

ESTADO NUTRICIONAL DO MILHO FERTIRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM DIFERENTES DILUIÇÕES

Bruna Silva Martins¹, Marconi Batista Teixeira², Daniely Karen Matias Alves³, Edson Cabral da Silva⁴, Maykelle Vieira Mendes Gonçalves⁵, Fernando Nobre Cunha⁶

RESUMO: A fertirrigação com águas residuárias é uma excelente alternativa do ponto de vista agrônomo e ambiental, para o fornecimento de macronutrientes para a cultura do milho. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito comparativo entre a fertirrigação com água residuária de piscicultura e de suinocultura em diferentes diluições no teor de nutrientes nas folhas de milho. O experimento foi conduzido em vasos plásticos, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2×4 , com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de água residuária (piscicultura e suinocultura) diluídas em quatro proporções de água de abastecimento, sendo: dose recomendada de água residuária + 0, 25, 50, 75% de seu volume em água de abastecimento (aplicada via gotejamento superficial). Avaliou-se o estado nutricional do milho no período do florescimento, quantificando o teor de macronutrientes. Independente da fonte de água residuária e da diluição utilizada na fertirrigação, à exceção para o teor de enxofre, o milho apresenta teores dos demais macronutrientes no tecido vegetal adequados, na época do florescimento.

PALAVRAS-CHAVE: efluentes, nitrogênio, macronutrientes

NUTRITIONAL STATE OF CORN FERTIRRIGATED WITH RESIDENTIAL WATER IN DIFFERENT DILUTIONS

ABSTRACT: Fertigation with wastewater is an excellent alternative from an agronomic and environmental point of view, for the supply of macronutrients for the cultivation of corn. The aim of this study was to evaluate the comparative effect between fertigation with fish and

¹ Mestranda em Ciências Agrárias, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO. Fone (64) 99214-2497, e-mail: martinsengambiental@gmail.com.

² Professor IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

³ Doutoranda em Ciências Agrárias, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

⁴ Pós-doutorando, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

⁵ Acadêmica de Engenharia Ambiental, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

⁶ Pós-doutorando, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

swine wastewater at different dilutions in the nutrient content of corn leaves. The aim of this study was to evaluate the comparative effect between fertigation with fish and swine wastewater at different dilutions in the nutrient content of corn leaves. The experiment was conducted in plastic vases, at the Federal Institute of Goiás - Campus Rio Verde - GO. The experimental design used was in randomized blocks, analyzed in a 2×4 split plot scheme, with three replications. The treatments consisted of two sources of wastewater (fish and swine) diluted in four proportions of water supply: recommended dose of waste water + 0, 25, 50, 75% of its volume in water supply (applied via drip) superficial). The nutritional status of corn during the flowering period was evaluated, quantifying the content of macronutrients. Regardless of the source of wastewater and the dilution used in fertigation, with the exception of the sulfur content, corn has adequate levels of other macronutrients in the plant tissue at the time of flowering.

KEYWORDS: effluents, nitrogen, macronutrients

INTRODUÇÃO

Normalmente, no Brasil, a maior parte da adubação do milho com os nutrientes NPK, tem sido realizada por meio de fertilizantes minerais; no entanto, o aproveitamento de fontes alternativas de nutrientes configura em excelente oportunidade de reciclagem de nutrientes ao solo, além de ser uma forma de destinação final mais adequada para alguns resíduos animais que são produzidos em elevadas quantidades, sendo considerados passivos ambientais. Diversos estudos realizados relatam a eficiência da utilização das águas residuárias na fertirrigação agrícola como opção para suprir as necessidades hídricas e nutricionais das plantas (MARQUES et al., 2017; KUMMER et al., 2018), pois muitos dos nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas são encontrados em níveis consideráveis nas águas residuárias (ALVES et al., 2018) de origem animal, em especial de suinocultura e de piscicultura.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito comparativo entre a fertirrigação via gotejamento superficial com água residuária de piscicultura e de suinocultura no teor de macronutrientes nas folhas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde - GO, em vasos plásticos, dispostos a céu aberto. Os vasos foram preenchidos com 25 litros de solo coletado numa camada de 0,0 – 0,20 m de profundidade em uma área de Cerrado nativo pertencente ao IF Goiano – Campus Rio Verde, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase Cerrado, de textura argilosa (SANTOS et al., 2018), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo, coletado na camada de 0,00–0,20 m de profundidade, utilizado para o preenchimento dos vasos.

Prof. ¹ (m)	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	CaCl ₂
	----- cmol _c dm ⁻³ -----					----- mg dm ⁻³ -----			pH	
0,0-0,2	0,77	0,34	1,11	0,04	2,15	0,05	18	9,9	0,47	5,2
Prof. (m)	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC ^a	SB ^b	V% ^c	m% ^d
	----- Micronutrientes (mg dm ⁻³) -----					cmol _c dm ⁻³			Sat. Bases	Sat. Al
0,0-0,2	0,0	75,56	12,96	4,16	3,93	ns	3,31	1,16	35	3,3
Prof. (m)	Textura (g kg ⁻¹)			M.O.	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
	Argila	Silte	Areia	----- Relação entre bases -----						
0,0-0,2	502	49	449	15,2	2,3	15,4	6,8	23,26	10,27	1,51

¹P (Fósforo): Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco): Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio): KCl 1 mol L⁻¹; S (Enxofre): Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol L⁻¹; M.O. (Matéria orgânica): Método colorimétrico; B (Boro): água quente. Capacidade de troca catiônica (CTC); soma de bases (SB); saturação de bases (V%); saturação de alumínio (m%).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 × 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de água residuária (piscicultura e suinocultura) diluídas em quatro proporções de água de abastecimento, sendo: dose recomendada de água residuária (MATOS & MATOS, 2017) + 0, 25, 50, 75% de seu volume em água de abastecimento.

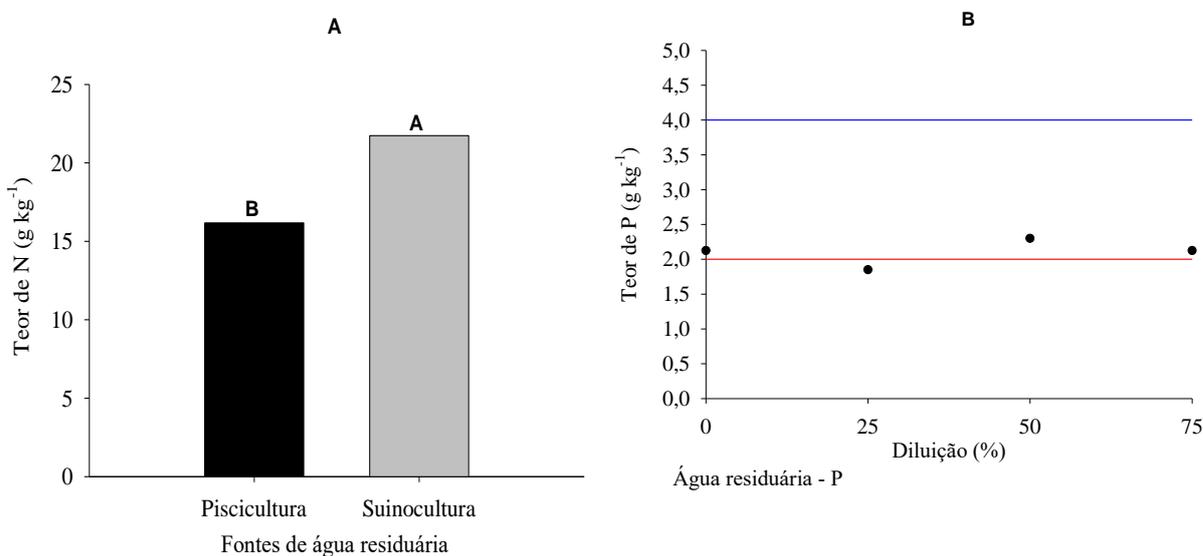
A fertirrigação do milho com água residuária de suinocultura e piscicultura foi realizada via sistema de irrigação por gotejamento superficial, nos estádios fenológicos V4 e V6.). Foram coletadas por ocasião do florescimento do milho, o terço central de seis folhas da base da espiga principal (superior), segundo metodologia descrita em Raij et al. (1996). O material colhido foi levado ao laboratório, lavado em água destilada, seco a 65°C em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas, passado em moinho tipo Wiley e realizadas as determinações dos teores (g kg⁻¹) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, foi realizada a análise de regressão para os níveis diluições (D). Para o fator fontes (F) de água residuária, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os teores dos macronutrientes determinados no momento do florescimento do milho, não houve efeito significativo das diluições, assim como de fontes de água residuária sobre os teores de potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S), cujos valores médios para os teores foram iguais a 18,46; 2,19 e 1,26 g kg⁻¹, respectivamente. Para o K e Mg, estes valores ficaram dentro das faixas consideradas adequadas, proposta por Raij et al. (1996), de 17-35 g kg⁻¹ para o K, e de 1,5-5,0 g kg⁻¹ para o Mg, enquanto os valores de S ficaram abaixo da faixa, 1,5-3,0 g kg⁻¹ para o S.

Os teores de nitrogênio (N) no tecido vegetal foram influenciados pelas fontes de água residuária (Figura 1A), cuja água residuária de suinocultura (ARS) proporcionou teor de N 25,59% superior à fonte água residuária de piscicultura (ARP) (16,17 g kg⁻¹). Tal fenômeno, provavelmente pode ter relação direta com a disponibilidade de N em cada fonte de água residuária utilizada. Segundo Borges et al. (2006), o aumento no teor de nitrogênio nas folhas de milho é dependente da disponibilidade de N para as plantas. Soratto et al. (2011), avaliando o efeito da adubação nitrogenada na nutrição e produtividade da cultura do milho, também verificaram que a disponibilidade de N proporciona incremento no teor foliar desse nutriente em plantas de milho.



*Faixas de teores consideradas adequadas, conforme Raij et al. (1996) - Linha azul: 4,0 g kg⁻¹; Linha vermelha: 2,0 g kg⁻¹ para o P.

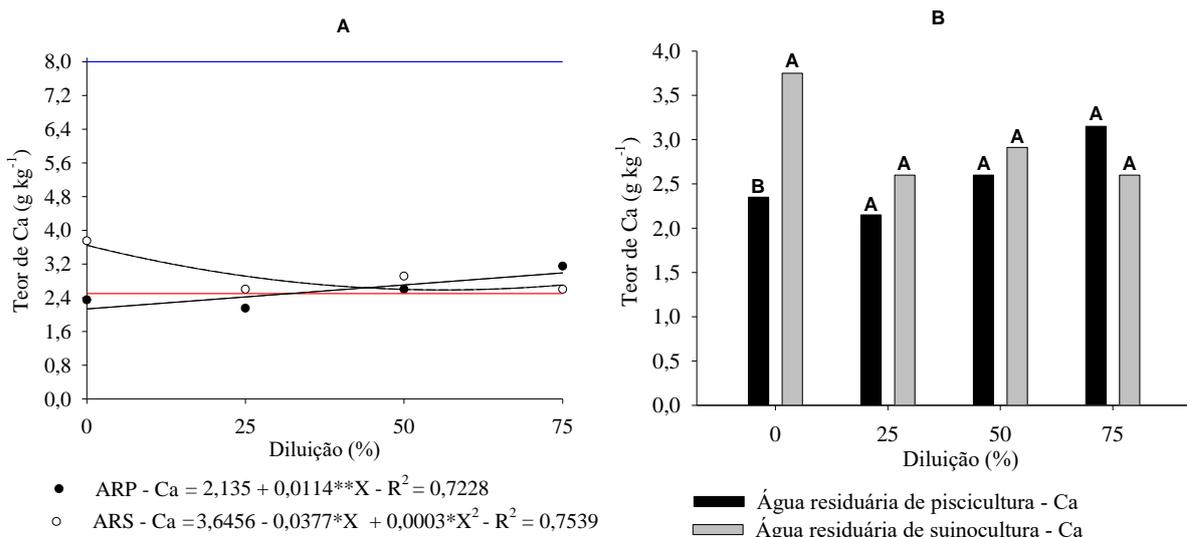
Figura 1. Teor de nitrogênio (N) em função das fontes de água residuária (A) e de fósforo (P) em função das diluições (B), na parte aérea do milho no florescimento, Rio Verde, Goiás, safra 2019.

Para o fósforo (P), a diluição das águas residuária exerceu efeito significativo nos teores desse macronutriente, porém os dados não se adequaram aos modelos polinomiais de primeiro e segundo graus testados (Figura 1B). Os teores de P com a diluição de 25% foram inferiores

ao adequado, enquanto nas demais diluições, os teores de P permaneceram dentro da faixa recomendada.

O maior valor para o teor de P ($2,13 \text{ g kg}^{-1}$) encontrado neste estudo é inferior aos encontrados por Costa et al. (2012), que obtiveram teores desse nutriente na faixa de $2,69 \text{ g kg}^{-1}$. Os autores ainda afirmam que a água residuária não oferece fósforo às plantas em grandes quantidades, apesar de observar valores que indicam uma nutrição adequada à planta.

Os teores de cálcio (Ca) no tecido vegetal sofreram influência significativa da interação diluição x fontes de água residuária (Figura 2). Para o teor de Ca quando utilizada a fonte ARP (Figura 2A), a diluição de 75% promoveu o maior teor no tecido vegetal, igual a $2,99 \text{ g kg}^{-1}$, sendo, 28,59; 19,06 e 9,53% superior aos valores estimados nas diluições de 0, 25 e 50%, respectivamente. A diluição de 62,8% foi a que proporcionou o menor teor de Ca na fonte ARS, igual a $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 2A). Vale salientar que os valores para a fonte ARS estão dentro da faixa considerada ideal por Raij et al. (1996), que é de $2,5$ a $2,8 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca.



*Faixa de teor considerada adequada para o cálcio, conforme Raij et al. (1996) - Linha azul: $8,0 \text{ g kg}^{-1}$; Linha vermelha: $2,5 \text{ g kg}^{-1}$.

Figura 2. Desdobramento da interação diluição x fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura ARS) para o teor de cálcio (Ca) na parte aérea do milho no florescimento, Rio Verde, Goiás, safra 2019.

Ocorreu diferença significativa entre as fontes apenas na ausência de diluição - diluição de 0% (Figura 2B), cuja fonte ARS proporcionou teor de Ca ao milho de 37,33% maior que a fonte ARP, com valores iguais a $3,75$ e $2,35 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

CONCLUSÕES

Independente da fonte de água residuária e da diluição utilizada na fertirrigação, à exceção para o teor de enxofre, o milho apresenta teores dos demais macronutrientes no

tecido vegetal adequados, na época do florescimento. A fonte de água residuária de suinocultura promove maior teor de nitrogênio no milho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, P. F. S.; SANTOS, S. R. D.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; OLIVEIRA, P. M. D. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 833-839, 2018.
- BORGES, E. A.; FERNANDES, M. S.; LOSS, A. SILVA, E. E.; SOUZA, S. R. Acúmulo e remobilização de nitrogênio em variedades de milho. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 278-286, 2006.
- COSTA, M. S.; COSTA, Z. V. B.; ALVES, S. M. C.; NETO, M. F.; MARINHO, J. C. Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de efluente doméstico tratado. **Irriga**, Edição Especial, p. 12-26, 2012.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- KUMMER, A. C. B.; GRASSI FILHO, H.; LOBO, T. F.; SOUZA LIMA, R. A. Fertilizante orgânico composto e água residuária no desenvolvimento de trigo irrigado por gotejamento. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 275, 2018.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARQUES, M. V. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, A. P. M.; SILVÉRIO, T. H. R.; PENIDO, D. L. A.; COSTA, M. T. M.; SILVA, D. A. P. Potencial, economia de água e adubação com a aplicação de efluente do tratamento preliminar de esgoto doméstico na fertirrigação de capim-elefante. **HOLOS**, v. 2, p. 52-64, 2017.

MATOS, A.T.; MATOS, M. P. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. v.1. 371p.

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 Agronômico Campinas, 1997. 285 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE P. K. T; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R; ALMEIDA, J. A; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp., 2018.

SORATTO, R. P.; SILVA, A. H.; CARDOSO, S. M.; MENDONÇA, C. G. Doses e fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. **Ciência agrotécnica**, v. 35, n. 1, p. 62-70, 2011.