$), teve seu maior teor nos cultivos do Argissolo, sendo 8,58 e 3,87 g kg⁻¹ no 1º e 3º corte, respectivamente (Tabela 7).

O K no 1º corte apresentou diferença estatística apenas para os solos ($P < 0,05$), ficando maior no Argissolo, com 30,25 g kg⁻¹ (Tabela 7). No 3º corte houve interação entre doses de Zn quelatizado e tipos de solo utilizados no teor de potássio encontrado na parte aérea do capim-mombaça (Figura 2). No Argissolo, embora não ter ocorrido diferença estatística, observou-se uma tendência de

redução do teor de K em função das doses de Zn, variando de 24 g kg⁻¹ de K no controle (sem Zn foliar) a 17 g kg⁻¹ de K com aplicação de Zn foliar. Em relação aos tratamentos com coquetel 1, coquetel 2 e ZnSO₄, as médias foram 17,5, 16,5 e 18 g kg⁻¹ de K, respectivamente, permanecendo os valores muito próximo aos verificados com aplicação de doses crescentes de Zn.

Os teores de K na parte aérea do capim-mombaça cultivado no Neossolo os resultados apresentaram significância, sendo o ponto mínimo de 14,78 g kg⁻¹ de K na dose 288 g ha⁻¹ de Zn. No entanto, verificou-se a necessidade de maiores estudos sobre a relação Zn/K, uma vez que encontrou-se efeito diferenciados entre os solos.

Tabela 7: Teores de macro e micronutrientes na parte aérea do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo no 1º e 3º corte.

Solo	N	P	K	Ca	S	Cu	Fe	Mn	
	----- g kg ⁻¹ -----				----- mg kg ⁻¹ -----				
	1º corte								
Neossolo Quartzarênico	39,50	5,38 B	22,83 B	6,76 A	2,62	2,37	179 A	163 B	
Argissolo	40,05	8,58 A	30,25 A	5,81B	2,61	20,66	148 B	265 A	
DMS	1,09 ^{ns}	0,27	1,72	0,67	0,17 ^{ns}	5,32 ^{ns}	9,34	16,5	
CV%	4,69	6,61	11,1	18,23	11,43	44,31	9,75	13,14	
Quelato Zn ^{ns}	39,8 (±1,87)	7,0 (±1,67)	26,5 (±4,85)	6,3 (±1,27)	2,6 (±0,30)	20,5 (±8,92)	164 (±22,05)	214,4 (±58,63)	
ZnSO ₄	40,6 (±1,66)	7,2 (±1,54)	27,0 (±4,89)	7,2 (±1,19)	2,7 (±0,13)	21,3 (±11,38)	171 (±22,96)	215 (±51,06)	
Coquetel 1	40,0 (±2,85)	7,1 (±1,77)	25,8 (±5,70)	6,7 (±0,59)	2,5 (±0,16)	22,3 (±6,43)	152 (±24,12)	213 (±55,81)	
Coquetel 2	41,2 (±1,52)	6,9 (±2,11)	27,0 (±6,41)	6,7 (±1,02)	2,9 (±0,60)	23,5 (±8,29)	162 (±29,08)	226 (±37,83)	
	N	P	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn
	----- g kg ⁻¹ -----				----- mg kg ⁻¹ -----				
	3º corte								
Neossolo Quartzarênico	25,10	2,68 B	7,37	2,02 B	2,38 B	13,75 B	9,25 B	118	116 B
Argissolo	26,03	3,87 A	7,29	2,22 A	2,60 A	19,83 A	19,33 A	117	648 A
DMS	1,24 ^{ns}	0,31	0,4 ^{ns}	0,12	1,32	2,98	2,98	8,64 ^{ns}	36,94
CV%	8,34	16,40	9,39	10,35	13,51	35,62	35,62	12,49	16,09
Quelato Zn ^{ns}	25,6 (±2,03)	3,3 (±0,80)	7,3 (±0,76)	2,1 (±0,26)	2,5 (±0,24)	18,0 (±9,67)	14,7 (±7,06)	118 (±16,56)	383 (±275)
ZnSO ₄	25,4 (±2,20)	3,2 (±0,83)	6,8 (±0,98)	2,1 (±0,23)	2,4 (±0,20)	19,4 (±1,76)	13,6 (±6,23)	117 (±14,62)	387 (±319)
Coquetel 1	25,6 (±2,00)	3,6 (±0,82)	7,7 (±0,92)	2,3 (±0,23)	2,5 (±0,36)	19,5 (±3,96)	18,9 (±10,49)	112 (±21,09)	387 (±290)
Coquetel 2	26,3 (±1,69)	3,3 (±0,80)	7,1 (±0,55)	2,2 (±0,16)	2,3 (±0,19)	22,3 (±6,11)	17,1 (±8,14)	104 (±14,96)	416 (±320)

^{ns}: não significativo. Letra maiúscula distinta na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O Ca foi significativo ($P < 0,05$) para os tipos de solo apenas no 1º corte, sendo maior no Neossolo, com $6,76 \text{ g kg}^{-1}$. No 3º corte as médias não foram significativas ($P > 0,05$) para o solo nem para as doses de Zn foliar, variando de $7,37$ a $7,29 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 7)

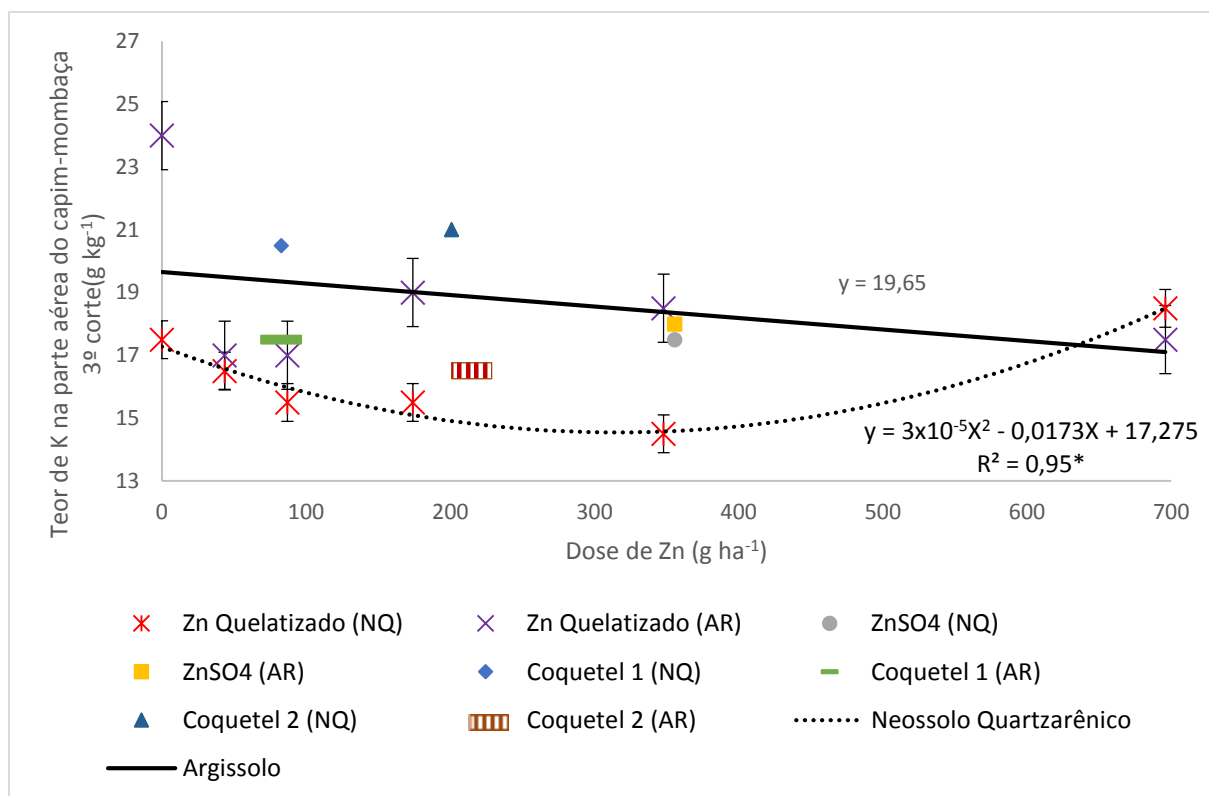


Figura 2: Teores de Potássio na parte aérea do capim-mombaça cultivados no Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) no 3º corte.

O teor de magnésio apresentou resposta significativa para doses de Zn quelatizado ($P < 0,05$) no 1º corte, na média dos solos estudados (Figura 3). O ponto de mínimo estimado foi de $7,37 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg na dose de 366 g ha^{-1} de Zn. Semelhante ao ocorrido com o teor de K, são necessários estudos para avaliar a interação Zn/Mg na adubação. Dentre os tratamentos adicionais, apenas o coquetel 2 manteve sua média abaixo dos teores com Zn quelatizado, sendo $6,87 \text{ g kg}^{-1}$. O ZnSO₄ e coquetel 1 apresentaram os valores de $7,53$ e $7,27 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

No 3º corte, o Mg apresentou maior concentração na forragem cultivada no Argissolo, com $2,22 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg (Tabela 7) e não apresentou variação em função das doses foliares de Zn. Possivelmente, devido a maior concentração do

micronutriente no solo utilizado para o estudo (Tabela 1), proporcionando menor efeito da adubação foliar.

As médias de S no 1º corte não tiveram significância ($P>0,05$) e ficaram entre 2,62 e 2,61 g kg⁻¹. E no 3º corte, apresentaram diferença estatística ($P<0,05$) apenas entre os tipos de solo, sendo maior no Argissolo com 2,60 g kg⁻¹ (Tabela 7).

O boro apresentou interação entre doses de Zn quelatizado e tipos de solos na análise da parte aérea do 1º corte (Figura 4). No Argissolo, houve aumento linear do teor de B em função do aumento das doses de Zn foliar, chegando a 39 mg kg⁻¹ na aplicação de 696 g ha⁻¹ de Zn, nos tratamentos adicionais apresentaram as médias de 38, 36 e 39 mg kg⁻¹ de B, sendo ZnSO₄, coquetel 1 e coquetel 2, respectivamente. Para o Neossolo, a regressão apresentou resposta polinomial, com teor mínimo de B (31 mg kg⁻¹) na dose de 329 g ha⁻¹ de Zn. Embora com a dose mais elevada de Zn foliar (696 g ha⁻¹) ter apresentado valor de 36 mg kg⁻¹, o valor é muito próximo ao verificado no ponto de mínima, possivelmente com muito pequena interferência em relação a nutrição da planta. Nos tratamentos com o utilização de ZnSO₄, coquetel 1 e coquetel 2, o teores de B foram 35, 36 e 35 mg kg⁻¹ respectivamente (Figura 4). Esses resultados diferem aos descritos Jamami et al. (2006) utilizaram boro e zinco aplicados via solo para produção de milho e não encontraram efeitos significativos de interação entre eles, nem mesmo efeito individual para a produção. Conforme reportado por Heinrichs, et al (2014) os estudos com micronutrientes apresentam resultados conflitantes e são necessários avanços na ciência para a compreensão de seus efeitos e interações.

No 3º corte, o B e o Cu apresentaram maior concentração no Argissolo, chegando a 19,83 mg kg⁻¹ e 19,33 mg kg⁻¹ respectivamente (Tabela 7). O Fe apresentou significância no 1º corte, atingindo 179 mg kg⁻¹ no Neossolo Quartzarênico e 148 mg kg⁻¹ no Argissolo. Por sua vez, o Mn apresentou maior concentração nas plantas cultivadas em Argissolo, com as médias de 265 e 648 mg kg⁻¹, no 1º e no 3º corte, respectivamente (Tabela 7).

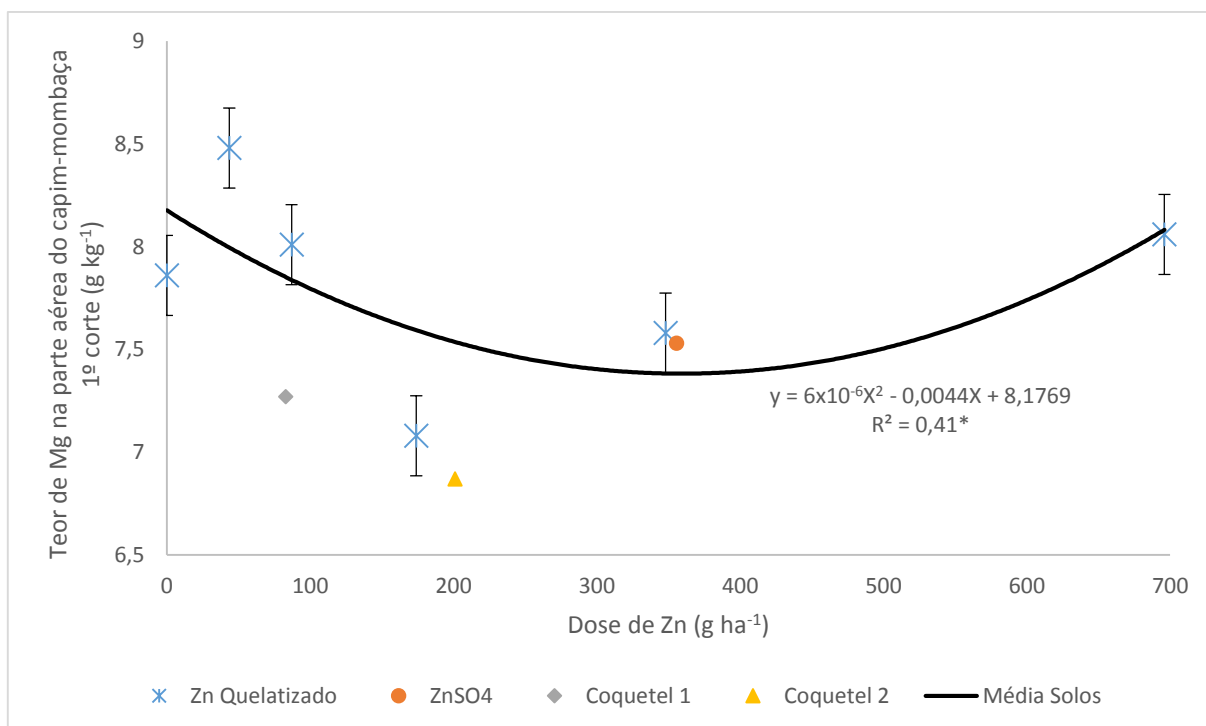


Figura 3: Teores de magnésio na parte aérea do capim-mombaça no 1º corte.

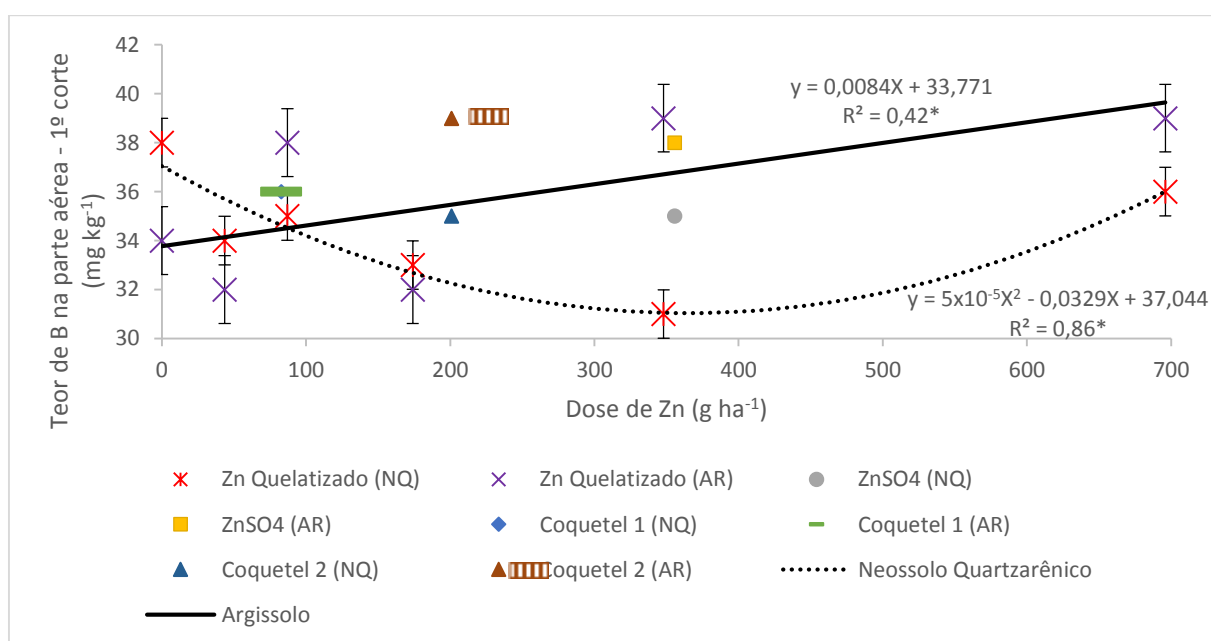


Figura 4: Teores de Boro na parte aérea do capim-Mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) no 1º corte.

Os tratamentos com Zn quelatizado incrementaram de maneira linear as concentrações deste micronutriente nas partes aéreas do capim-mombaça no 1º corte, que variou de 38,75 a 130 mg kg⁻¹ nas doses de 43,5 e 696 g ha⁻¹ de Zn,

respectivamente, quando comparado aos resultados dos tratamentos com o coquetel 1 e coquetel 2, que tiveram médias de 40,62 e 64,75 mg kg⁻¹, respectivamente. Nos tratamentos com ZnSO₄, obteve-se a média de 88,75 mg kg⁻¹ de Zn (Figura 5).

Segundo Fernandes et al. (2007), o zinco possui uma interação não competitiva com o P, porém na literatura, não há uma generalização deste efeito entre esses dois nutrientes. No entanto, para o Ca, Mg e K a interação é do tipo competitiva, pois são nutrientes que competem pelo mesmo sitio de absorção do zinco. Possivelmente, houve influência dos íons presentes nos coquetéis utilizados reduzindo a eficiência do Zn presente nas misturas, quando absorvido pela planta.

No 3º corte, o Zn apresentou interação significativa entre dose de Zn quelatizado e tipos de solo na análise da parte aérea do 3º corte, variando de 21,75 a 138,5 mg kg⁻¹ no Neossolo e 46,5 a 262,25 mg kg⁻¹ no Argissolo, nas doses de 47,5 e 696 g ha⁻¹ de Zn, respectivamente; sendo sempre superiores ao controle que tiveram médias de 12,5 mg kg⁻¹ no Neossolo e 39,25 mg kg⁻¹ no Argissolo (Figura 6).

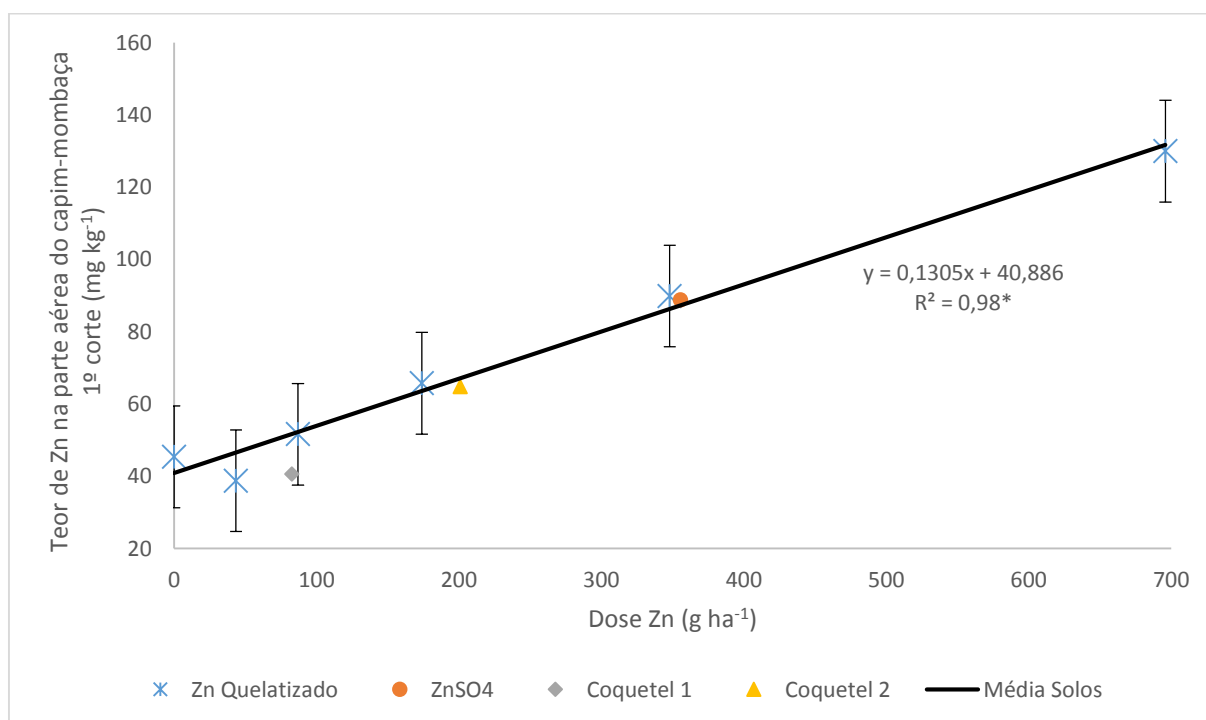


Figura 5: Teores de zinco na parte aérea do capim-mombaça no 1º corte.

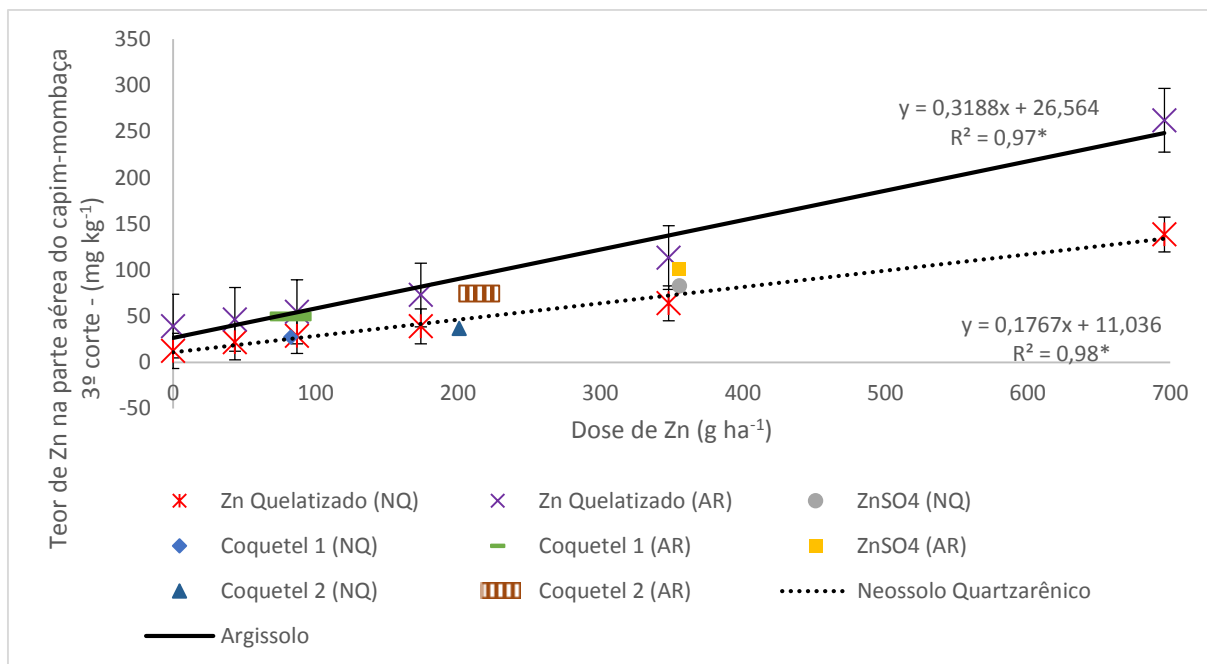


Figura 6: Teores de zinco na parte aérea do capim-mombaça cultivados no Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) no 3º corte.

A aplicação de pequenas quantidades de Zn foliar no último corte, bem como no 1º, foi capaz de atingir níveis aceitáveis de Zn na parte aérea do capim-mombaça, que variam de 20 a 50 mg kg⁻¹, quando cultivados em solos considerados pobres deste micronutriente (igual ou menor que 0,3 mg dm⁻³) (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Apesar dos altos teores na dose de 696 g ha⁻¹, não foram notados sintomas de toxidez de Zn. Não foram encontradas na literatura referências a teores de Zn que seriam tóxicos ao *Megathyrus maximun* cv. Mombaça. O zinco aparentemente é retido nos vacúolos, complexado com ácidos orgânicos, o que pode prevenir a toxidez (KROTZ; EVANGELOU; WAGNER, 1990).

As médias de ZnSO₄ utilizados em ambos os solos foram superiores aos outros tratamentos, sendo 83 mg kg⁻¹ no Neossolo e 101,3 mg kg⁻¹ no Argissolo. As médias dos coquetéis 1 e 2 apresentaram-se de forma distinta, sendo o coquetel 1 com 27,3 e 49,5 mg kg⁻¹ e o coquetel 2 com 36,8 e 74,5 mg kg⁻¹ para o Neossolo e Argissolo, respectivamente.

Segundo a National Research Council (1996) plantas forrageiras com teores de N = 11,2; P = 0,5; K = 6,0; Ca = 1,2; Mg = 1,0 e S = 1,5 g kg⁻¹ na matéria seca; Cu = 10 e Zn = 30 mg kg⁻¹ na matéria seca suprem as necessidades diárias de um

novilho de 350 kg. Assim, estima-se que a adubação foliar com Zn quelatizado nas doses de 107 g ha⁻¹ para o Neossolo Quartzarênico e 11 g ha⁻¹ no Argissolo seriam suficientes para suprir na necessidade de Zn para animais desta categoria criados a pasto, baseado na equação de regressão.

4.4 Conteúdo de nutrientes absorvidos na parte aérea do capim-mombaça no 1º e 3º corte

O conteúdo de nutrientes absorvidos pelo capim-mombaça apresentados na Tabela 8 durante o 1º e 3º corte não sofreram influência ($P>0,05$) das doses de Zn quelatizado. O N no 1º corte, apresentou-se maior no Neossolo (0,56 g vaso⁻¹), enquanto que no 3º o destaque foi para o Argissolo, com 1,01 g vaso⁻¹. Os valores de P foram superiores no Argissolo com 0,11 e 0,15 g vaso⁻¹, para o 1º e 3º corte, respectivamente.

Em relação ao K, o maior conteúdo foi encontrado no 1º corte cultivado no Argissolo (Tabela 8), enquanto que no 3º corte houve interação entre as doses de Zn foliar e os tipos de solo (Figura 7). A absorção de K pelo capim-mombaça em função das doses de Zn foliar quelatizado apresentou resposta distinta em função com o tipo de solo, com efeito linear descendente no Argissolo e linear ascendente no Neossolo Quartzarênico (Figura 7). Esses resultados podem estar associados as distintas características físico químicas dos solos, como o teor de argila, presença de óxidos, teor de matéria orgânica, teor do nutriente originalmente no solo, interação com outros nutrientes, entre outros (DICK et al., 2010).

Os resultados obtidos no Argissolo podem ser atribuídos ao efeito semelhante verificado na inibição de Mg sobre o Zn (MOREIRA, 1999; HEINRICHS, 2002), podendo ocorrer alguma inibição na absorção de K em função de doses elevadas de Zn. No entanto, conforme descrito anteriormente são necessárias outras pesquisas para confirmação das tendências verificadas.

Os valores de Ca divergiram entre os cortes, sendo que no 1º, o maior valor foi no Neossolo, com 0,09 g vaso⁻¹ e no 3º, foi no Argissolo, com 0,28 g vaso⁻¹. O Mg foi significativo ($P<0,05$) apenas no 3º corte no Argissolo, apresentando a média de 0,08 g vaso⁻¹. Similar ao modo do Ca, o S também apresentou a maior média no

Neossolo no 1º corte (0,037 g vaso⁻¹) enquanto que, no 3º, o destaque foi para o Argissolo com 0,10 g vaso⁻¹ (Tabela 8).

Tabela 8: Conteúdo de nutrientes absorvidos na parte aérea do capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo no 1º e 3º corte.

Solos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn
----- g vaso ⁻¹ -----					----- mg vaso ⁻¹ -----					
1º corte										
Neossolo Quartzarênico	0,56 A	0,07 B	0,32 B	0,09 A	0,11	0,037 A	0,48	0,29	2,55 A	2,32 B
Argissolo	0,52 B	0,11 A	0,39 A	0,07 B	0,10	0,034 B	046	0,27	1,95 B	3,48 A
DMS	0,02	0,007	0,02	0,01	0,009 ^{ns}	0,002	0,03 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,17	0,25
CV%	8,9	13,19	11,7	21,03	15,06	10,14	11,72	46,54	13,47	14,84
Quelato Zn ^{ns}	0,54	0,09	0,36	0,08	0,10	0,03	0,47	0,28	2,25	2,90
	(±0,05)	(±0,02)	(±0,05)	(±0,02)	(±0,01)	(±0,00)	(±0,06)	(±0,12)	(±0,42)	(±0,71)
ZnSO ₄	0,57	0,10	0,37	0,10	0,10	0,03	0,52	0,30	2,46	3,01
	(±0,06)	(±0,01)	(±0,04)	(±0,02)	(±0,01)	(±0,00)	(±0,09)	(±0,16)	(±0,58)	(±0,54)
Coquetel 1	0,59	0,10	0,39	0,09	0,10	0,03	0,52	0,32	2,26	3,19
	(±0,13)	(±0,04)	(±0,19)	(±0,01)	(±0,03)	(±0,00)	(±0,13)	(±0,07)	(±0,46)	(±1,26)
Coquetel 2	0,53	0,08	0,34	0,08	0,08	0,03	0,47	0,30	2,11	2,89
	(±0,04)	(±0,02)	(±0,05)	(±0,01)	(±0,02)	(±0,00)	(±0,06)	(±0,12)	(±0,54)	(±0,44)
	N	P	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	
----- g vaso ⁻¹ -----					----- mg vaso ⁻¹ -----					
3º corte										
Neossolo Quartzarênico	0,91 B	0,09 B	0,26 B	0,07 B	0,08 B	0,51 B	0,35 B	4,31	4,24 B	
Argissolo	1,01 A	0,15 A	0,28 A	0,08 A	0,10 A	0,85 A	0,75 A	4,59	25,36 A	
DMS	0,04	0,01	0,01	0,005	0,004	0,2	0,11	0,36 ^{ns}	1,49	
CV%	8,49	18,13	10,27	10,7	8,79	51,53	34,58	14,16	17,23	
Quelato Zn ^{ns}	0,96	0,12	0,27	0,08	0,09	0,68	0,55	4,45	14,80	
	(±0,09)	(±0,03)	(±0,03)	(±0,01)	(±0,01)	(±0,37)	(±0,27)	(±0,63)	(±10,96)	
ZnSO ₄	0,96	0,12	0,25	0,07	0,09	0,73	0,51	4,40	14,80	
	(±0,12)	(±0,03)	(±0,05)	(±0,01)	(±0,01)	(±0,06)	(±0,24)	(±0,60)	(±12,33)	
Coquetel 1	0,93	0,12	0,27	0,08	0,09	0,71	0,68	4,05	14,28	
	(±0,10)	(±0,03)	(±0,03)	(±0,03)	(±0,01)	(±0,14)	(±0,36)	(±0,68)	(±11,05)	
Coquetel 2	1,00	0,12	0,27	0,08	0,08	0,85	0,66	3,99	16,03	
	(±0,07)	(±0,03)	(±0,03)	(±0,00)	(±0,00)	(±0,23)	(±0,33)	(±0,69)	(±12,65)	

^{ns}: não significativo. Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Da mesma maneira ocorreu com o B e Cu quando comparados ao Mg, onde não foram significativos ($P>0,05$) no 1º corte, e no último, foram superiores no Argissolo com 0,85 e 0,75 mg vaso⁻¹, para B e Cu, respectivamente. O contrário aconteceu com o Fe, onde a insignificância ($P>0,05$) aconteceu no 3º corte, e a maior média do 1º foi no Neossolo com 2,55 mg vaso⁻¹. O Mn foi superior no Argissolo, em ambos os cortes, com 3,48 e 25,36 mg vaso⁻¹ para o 1º e 3º corte, respectivamente.

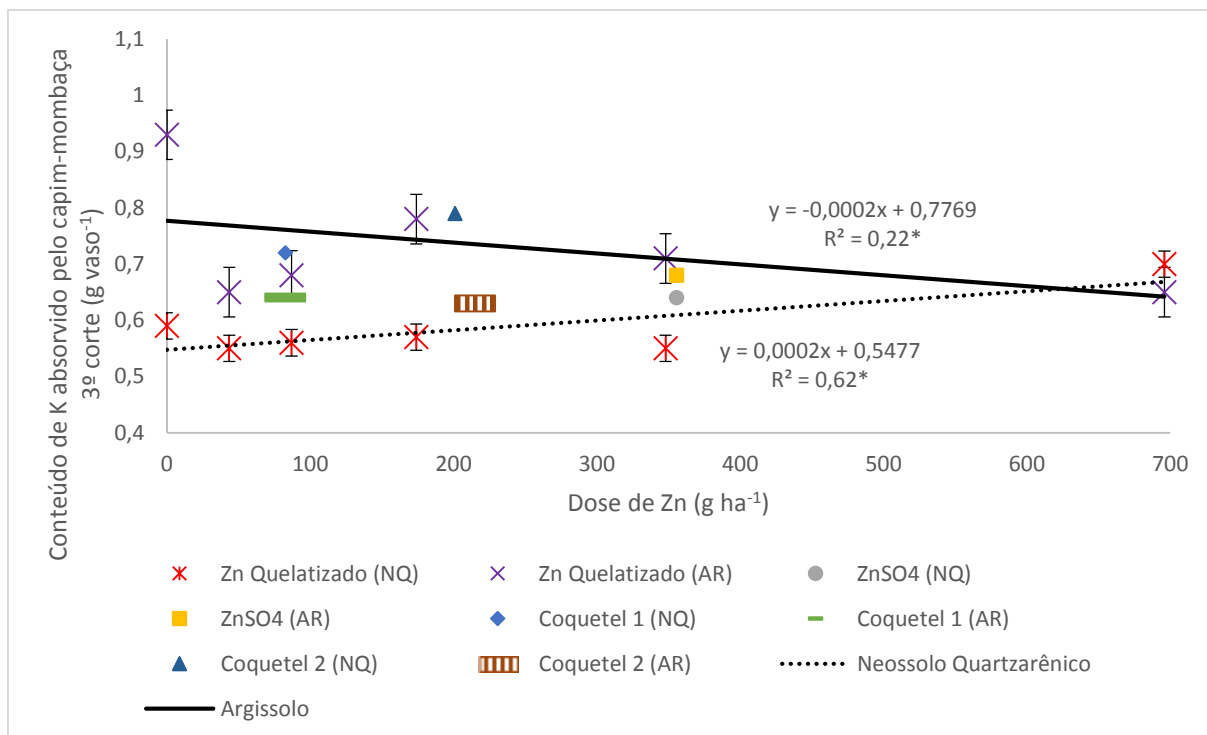


Figura 7: Conteúdo de potássio absorvido na parte aérea do capim-mombaça no 3º corte.

No primeiro corte, a aplicação de Zn quelatizado influenciou positivamente a absorção de Zn pelo capim-mombaça ($P < 0,05$) de forma linear, variando de 0,54 a 1,76 mg vaso⁻¹ nas doses de 43,5 a 696 g ha⁻¹, respectivamente (Figura 8).

O tratamento com ZnSO₄ teve a mesma média que o Zn quelatizado na dose de 348 g ha⁻¹ de Zn, que foi de 1,2 mg vaso⁻¹. Os coquetéis 1 e 2 tiveram absorção em menor quantidade, sendo 0,61 e 0,82 mg vaso⁻¹, respectivamente. Possivelmente, por apresentarem vários nutrientes, pode ocorrer inibição na absorção proporcionado por estes.

No 3º corte, os tratamentos e tipos de solo tiveram interação entre si. As médias do conteúdo de Zn aumentaram de maneira linear em ambos os solos. Os valores do Argissolo foram superiores, variando de 1,79 a 9,86 mg vaso⁻¹, enquanto que no Neossolo Quartzarênico a variação foi de 0,73 a 4,5 mg vaso⁻¹, nas doses de 43,5 e 696 g ha⁻¹ de Zn, respectivamente, como apresentado na Figura 9. Linhas de tendências similares a essas, foram encontradas no teor de Zn na análise da parte aérea do 3º corte.

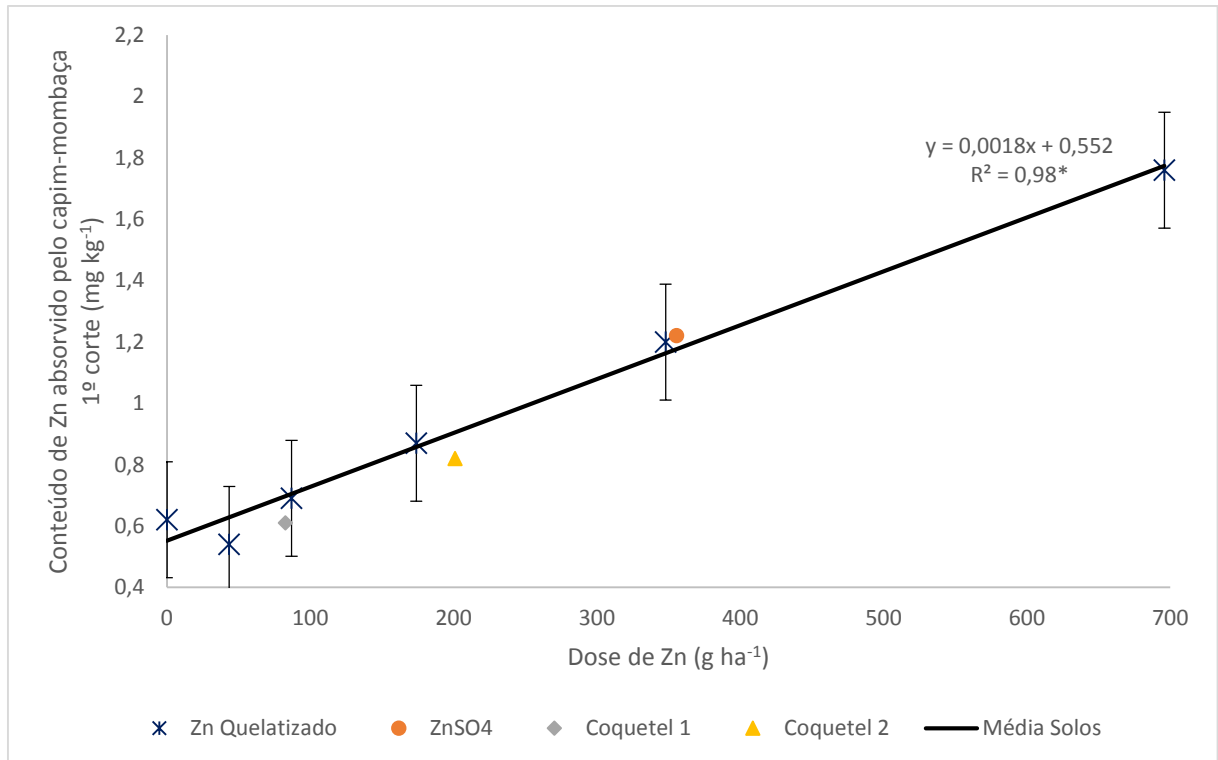


Figura 8: Conteúdo de zinco absorvido na parte aérea do capim-mombaça no 1º corte.

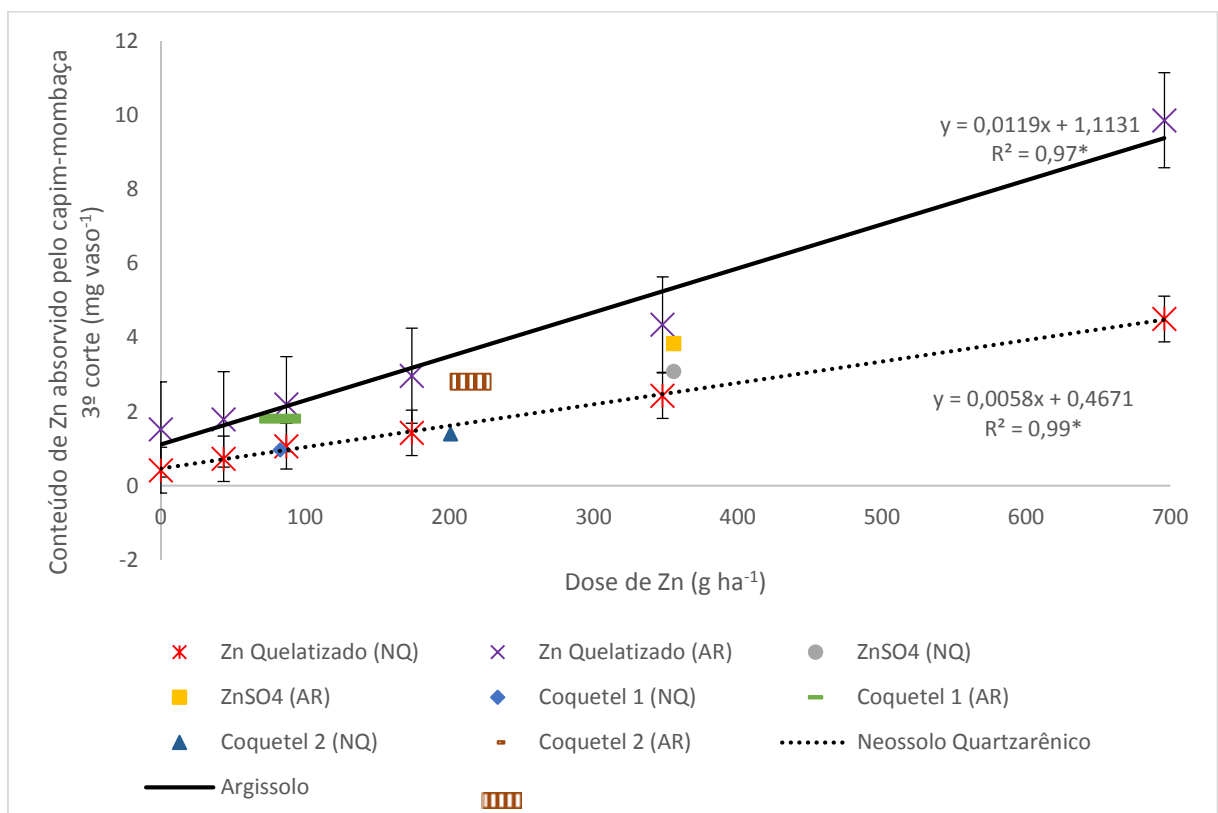


Figura 9: Conteúdo de zinco absorvido na parte aérea do capim-mombaça no 3º corte.

4.5 Fibra Insolúvel em Detergente Neutro (FDN), Fibra Insolúvel em Detergente Ácido (FDA) e Proteína Bruta (PB)

As médias de FDN e FDA não apresentaram efeito significativo ($P>0,05$) em função da adubação foliar (Tabela 9). Van Soest (1994) destacou a importância dos valores de FDN para verificar a qualidade das plantas forrageiras. O autor estabeleceu que teores de FDN superiores a 60% da MS associam-se negativamente à capacidade de consumo voluntário da forragem pelos animais e consequentemente, reduzem o desempenho animal. Neste experimento apenas o último corte de ambos os solos (3º corte) apresentou valor de FDN superior aos limite crítico superior ($> 60\%$). Um fator que deve ser considerado para isto é a maturação fisiológica das plantas, que ao completar seu ciclo fisiológico sofre aumento considerável dos constituintes fibrosos, principalmente de lignina (NORONHA; ROSA, 2001).

Tabela 9: Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) no capim-mombaça cultivados em Neossolo Quartzarênico e Argissolo.

Solo	FDN	FDA	PB
----- % -----			
1º corte			
Neossolo Quartzarênico	59,32 ($\pm 2,97$)	27,22 ($\pm 2,37$)	23,82 ($\pm 1,18$)
Argissolo	58,42 ($\pm 4,32$)	26,76 ($\pm 3,14$)	25,98 ($\pm 1,30$)
DMS	5,26 ^{ns}	2,36 ^{ns}	2,24 ^{ns}
CV%	15,27	14,94	24,6
Quelato Zn ^{ns}	59,97 ($\pm 3,72$)	27,41 ($\pm 2,76$)	24,86 ($\pm 1,17$)
ZnSO ₄	59,27 ($\pm 3,61$)	27,84 ($\pm 6,06$)	25,38 ($\pm 1,04$)
Coquetel 1	59,34 ($\pm 4,39$)	28,56 ($\pm 4,68$)	24,98 ($\pm 1,78$)
Coquetel 2	59,86 ($\pm 3,79$)	28,52 ($\pm 3,07$)	25,73 ($\pm 0,95$)
3º corte			
Neossolo Quartzarênico	73,18 ($\pm 6,14$)	38,12 ($\pm 7,27$)	14,89 ($\pm 1,10$)
Argissolo	75,74 ($\pm 4,69$)	41,57 ($\pm 9,08$)	16,23 ($\pm 1,23$)
DMS	3,02 ^{ns}	5,70 ^{ns}	3,58 ^{ns}
CV%	6,94	24,61	24,61
Quelato Zn ^{ns}	74,46 ($\pm 5,56$)	40,67 ($\pm 8,19$)	15,97 ($\pm 1,26$)
ZnSO ₄	73,63 ($\pm 6,00$)	39,20 ($\pm 4,36$)	15,89 ($\pm 1,37$)
Coquetel 1	75,04 ($\pm 5,94$)	38,44 ($\pm 3,98$)	16,00 ($\pm 1,25$)
Coquetel 2	76,73 ($\pm 6,13$)	35,99 ($\pm 5,19$)	16,44 ($\pm 1,06$)

^{ns}: não significativo.

O teor de FDA varia com a idade da planta e com déficit hídrico no solo. Os resultados apresentados na Tabela 9 sugerem que o intervalo de cortes utilizado na pesquisa, em média 30 dias, e o controle hídrico realizado em casa de vegetação não permitiu um aumento na concentração de fibra. Nesta pesquisa, não se observou diferença entre as doses de Zn aplicadas, indicando que não há efeito diferenciado em função do aumento de dose de Zn. Dados que corroboram com os resultados de Oliveira et al. (2000) que verificaram que os teores de proteína bruta e fibras em detergente neutro e não sofreram alterações significativas atribuídas as doses de sulfato de zinco aplicadas no capim-tanzânia.

Os teores de PB do capim-mombaça em resposta à aplicação de Zn apresentados na Tabela 9, mostram que não houve diferença significativa ($P>0,05$) com a aplicação de Zn via foliar nos dois solos avaliados. Devido a correção da acidez e a adubação na instalação da pesquisa, os teores de PB foram superiores a 7%, considerado valor crítico à produção animal, causando menor consumo voluntário, redução na digestibilidade e balanço nitrogenado negativo (MACHADO et al., 1998). Com base nessa afirmação, pode-se constatar que o capim-mombaça cultivado nos dois solos atende aos requerimentos mínimos dos ruminantes.

O teor médio de proteína bruta do capim-mombaça foi de 25,12% no 1º corte e 15,90% no 3º corte (Tabela 9) para os dois solos avaliados. Esses valores são superiores aos encontrados por Cecato et al. (2002), que foi de 11,09% para o período de verão e de 10,42% para o inverno na planta inteira em condições de campo e 12,7% a 15,3% (SOUZA et al., 2006) em casa de vegetação. Possivelmente, os valores mais elevados encontrados neste trabalho está associado à idade da planta (29 e 32 dias para o 1º e 3º corte, respectivamente), bem como por se tratar de pesquisa em casa de vegetação com doses elevadas de adubação e condições ambientais controladas.

4.6 Análise química do solo após cultivo de capim-mombaça com adubação foliar de Zn

À medida que aumentou a dose de Zn quelatizado foliar, os teores de Zn disponível no Argissolo incrementaram de forma linear, podendo ser atribuído pelo deslocamento do Zn na planta, atingindo o sistema radicular e a presença do

micronutriente ao complexo de troca do solo. No entanto, esses resultados sugerem novas pesquisas para avaliar e compreender os efeitos da adubação foliar de Zn no teor do micronutriente no solo.

Enquanto no Neossolo Quartzarênico, obteve-se uma ligeira diminuição, com posterior aumento da concentração de Zn na dose de 696 g ha⁻¹, chegando a 2,82 mg dm⁻³ (Figura 10). Essa redução com dose intermediária de Zn (348 g ha⁻¹) pode ser considerada aleatória por estar na mesma faixa de interpretação (RAIJ et al., 1996).

Um aspecto a considerar é a natureza das curvas de resposta das plantas à adubação. Para os macronutrientes, a região de máxima produção é bastante extensa, implicando em baixo risco de toxicidade, para os micronutrientes, como o zinco, por exemplo, a transição entre a região de deficiência e a de toxicidade é estreita (SANTOS et al., 2009).

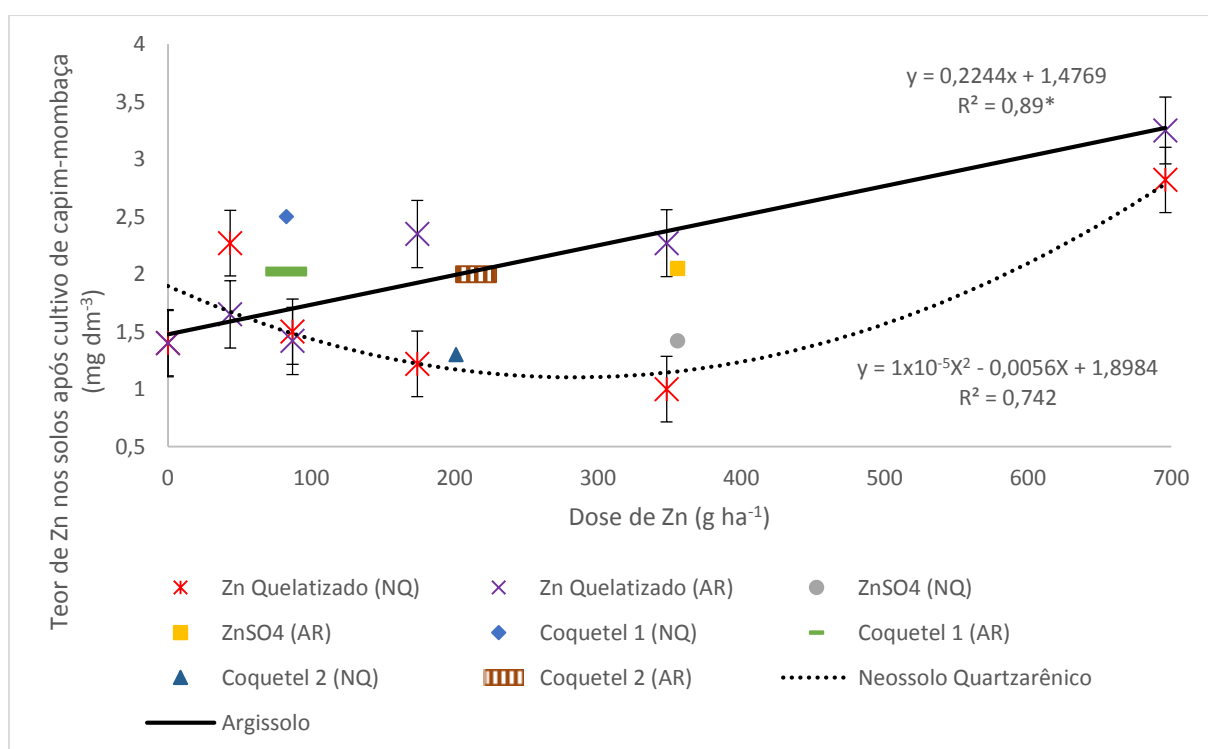


Figura 10: Teores de Zn no Neossolo Quartzarênico (NQ) e Argissolo (AR) após cultivo de capim-mombaça com adubação foliar de Zn.

Os outros atributos químicos do solo não tiveram significância ($P>0,05$) com as doses de Zn aplicadas (Tabela 10), em ambos os solos houve aumento de Ca e Mg devido a correção da acidez. Segundo Lopes et al. (2002), os principais efeitos da calagem são elevar o pH do solo (reduzindo a acidez); fornecer cálcio e magnésio como nutrientes; diminuir ou eliminar os efeitos tóxicos do alumínio (Al); diminuir a "fixação" de fósforo; aumentar a disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo no solo; aumentar a eficiência dos fertilizantes; aumentar a atividade biológica do solo e a liberação de nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo e boro, pela decomposição da matéria orgânica e em solos ricos em manganês (Mn), reduz as quantidades excessivas deste elemento presentes na solução do solo.

De acordo com os limites de interpretação do solo estabelecidos por Raij et al. (1996), os valores encontrados no solo ao final do experimento foram adequados para todos os nutrientes, exceto o K. O resultado do K pode ser atribuído à grande extração das plantas forrageiras, devido a massa vegetal removida mediante os cortes sucessivos.

Tabela 10: Análise química dos solos após cultivo de capim-mombaça adubado com doses de Zn.

Características	Neossolo Quartzarênico	Argissolo	DMS	CV%	Quelato Zn ^{ns}	ZnSO ₄	Coquetel 1	Coquetel 2
pH (CaCl ₂)	5,73	5,76	0,19 ^{ns}	5,89	5,75 (±0,34)	5,76 (±0,26)	5,63 (±0,48)	5,93 (±0,26)
M.O. (g dm ⁻³)	13,83	13,75	0,48 ^{ns}	5,98	13,79 (±0,82)	13,62 (±0,91)	14,37 (±1,40)	14,12 (±0,64)
P (mg dm ⁻³)	45,79 B	54,58 A	6,4	21,8	50,18 (±11,19)	42,37 (±17,89)	52,50 (±18,92)	52,12 (±15,48)
S (mg dm ⁻³)	20,70	14,91	9,01 ^{ns}	35,91	17,81 (±14,62)	15,00 (±14,08)	16,62 (±13,51)	10,02 (±3,60)
k (mmolc dm ⁻³)	0,46 B	1,03 A	0,14	34,1	0,75 (±0,38)	0,58 (±0,19)	0,77 (±0,50)	0,80 (±0,23)
Ca (mmolc dm ⁻³)	17,16	14,29	3,14 ^{ns}	34,17	15,72 (±5,67)	15,62 (±2,72)	16,00 (±5,42)	17,50 (±1,60)
Mg (mmolc dm ⁻³)	4,29	4,33	0,52 ^{ns}	20,9	4,31 (±0,90)	3,87 (±0,64)	5,62 (±3,24)	5,00 (±0,75)
Al (mmolc dm ⁻³)	0,00	0,16	0,33 ^{ns}	31,18	0,08 (±0,57)	0	0	0
H+Al (mmolc dm ⁻³)	17,12 A	15,41 B	1,48	15,57	16,27 (±2,60)	16,12 (±0,99)	16,50 (±3,29)	16,00 (±3,20)
SB (mmolc dm ⁻³)	21,92	19,66	3,4 ^{ns}	27,94	20,79 (±6,07)	20,08 (±3,13)	21,15 (±6,36)	23,30 (±1,85)
CTC (mmolc dm ⁻³)	39,04 A	35,07 B	3,23	14,91	37,06 (±5,86)	36,21 (±2,46)	37,65 (±4,22)	39,30 (±2,97)
V (%)	55,95	55,00	4,75 ^{ns}	14,62	55,47 (±8,25)	55,25 (±5,14)	55,12 (±13,01)	59,62 (±5,87)
m (%)	0,00	1,29	2,61 ^{ns}	32,1	0,64 (±4,47)	0	0	0
B (mg dm ⁻³)	0,13	0,13	0,01 ^{ns}	16,58	0,13 (±0,02)	0,12 (±0,02)	0,14 (±0,01)	0,14 (±0,02)
Cu (mg dm ⁻³)	0,69 B	1,75 A	0,07	10,53	1,22 (±0,55)	1,20 (±0,60)	1,26 (±0,63)	1,22 (±0,59)
Fe (mg dm ⁻³)	28,29 A	10,91 B	2,97	25,92	19,60 (±10,05)	19,00 (±9,08)	20,00 (±9,38)	17,62 (±10,88)
Mn (mg dm ⁻³)	1,67 B	10,78 A	1,63	44,73	6,22 (±5,40)	5,85 (±4,65)	7,06 (±6,01)	4,41 (±3,98)

P, Ca, Mg e K: resina; S: fosfato de cálcio; B: água quente; SB: soma de bases (K+Ca+Mg); Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA em pH 7,3; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio. ^{ns}: não significativo. Letra maiúscula distinta na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizada a pesquisa, os resultados permitem concluir que:

- A aplicação foliar de Zn quelatizado, coquetel de nutrientes e sulfato de zinco não influenciaram a produção de massa seca do capim-mombaça;
- O teor de Zn na massa seca do capim-mombaça foi diretamente proporcional à dose de Zn quelatizado via foliar, contribuindo com o fornecimento do micronutriente para alimentação animal;
- O Zn na adubação foliar reduz os teores de K na massa seca do capim-mombaça cultivado em Argissolo;
- O teor de Zn no Argissolo aumentou com a aplicação de Zn quelatizado via foliar;
- O teor de FDN, FDA e PB no capim-mombaça não foi afetado em função da aplicação de Zn quelatizado via foliar;
- A massa do sistema radicular do capim-mombaça reduziu com a aplicação de Zn quelatizado via foliar no Neossolo Quartzarênico e não apresentou efeito no Argissolo;
- Novos trabalhos de pesquisa devem ser realizados envolvendo o estudo de Zn e adubação foliar para avaliar seus efeitos em plantas forrageiras e suas interações com demais nutrientes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. A. Disponibilidade e avaliação dos elementos catiônicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P da; RAIJ, B. v.; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: Potafos, 2001. p.124-150.
- ABREU, C. A.; LOPES, A. L.; SANTOS, G. **Micronutrientes**. In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- ABREU, E. M. A.; FERNANDES, A. R.; MARTINS, A. R. A. E RODRIGUES, T. E. – Produção de forragem e valor nutritivo de espécies forrageiras sob condições de pastejo, em solo de várzea do rio Guamá. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 1, p. 11-18, 2006.
- ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Crescimento e desenvolvimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2164-2173, 2005.
- AMARAL, R. D.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F. Efeito de um resíduo da indústria de zinco sobre a química de amostras de solo e plantas de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 433-440, 1996.
- ANDRADE, R. P. de. Pasture seed production in Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001. Proceedings... [S.l.: s.n.], 2001. p.129-132.
- ANDRÉ, E. M.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; PALMA, L. A. S. Frações de zinco em solo arenoso e suas relações com disponibilidade para *Cynodon* spp cv. Tifton-85. **Revista Brasileira de Ciencias do Solo**, v.27, p.451-459, 2003.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.
- ARZOLLA, J. D. P.; HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre alimentação mineral do cafeeiro. VIII. Estudo da absorção e da translocação do radiozinco no cafeeiro. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.19, p.35-52, 1962.
- BARBOSA FILHO, M. P. Cereais. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p.435-444.
- BARBOSA FILHO, M. P., FAGERIA, N. K., FONSECA, J. R. Tratamento de sementes de arroz com micronutrientes sobre o rendimento e qualidade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 219-222, 1983.
- BERALDO, J. M. G.; PRADO, R. M.; CORTEZ, J. W. M.; MELLO, A. J. R.; TANIGUCHI, C. A. K. Produção e nutrição do capim-marandu submetido a doses de zinco no solo. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 2, p. 1-7, 2012.
- BERGSTROM, D. W.; MONREAL, C. M.; TOMLIN, A. D.; MILLER, J. J. Interpretation of soil enzyme activities in a comparison of tillage practices along a topographic and textural gradiente. **Canadian Journal of Soil Science**, Baltimore, v. 80, n. 3, p. 71-79, 2000.

BINGHAM, F.T.; A.L. PAGE; N.T. COLEMAN; K. FLACH. Boron adsorption characteristics of selected amorphous soils from Mexico and Hawaii. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 35, n. 50, p. 546, 1971.

BOROWSKI, E.; MICHALEK, S. The effect of foliar nutrition of spinach (*Spinacia oleracea* L.) with magnesium salts and urea on gas exchange, leaf yield and quality. **Acta Agrobotânica**, v. 63, p. 77-85, 2010.

BREKKEN, A.; STEINNES, E. Seasonal concentrations of cadmium and zinc in native pasture plants: consequences for grazing animals. **Science of the Total Environment**, v. 326, p. 181-195, 2004.

CAKMAK, I.; PFEIFFER, W. H.; MCCLAFFERTY, B. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 87, p. 10-20, 2010.

CECATO, U.; CASTRO, C. R. de C.; CANTO, M. W. do; CANO, C. C. P; SANTOS, G. T. dos. Perdas de forragem em pastagem de capim tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. tanzânia) manejada em diferentes alturas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2002. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2002

CORREIA, M. A. R; PRADO, R. M.; COLLIER, L. S.; ROSANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Modos de aplicação de zinco na nutrição e no crescimento inicial da cultura do arroz. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 1-7, 2008.

COUTINHO, E. L. M.; SILVA, E.J.; SILVA, A. R. Crescimento diferencial e eficiência de uso em zinco de cultivares de milho submetidos a doses de zinco em um Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, p. 227-234, 2007.

CRUZ, M. C. P.; NAKAMURA, A. M.; FERREIRA, M. E. Adsorção de boro pelo solo: efeito da concentração e do pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 621-626, 1987.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FENANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

DICK, D. P.; MARTINAZZO, R.; KNICKER, H.; ALMEIDA, P. S. G. Matéria orgânica em quatro tipos de solos brasileiros: composição química e sorção de atrazina. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 14-19, 2010.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileira de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Massachussets: Sinauer, 2005. 380 p.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALÉRIO, J. R.; BONO, J. A. M. Cultivar Massai (*Panicum maximum*) uma nova opção forrageira: características de adaptação e produtividade. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000. **Anais...** Viçosa-MG: [s.n.], 2000. CD-ROM.

FAGERIA, N. K. Adequate and toxic levels of copper and manganese in upland rice, common bean, corn, soybean, and wheat grown on an oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 9-10, p.1659-1676, 2001.

FAO. **Aminoacid contente of food and biological date**: on proteins. v.258. Rome: FAO, 1970. p. 56.

FERNANDES, A. R.; PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; MIRANDA, J. R. P. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de feijó (*Crodia goeldiana Huber*) em função de doses de fósforo e zinco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p.599-608, 2007.

FERRADON, M.; CHAMEL, R. Cuticular retention, foliar absorption and translocation of Fe, Mn and Zn supplied in organic and inorganic form. **Journal of Plant Nutrition**, v. 11 p. 247-263, 1988.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, 2001.

GALRÃO E. Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de disponibilidade para o milho num latossolo vermelho-escuro, argiloso, sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.283-289, 1996.

GALRÃO, E. Z. Métodos de correção de deficiência de zinco para o cultivo de milho num latossolo vermelho-escuro argiloso sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.229-233, 1994.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2004. 207-208.

GALRÃO, E. Z.; MESQUITA FILHO, M. V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, p. 167-70, 1981.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage Fiber Analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). **Agriculture Handbook**. Forest Serv. U. S., Washington, v. 379, p. 1-20, 1970.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A. de; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 660-666, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000300019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 ago. 2015.

GUPTA, U.; MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. Micronutrients in grassland production. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 2001, Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: Fealq, 2001. p. 1097.

HEINRICHS, R. **Efeito do magnésio na absorção e distribuição de manganês e zinco na soja (Glycine Max (L.) Merrill) cultivada em solos de cerrado**. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HEINRICHS, R.; SOARES FILHO, C. V. **Adubação e manejo de pastagens: II Simpósio de adubação e manejo de pastagens**. Ed 1. Birigui-SP: Boreal, 2014. P. 7-8.

IBGE. **Sidra**: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

JAMAMI, N.; BÜLL, L. T.; CORRÊA, J. C.; RODRIGUES, J. D. Resposta da cultura do milho (*Zea mays* L.) à aplicação de boro e de zinco no solo. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 28, n.1, p. 99-105, 2006.

KROTZ, R. M.; EVANGELOU, B. P.; WAGNER, G. J. Relationships between cadmium, zinc, Cd-peptide and organic acids in tobacco suspension cells. **Plant Physiology**, v. 91, p. 780-787, 1990.

LEBLANC, P. V.; GUPTA, U. C.; CHRISTIE, B. R. Zinc nutrition of silage corn grown on acid Podzols. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, p. 345-353, 1997.

LOPES, C. F.; TAMANINI, C. R.; MONTE SERRAT, B., LIMA, M. R. **Acidez do solo e calagem**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/Projeto de Extensão Universitária Solo Planta, 2002. (Folder).

MACHADO, A. O.; CECATO, U.; MIRA, R. T.; PEREIRA, L. A. F.; DAMASCENO, J. C. Avaliação da composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 1057-1063, 1998.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 638, 2006.

MALAVOLTA, E.; PAULINO, V. T.; LOURENÇO, A. J.; MALAVOLTA, M. L.; ALCARDE, J. C.; CORRÊA, J. C.; TERRA, M. M.; CABRAL, C. P. Eficiência relativa de fontes de zinco para o milho (*Zea mays* L.). **Anais da ESALQ**, v. 44, p. 57-76, 1987.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. p. 319.

MANARIN, S.A. **Combinações de doses de fósforo e zinco em solução nutritiva para o capim-Tanzânia**. 2005. f. 81. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995. p. 889.

MARTÍNEZ, C.E.; MOTTO, H.L. Solubility of lead, zinc and copper added to mineral soils. **Environmental Pollution**, v. 107, p. 153-158, 2000.

MORAES M. F. de; SANTOS M. G.; BERMÚDEZ-ZAMBRANO O. D.; MALAVOLTA M.; RAPOSO R. W. C.; CABRAL C. P.; MALAVOLTA E. Resposta do arroz em casa

- de vegetação a fontes de micronutrientes de diferentes granulometria e solubilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, 2004. (notas científicas)
- MOREIRA, A. **Influência do magnésio na absorção e transporte do manganês e do zinco na soja**. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- MORENO, L. S. B.; PEDREIRA, C. G. S.; BOOTEC, K. J.; ALVES, R. R. Base temperature determination of tropical *Panicum* spp. grasses and its effects on degree-day-based models. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 186, p. 26–33, mar., 2014.
- MORTVEDT, J. J. Use of industrial by-products containing heavy metal contaminants in agriculture. In: REDDY, R. O.; LEMRIE, W. P.; QUENEAU, P. B. (eds.) *Residues and Effluents: processing and environmental considerations*. Lakewood: The Mineral Metal and Material Society, 1992. p. 861-870.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academy of Science, 1996.
- NORONHA, J.F.; ROSA, B. **Produção de leite no sistema de rotação de pastagem**: viabilidade técnica e econômica. 1 ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2001. p.56.
- NOWACK, B.; SCHWYZER, I.; SCHULIN, R. Uptake of Zn and Fe by wheat (*Triticum aestivum* var. Greina) and transfer to the grains in the presence of chelating agents (ethylenediaminedisuccinic acid and ethylenediaminetetraacetic acid). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 4643-4649, 2008.
- OBRADOR, A.; NOVILLO, J.; ALVARES, J. M. Mobility and availability to plants of two zinc sources applied to a calcareous soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.67, p. 564-572, 2003.
- OFFIAH, O. O.; AXLEY, J. H. **Soil testing for boron on acid soils**. In: GUPTA, U. C. (Ed.). *Boron and its role in crop production*. Boca Raton: CRC, 1993. p. 105-23.
- OHKI, K. Zinc nutrition related to critical deficiency and toxicity levels for sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, p. 253-256, 1984.
- OLIVEIRA, I. P.; CASTRO, F. G. F.; PAIXÃO, V. V.; MOREIRA, Y. F. P. Efeitos qualitativo e quantitativo de aplicação do zinco no capim Tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, n. 1, p. 43-48, 2000.
- OLIVEIRA, P.P.A.; SOUZA, F. H. D.; LUIZ, P. H. C. **Avaliação da adubação com micronutrientes em pastagens sob irrigação para produção de forragem e de sementes**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. p. 40.
- ORIOLI JUNIOR, V.; PRADO, R. M.; LEONEL, C. L.; CAZETTA, D. A.; SILVEIRA, C. M.; QUEIROZ, R. J. B.; BASTOS, J. C. H. A. G. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de massa seca de plantas de trigo. **Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal**, Temuco, v. 8, n. 1, p. 28-36, 2008.
- PARDUCCI, S.; SANTOS, O. S.; CAMARGO, R. P. **Micronutrientes Biocrop**. Campinas: Microquímica, 1989. p. 101.

- SOUZA, C. G.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, M. C.; CUNHA, M. V.; LIRA, M. A. Medidas qualitativas de cultivares de *Panicum maximum* jacq. submetidos a adubação nitrogenada. **Revista Caatinga**, v.19, n.4, p.333-338, out./dez. 2006.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002. p. 309.
- PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; VIDAL, A. A.; MARCELO, A. V. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de matéria seca do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 67-74, jan./mar. 2008.
- QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; MALAVOLTA, E. Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirements of soils. **Communications in Soil Science and Plants Analysis**, v. 16, p. 24-60, 1985.
- RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. p.285.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1996. (Boletim técnico 100).
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: bases para a distinção de ambientes. 4. ed. Viçosa, MG: NEPUT, 2002. p. 338.
- ROSOLEM, C.A.; FRANCO, G. R. Translocação do zinco e crescimento radicular em milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.807-814, 2000.
- SANTOS, C. H.; DUARTE FILHO, J.; MODESTO, J. C.; GRASSI FILHO, H.; FERREIRA, G. Adubos foliares quelatizados e sais na absorção de boro, manganês e zinco em laranja Pera. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 999-1004, 1999.
- SANTOS, T. M.; FARIA, A. F. G.; AVALHÃES, C. C.; PRADO, R. M. Produção de biomassa e nível crítico tóxico do capim-xaraés em função da aplicação de zinco. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 66, p. 53-60, 2009.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **Statistical analysis system user's guide**: version 8.2 Cary: Statistical analysis System Institute, 2001. (CD-ROM).
- SCHLEGEL, T. K.; SCHÖNHERR, J.; SCHREIBER, L. Rates of foliar penetration of chelated Fe (III): Role of light, stomata, species, and leaf age. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 6809-6813, 2006.
- SCHREINER, R. P. Foliar sprays containing phosphorus (P) have minimal impact on 'Pinot Noir' growth and P status, mycorrhizal colonization, and fruit quality. **Hortscience**, v. 45, p. 815-821, 2010.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002.
- STOYANOVA, Z.; DONCHEVA, S. The effect of zinc supply and succinate treatment on plant grown and mineral uptake in pea plant. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Pelotas, v.14, n.2, p.111-116, 2002.

- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. [S.l. : s.n.], 2004. p. 719,
- TEODORO, A. L.; OLIVEIRA, M. V. M.; LONGO, M. L.; RUFINO JÚNIOR, J. E.; VARGAS JÚNIOR, L. D. F. Influência do revestimento de sementes e tratamento com inseticida no desenvolvimento e características nutricionais da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 13, p. 213-221, 2011.
- VALENTIN, J. F.; CARNEIRO, J. C.; MOREIRA, P.; JANK, L. E.; SALES, M. F. L. Capim Massai (*Panicum maximum* Jacq.): nova forrageira para a diversificação das pastagens no Acre. Rio Branco: Embrapa, 2001. (Boletim Técnico, v. 41),
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. p. 476.
- VITTI, G. C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1989.
- VITTI, G. C.; QUEIROZ, F. E. de C.; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cana-de-açúcar: mitos e realidades. Piracicaba: Potafos, In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR, 2., 2005. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2005.
- VITTI, G. C.; SERRANO, C. G. de E. O zinco na agricultura. **DBO Agrotecnologia**, p.10-11, 2006. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/publicacoes>>. Acesso em: 10 ago. 2015.