

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA DO CAPIM ELEFANTE IRRIGADO COM PERCOLATO DE ATERRO SANITÁRIO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Cícero Luiz Câmara Júnior¹, Felipe Ferreira Coelho², Mateus Pessoa Caminha³, Luís César de Aquino Lemos Filho⁴, Rafael Oliveira Batista⁴, Stefeson Bezerra de Melo⁵

RESUMO: Com a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010, evidenciam-se as preocupações com os impactos ambientais da destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos, incluindo o percolado de aterro sanitário. Este estudo teve como objetivo avaliar o estado nutricional do capim elefante produzido com a aplicação de doses de percolado de aterro sanitário, visando à revegetação e proteção dos taludes de células de aterros sanitários. O experimento foi realizado na Unidade Experimental de Reúso da Água (UERA) situada próximo ao Centro de Pesquisa em Aquicultura e Pesca Sustentável do Semiárido (CEPAS), onde foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em irrigação com 100% da evapotranspiração da cultura (ETc) utilizando água de poço (AP) e diferentes doses de PAS (0 a 4 L m⁻²). As amostras foliares foram coletadas e analisadas para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn. Os dados foram submetidos à matriz de correlação, análise de componentes principais, análise de agrupamento e análise fatorial. As diluições de percolado de aterro sanitário influenciaram o acúmulo de macro e micronutrientes no tecido foliar, sendo os tratamentos T1 e T3 similares. Os nutrientes mais relevantes foram Fe, Mg (T1 e T3, respectivamente) e Mn (T5). A análise fatorial indicou que os dois fatores principais concentraram maiores cargas nos macros e micronutrientes. Em relação aos padrões de acúmulo de nutrientes do tecido vegetal, os macronutrientes P e K se mostraram acima dos valores limite, enquanto os micronutrientes Mn

¹ Pós-doutor em Manejo de Solo e Água, UFERSA, Mossoró, RN.

² Graduando em Agronomia, UFERSA, CEP 59625-900, Mossoró, RN. Fone (85) 9 9169-9215. e-mail: felipe.coelho@alunos.ufersa.edu.br

³ Mestrando em Manejo de Solo e Água, UFERSA, CEP 59625-900, Mossoró, RN. Fone (88) 9 9971-9974. e-mail: mateus.caminha@alunos.ufersa.edu.br

⁴ Prof. Doutor, Centro de Engenharias, UFERSA, Mossoró, RN.

⁵ Prof. Doutor, Depto de Ciências Exatas e Tecnologia da Informação, UFERSA, Angicos, RN.

e Zn se mostraram dentro da faixa recomendada para o capim elefante. T3 foi o tratamento que possibilitou aporte do maior número de nutrientes (N, K, Ca e Zn) ao capim elefante.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento e manejo de efluente. legislação ambiental. *pennisetum purpureum schumach.*

EVALUATION OF THE NUTRITIONAL STATUS OF ELEPHANT GRASS CROP IRRIGATED WITH LANDFILL PERCOLATE IN THE SEMI-ARID NORTHEASTERN REGION

ABSTRACT: With the establishment of the National Solid Waste Policy (PNRS) in 2010, concerns have been raised about the environmental impacts of the improper disposal of urban solid waste, including landfill leachate. This study aimed to evaluate the nutritional status of elephant grass grown with the application of landfill leachate doses, with the goal of revegetating and protecting the slopes of landfill cells. The experiment was conducted at the Experimental Water Reuse Unit (UERA), located near the Research Center for Aquaculture and Sustainable Fisheries of the Semi-Arid (CEPAS). It was carried out using a randomized block design with five treatments and five replications. The treatments consisted of irrigation with 100% of crop evapotranspiration (ET_c) using well water (AP) and different doses of landfill leachate (PAS) ranging from 0 to 4 L m⁻². Foliar samples were collected and analyzed for nutrients N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, and Zn. Data were subjected to correlation matrix analysis, principal component analysis, cluster analysis, and factor analysis. The leachate dilutions influenced the accumulation of macro and micronutrients in the leaf tissue, with treatments T1 and T3 showing similarity. The most relevant nutrients were Fe (T1), Mg (T3), and Mn (T5). Factor analysis indicated that the two main components concentrated higher loadings on both macro and micronutrients. Regarding the nutrient accumulation patterns of plant tissue, the macronutrients P and K were above the limit values, while the micronutrients Mn and Zn were within the recommended range for elephant grass. T3 was the treatment that provided the highest amount of nutrients (N, K, Ca, and Zn) to elephant grass.

KEYWORDS: effluent treatment and management. environmental legislation. *pennisetum purpureum schumach.*

INTRODUÇÃO

O uso sustentável dos recursos naturais, como solo e água, tem-se constituído relevante diante do aumento das atividades antrópicas e da preocupação com a destinação adequada de resíduos, como o percolado de aterros sanitários (Mangieri & Tavares Filho, 2015). O percolado de aterro sanitário contém uma porcentagem considerável de matéria orgânica e de elementos químicos essenciais às plantas e pode desempenhar um papel fundamental nas propriedades físicas do solo e na manutenção da fertilidade do solo (Silva et al., 2011; Mangieri & Tavares Filho, 2015). O capim elefante (*Pennisetum purpureum Schumach*), destaca-se por seu vigor, produção e capacidade de fixação de CO₂ (Chaves et al., 2013; Pereira et al., 2017). A análise multivariada de dados possibilita verificar o efeito de vários tratamentos interferindo em diversos fatores, inclusive o ambiental, acarretando assim uma melhor precisão dos dados. Diante o exposto, objetivou-se com este trabalho analisar os efeitos da aplicação de doses de percolado de aterro sanitário no estado nutricional do capim elefante, empregando-se análise multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido com capim elefante (*Pennisetum purpureum Schumach*) na Unidade Experimental de Reúso de Água (UERA), localizada próximo do Centro de Pesquisa em Aquicultura e Pesca Sustentável do Semi-Árido (CEPAS), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Leste Mossoró-RN, sob coordenadas 5°12'30'' S e 37°19'08'' O. O solo da UERA foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (Santos et al., 2018). O clima local, segundo Köppen, é BSh (seco, muito quente), com média anual de 794 mm de precipitação, temperatura média do ar de 26,5°C (Alvares et al., 2013). A área experimental composta de 378 m², destinado ao cultivo da cultura do capim elefante (*Pennisetum purpureum Schumach*), onde foram delimitadas 25 parcelas experimentais, sendo cinco tratamentos repetidos cinco vezes em delineamento em blocos casualizados (Figura 1). Os tratamentos consistiram de irrigação com água de poço (AP) correspondente a 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c) e adição de diferentes doses de percolado de aterro sanitário (PAS): T1 (sem PAS), T2 (1 L m⁻²), T3 (2 L m⁻²), T4 (3 L m⁻²) e T5 (4 L m⁻²), conforme Silva (2008). Cada parcela experimental foi construída nas dimensões de 1,0 x 1,0 m (1,0 m² cada), e 0,30 m entre parcelas, onde foi cultivado o capim elefante.

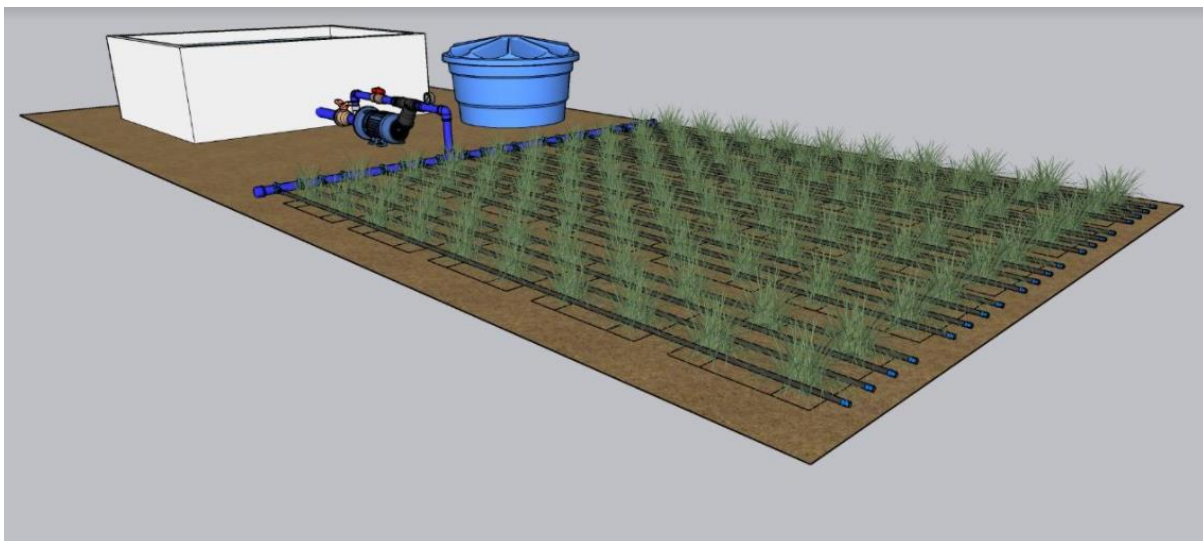


Figura 1. Esquema do delineamento experimental utilizado na condução do experimento.

Estão apresentados na Tabela 1 os valores médios dos atributos químicos do percolato de aterro sanitário e da água de poço utilizadas na fertirrigação do capim elefante.

Tabela 1. Médias de valores de atributos químicos do percolato de aterro sanitário (PAS) e da água de poço (AP) utilizadas na fertirrigação do capim elefante.

Atributos	PAS	AP
N (mg L^{-1})	592	NR
P (mg L^{-1})	4,90	NR
K ⁺ ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	58,55	0,39
Ca ²⁺ ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	10,44	2,98
Mg ²⁺ ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	18,38	2,86
Fe (mg L^{-1})	5,07	0,26
Mn (mg L^{-1})	3,66	0,01
Zn (mg L^{-1})	1,13	0,05

As amostras das folhas do capim foram coletadas nas 25 parcelas experimentais 132 dias após o plantio, sendo acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados até o início das análises no LASAP/UFERSA.

Primeiramente efetuou-se a secagem das amostras de folhas em uma estufa de circulação forçada com temperatura de 65°C, durante 72 h, até atingir peso constante. Depois de secas as amostras foram passadas em moinho tipo Wiley com peneira de 40 mesh (Prado, 2008).

A extração dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn no tecido vegetal foi obtida por digestão da matéria seca com ácido nítrico associada ao aquecimento com microndas. Para isso, utilizaram-se tubos de teflon pressurizados e um Digestor MARS™ fabricado pela CEM Corporation (Ferreira, 2014). Deve-se ressaltar que os métodos de análises dos nutrientes nos

extratos provenientes da digestão foram realizados conforme as recomendações da EMBRAPA (Silva, 2009).

Em seguida, transferiu-se 0,5 g do material vegetal seco e triturado para tubo de teflon de 100 mL, onde foi acrescentado 5 mL de ácido nítrico (65% P.A). Posteriormente, os tubos foram inseridos no cilindro de aço de segurança do equipamento; colocou-se o tubo no Digestor MARS™, onde a temperatura foi mantida na faixa de 170 a 180 °C, bem como pressão de 20 a 25 bar e potência de 600 a 1000 W por 20 minutos, manteve-se as amostras nessa temperatura por mais 15 minutos; após desligar o Digestor MARS™ e esfriar os extratos, adicionou-se água destilada até completar o volume de 25 mL (extrato 1); paralelamente, também, realizou-se a prova em branco, empregando-se os mesmos procedimentos (Costa, 2019).

Para analisar teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn utilizou-se a análise multivariada por meio da matriz de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$), Análise de Componentes Principais (ACP), Análise de Agrupamento (AA) e Análise Fatorial (AF).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra a matriz de correlação dos dados de macronutrientes e micronutrientes no tecido vegetal do capim elefante. Nessa tabela destaca-se a alta correlação entre os elementos manganês e magnésio, seguidos de zinco e cálcio, no entanto as menores correlações ficaram para os nutrientes magnésio e fósforo, seguidos de manganês e ferro.

Tabela 2. Matriz de correlação linear simples de dados de macro e micronutrientes do tecido vegetal da cultura do capim elefante

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
N	1,00							
P	0,38	1,00						
K	0,70	-0,23	1,00					
Ca	0,71	-0,08	0,47	1,00				
Mg	0,17	-0,70	0,61	0,57	1,00			
Fe	0,64	0,68	-0,02	0,33	-0,55	1,00		
Mn	0,27	-0,56	0,68	0,58	0,98	-0,51	1,00	
Zn	0,58	-0,24	0,39	0,79	0,32	0,51	0,23	1,00

Nota: Números em vermelho, são valores significativos no nível de significância a 0,05 (teste bicaudal).

A análise de componentes principais mostrada na Figura 2, revelou que o componente 1 explicou 48,13% da variação, com destaque para ferro, fósforo e nitrogênio, enquanto o componente 2 explicou 35,33%, evidenciando manganês, magnésio, potássio e cálcio como

mais relevantes na discriminação dos tratamentos. A Figura 3 indicou a oposição entre os tratamentos T1 e T5, situação idêntica aos tratamentos T2 e T4 com relação a T3. T1 apresentou altos teores de ferro e fósforo, T3 de nitrogênio, zinco e cálcio, e T5 de magnésio, manganês e potássio. Os tratamentos T2 e T4 apresentaram os menores teores de nutrientes. Os teores de nitrogênio nos tratamentos T4 e T5 excederam a faixa recomendada por Werner et al. (1997), enquanto fósforo, potássio, cálcio e magnésio estiveram acima da faixa em todos os tratamentos. Os micronutrientes (ferro, manganês e zinco) estiveram dentro dos níveis recomendados em todos os casos.

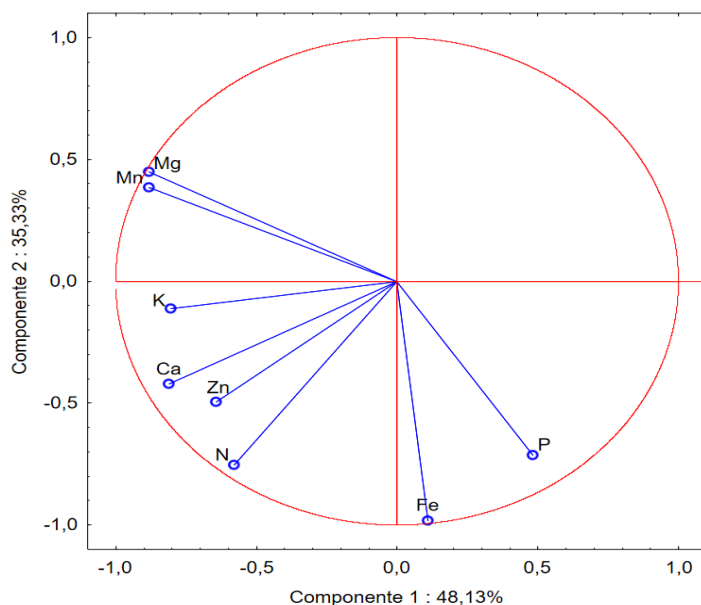


Figura 2. Distribuição de variáveis, no círculo de correlações representando a relação entre os componentes principais 1 e 2 do tecido vegetal da cultura do capim elefante.

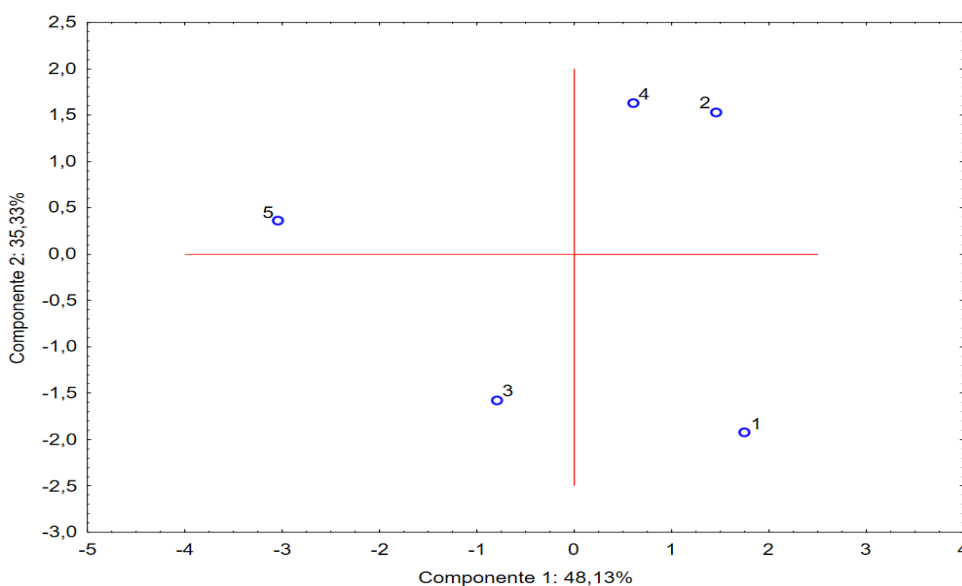


Figura 3. Distribuição dos tratamentos no plano representando a relação entre os componentes principais 1 e 2 do tecido vegetal da cultura do capim elefante.

O dendrograma (Figura 4) indicou dois grupos: o Grupo 1, com T1 e T3 (semelhante em teores de nutrientes aos da testemunha), e o Grupo 2, com T2, T4 e T5, indicando similaridade entre tratamentos com adição de percolado. T1 (sem percolado) e T5 (maior dose) apresentaram maior dissimilaridade, reforçando a influência do percolado na composição nutricional da planta.

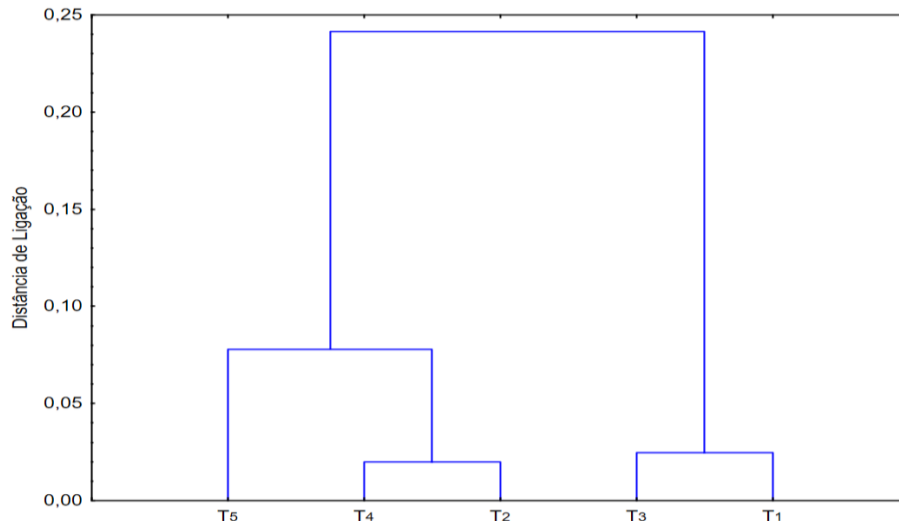


Figura 4. Dendrograma vertical da análise de agrupamento de macro e micronutrientes no tecido vegetal do capim elefante por meio da distância euclidiana utilizando o método de Ward.

Na Tabela 3, a análise fatorial demonstrou que o fator 1 teve maior associação com nitrogênio, cálcio e zinco, enquanto o fósforo, magnésio e manganês apresentaram menores correlações. No fator 2, destacaram-se magnésio e manganês como os nutrientes com maiores cargas fatoriais.

Tabela 3. Cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo método Varimax, extraídos por componentes principais, destacando-se os micro e macro nutrientes com cargas superiores a 0,70 (em módulo)

Variáveis	Cargas Fatoriais	
	Fator 1	Fator 2
N	0,93	-0,19
P	0,10	-0,85
K	0,68	0,44
Ca	0,89	0,21
Mg	0,38	0,92
Fe	0,56	-0,82
Mn	0,42	0,87
Zn	0,81	0,04
Autovalores	3,85	2,83
Variância Total (%)	48,13	35,33
Variância Total Acumulada (%)	48,13	83,45

Em relação às cargas fatoriais, apresentadas na Tabela 3, constatou-se que o nitrogênio seguido de cálcio e zinco apresentaram as maiores correlações em relação ao fator 1, já as menores correlações ocorreram no fósforo, seguidos do magnésio e manganês. Em relação às cargas aplicadas ao fator 2, pode-se inferir que as maiores cargas fatoriais ocorreram no magnésio e manganês.

Em relação ao agrupamento dos tratamentos nos fatores, demonstra-se que tanto o fator 1 quanto o fator 2, agruparam macronutrientes e micronutrientes. As cargas fatoriais do fator 1 que representam alta explicação estão representadas nos nutrientes nitrogênio, cálcio e zinco, se concentrando tanto nos macronutrientes, quanto nos micronutrientes. Já as cargas que apresentam baixo poder de explicação dos dados, ficaram com os nutrientes fósforo e magnésio, ou seja, as baixas explicações ficaram concentradas nos micronutrientes.

Já as cargas fatoriais aplicadas no fator 2 em que houve alta explicação nos dados, se concentraram nos nutrientes magnésio e manganês. Já as cargas fatoriais que apresentaram baixo poder de explicação dos dados, presentes nos elementos foram o fósforo, ferro, nitrogênio e zinco, ou seja, as menores explicações ficaram concentradas tanto nos macronutrientes como nos micronutrientes.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios de macro e micronutrientes das folhas de capim elefante fertirrigado com doses de percolado de aterro sanitário e respectivo padrão do estado nutricional

Tabela 4. Valores médios de macro e micronutrientes das folhas de capim elefante fertirrigado com doses de percolado de aterro sanitário e respectivo padrão do estado nutricional

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹				
T1	24,43	38,16	49,49	25,50	25,26	132,33	53,88	30,75
T2	22,61	21,11	44,64	23,79	31,78	98,48	66,92	31,20
T3	24,50	22,99	53,26	30,25	31,37	132,77	65,79	38,46
T4	28,09	25,47	64,72	22,90	39,24	112,00	91,48	35,06
T5	29,58	25,51	68,24	41,90	50,68	123,23	135,57	41,88
Padrão ⁽¹⁾	15-25	1-3	15-30	3-8	1,5-4,0	50-100	40-200	20-50

Nota: (1) Werner et al. (1997).

Constata-se, na Tabela 4, que nenhum macro ou micronutriente ficou abaixo do limite inferior da faixa apresentada por Werner et al. (1997). No entrando, os valores de N de T4 e T5 ficaram acima do limite superior da faixa, assim como todas as médias de P, K, Ca e Mg dos cinco tratamentos. Por outro lado, os teores foliares dos micronutrientes Mn e Zn ficaram entre os valores limite. Somente o teor de Fe de T2 ficou dentro da faixa.

CONCLUSÕES

Os nutrientes manganês e magnésio apresentaram relevância em relação ao tratamento T5, enquanto o magnésio e o ferro foram relevantes em T3 e T1, respectivamente. Em T2 e T4 ocorreu baixo teor de potássio, cálcio, zinco e nitrogênio, porém T3 apresentou alto teor de potássio, cálcio, zinco e nitrogênio; e T5 diferiu dos demais tratamentos devido ao maior aporte de macronutrientes e micronutrientes pelo percolado de aterro sanitário. Nos fatores 1 e 2, tanto os macronutrientes quanto os micronutrientes apresentaram relevância. As doses de percolado de aterro sanitário proporcionaram distintos efeitos na acumulação de macronutrientes e micronutrientes no tecido foliar, no entanto esse comportamento foi semelhante entre os tratamentos T1 e T3. Em relação aos padrões de acúmulo de nutrientes do tecido vegetal, os macronutrientes P e K se mostraram acima dos valores limite, enquanto os micronutrientes Mn e Zn se mostraram dentro da faixa recomendada para o capim elefante. T3 foi o tratamento que possibilitou aporte do maior número de nutrientes (N, K, Ca e Zn) ao capim elefante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711–728, 2013.
- CHAVES, C. S.; GOMIDE, C. A. M.; RIBEIRO, K. G.; PACIULO, D. S. C.; LEDO, F. J. S.; COSTA, I. D. E. A.; CAMPANA, L. L. Forage production of elephant grass under intermitente stocking. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 2, p. 234-240 2013.
- COELHO, D. C. L. **Atributos químicos de um argissolo e produção de capim elefante decorrentes da aplicação de percolado de aterro sanitário**. Mossoró: UFERSA, 2013. 100 p. Dissertação Mestrado
- COSTA, D. O. **Utilização de água produzida do petróleo na produção e capacidade de fitoextração de cactácea no semiárido brasileiro**. Mossoró: UFERSA, 2019. 135 p. Tese Doutorado
- FERREIRA, A. K. C. **Avaliação de métodos de análises químicas de nutrientes em tecido vegetal**. Mossoró: UFERSA, 2014. 88p. Tese Doutorado.

MANGIERI, V. R. L.; TAVARES FILHO, J. Disposição de resíduos sólidos no solo: efeito nos atributos físicos, químicos e na matéria orgânica. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p.747-764, 2015.

PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C; BARBOSA, S. BRS Kurumi and BRS Capiacu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 59-62, 2017.

PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: FUNESP, 2008.500 p.

SANTOS H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p

SILVA, D. F. **Efeito da aplicação de percolado de resíduo sólido urbano em solo cultivado com capim-tifton 85**. Viçosa, MG: UFV. 2008. 148 f. Tese Doutorado.

SILVA, D. F.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; BATISTA, R. O.; MOREIRA, D. A. Alteração química de solo cultivado com capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 3, p. 243-251, 2011.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. 627p.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. DE O. FORRAGEIRAS. IN: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. Cap. 24, p. 261-273.