

AValiação de Compostos Nitrogenados Amônio e Nitrato no Solo Irrigado com Lodo de Esgoto Doméstico em Área Cultivada com Laranja Utilizando Modelagem Fuzzy

LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO¹, MICHELLE DA SILVA MARQUES², CAMILA PIRES CREMASCO³, HÉLIO GRASSI FILHO⁴, ANDRÉIA APARECIDA FERREIRA DA SILVA⁵, BRUNO CÉSAR GÓES⁶

¹ Matemático, Prof. Associado, Depto. de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia, FCE/UNESP, Tupã - SP, Fone: (0XX14) 3404-4240, E-mail: gabriel.filho@unesp.br

² Administradora, Doutora, Depto. de Agricultura Sustentável, UNIFENAS, Alfenas-MG.

³ Matemática, Prof. Associado, Depto. de Engenharia de Biosistemas, FCE/UNESP, Tupã-SP.

⁴ Agrônomo, Prof. Titular, Depto. de Solos e Recursos Ambientais, FCA/UNESP, Botucatu-SP.

⁵ Administradora, Doutoranda, Depto. de Engenharia Rural, FCE/UNESP, Tupã-SP.

⁶ Administrador, Prof. Doutor, Depto. de Agricultura Sustentável, UNIFENAS, Alfenas-MG.

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: Em meio ao cenário de escassez hídrica e grande demanda de água como irrigação para produção de alimentos, torna-se fundamental a busca por fontes alternativas de recursos hídricos, e neste sentido, a reutilização de águas residuária tem sido de grande valia neste cenário da agricultura. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo matemático *fuzzy* para avaliar a concentração dos compostos nitrogenados de amônio e nitrato, em relação à irrigação subsuperficial e superficial em área cultivada de laranja, utilizando água de esgoto doméstico tratado (EDT). Foi proposto o modelo matemático baseado na lógica fuzzy, tendo como variável de entrada a profundidade do solo (0/20, 20/40 e 40/60 cm) e período de coletas (3, 6, 9 e 12 meses); e como variável de saída, os compostos nitrogenados de amônio e nitrato. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, da Unesp de Botucatu-SP. Foi possível observar que as maiores concentrações ocorreram nos períodos decorridos 6 meses, e por sua vez, não houve diferença significativa em relação ao nível de profundidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: inteligência artificial, água residuária, irrigação.

ASSESSMENT OF NITROGEN COMPOUNDS IN THE SOIL IRRIGATED WITH DOMESTIC SEWAGE SLUDGE IN CULTIVATION AREA WITH ORANGE USING FUZZY MODELING

ABSTRACT: Amidst the scenario of water scarcity and great demand for water as irrigation for food production, the search for alternative sources of water resources becomes essential, and in this sense, the reuse of wastewater has been of great value in this scenario of agriculture. The objective of this work was to develop a fuzzy mathematical model to evaluate the concentration of ammonium and nitrate nitrogen compounds, in relation to subsurface and surface irrigation in an orange cultivated area, using treated domestic sewage water (EDT). A mathematical model based on fuzzy logic was proposed, having as input variable the soil depth (0/20, 20/40 and 40/60 cm) and collection period (3, 6, 9 and 12 months); and as an output variable, the nitrogen compounds of ammonium and nitrate. The experiment was carried out at the Experimental Farm Lageado, at Unesp in Botucatu-SP. It was possible to

observe that the highest concentrations occurred in the periods after 6 months, and in turn, there was no significant difference in relation to the level of soil depth.

KEYWORDS: artificial intelligence, residual water, irrigation.

INTRODUÇÃO: Devido a limitação dos recursos hídricos e sua grande demanda para produção agrícola sob agricultura irrigada, torna-se cada vez mais necessária a utilização de fontes de água de baixa qualidade para sanar os problemas decorrentes da crise hídrica, no qual a utilização de águas residuárias ganha grande importância neste cenário (SANTOS et al., 2020). O efluente de esgoto tratado surge como fonte alternativa para irrigação na agricultura, uma vez que é rico em nutrientes e pode ser aproveitado para suprir a demanda de nutrientes do solo e das plantas (PEREIRA, 2010). A área de ciências agrárias tem-se utilizado cada vez mais de sistemas inteligentes que auxiliam os produtores nas tomadas de decisão, fazendo parte da agricultura de precisão. Neste sentido, a lógica fuzzy tem sido utilizada amplamente para modelagem matemática de experimentos agrônômicos, melhorando o processo de decisão, uma vez que desenvolve métodos e algoritmos que simulam o raciocínio humano. Trabalhos como de Vias Neto et al. (2019) e Putti et al. (2017), utilizaram a lógica fuzzy para avaliar aplicações referente a salinidade da água em sistema de irrigação, na cultura do tomate e de orquídeas, respectivamente. Sendo assim, este trabalho objetiva avaliar os compostos nitrogenados presentes no solo irrigados com EDT (esgoto doméstico tratado) comparando os diferentes tipos de irrigação (superficial e subsuperficial) por meio da modelagem *fuzzy* no cultivo da laranja.

MATERIAL E MÉTODOS: Os compostos nitrogenados de amônio e nitrato do solo irrigado com EDT foram avaliados com base nos tipos de irrigações subsuperficial e superficial. O experimento foi realizado na Fazenda Lageado da UNESP do campus de Botucatu-SP. Para tal, foram consideradas 3 profundidades de solo (0/20, 20/40 e 40/60 cm) e 3 períodos de coleta (3, 6, 9 e 12 meses). Foi elaborado seguinte modelo agrônômico proposto por Silva (2018) para representar a situação proposta por Silva (2018): $F: A \subset R^2 \rightarrow B \subset R^2$, tal que $x \mapsto F(x_1, x_2) = (y_1, y_2)$; $A_1: [0, 60]$, $A_2: [3; 12]$, representa a profundidade solo (cm) e o período de coleta (mês) respectivamente; e $B = [B_1, B_2]$, as variáveis amônio e nitrato.

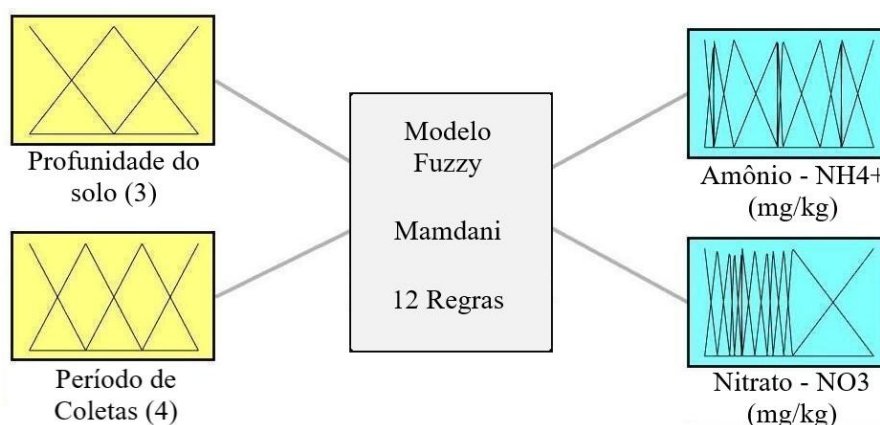


FIGURA 1. Sistema *fuzzy* com grandezas de entradas (Profundidade do solo e Período de coletas) e as saídas de compostos nitrogenados (Amônio e Nitrato).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Em relação a variável amônio, observa-se uma maior influência do período de coleta em relação a sua concentração no solo, evidenciando tal aumento nas últimas coletas. A profundidade do solo não afetou de forma significativa os valores médios presentes. Os pontos com maior concentração encontram-se demarcados com "A" e os pontos com menor concentração com "B", conforme demonstrado na Figura 2.

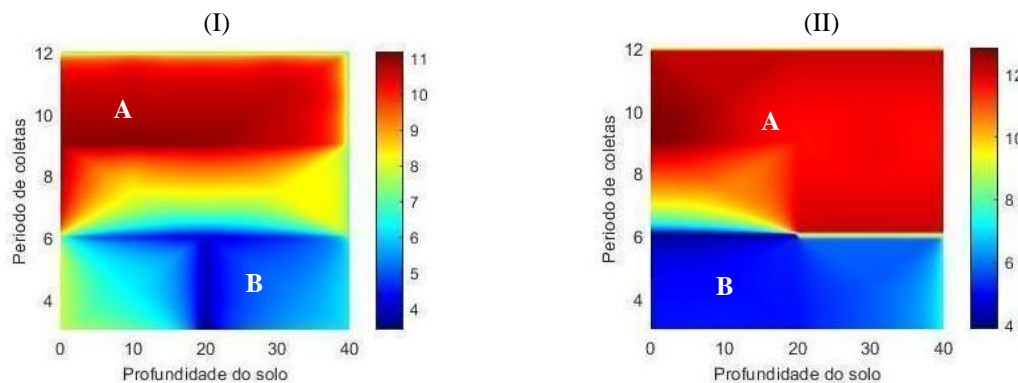


FIGURA 2. Gráficos de (I) irrigação subsuperficial e (II) irrigação superficial do amônio presente no solo irrigado com EDT em área cultivada com laranja.

Observa-se ainda que a irrigação superficial apresentou um potencial de concentração de Amônio superior a subsuperficial, conforme demonstrado da Figura 3. Em análise realizada das características químicas de solo com emprego de esterco líquido de suinocultura em formação de pastagem natural atribuíram a alta mobilidade destas formas nítricas devido à baixa energia na absorção das partículas do solo, resultando em perdas destes nutrientes (CERETTA et al., 2003).

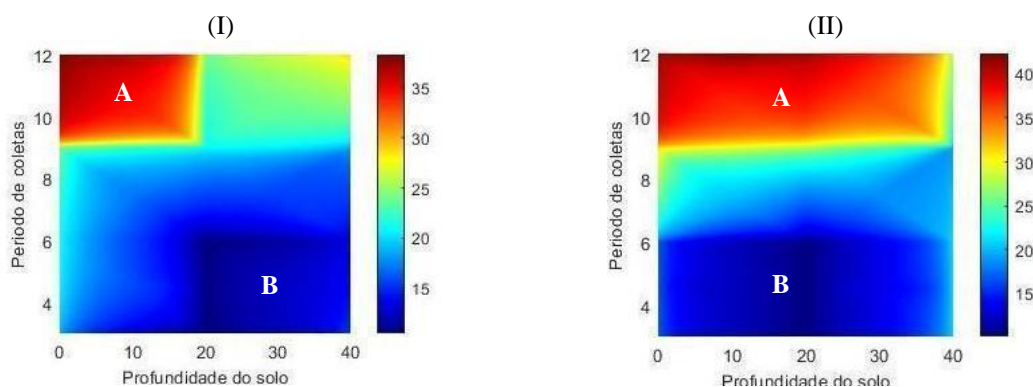


FIGURA 3. Gráficos de (I) irrigação subsuperficial e (II) irrigação superficial do nitrato presente no solo irrigado com EDT em área cultivada com laranja.

A profundidade do solo não apresentou diferença significativa entre as médias de concentração de Nitrato nos sistemas de irrigação subsuperficial e superficial. Todavia, o sistema de irrigação superficial apresentou concentração ligeiramente superior, especialmente nos últimos períodos de coleta, conforme demarcado pela região “A”. A região “B” demarca as regiões com menor concentração de Nitrato, tendo apresentando comportamento similar nos dois sistemas de irrigação. Em análise comparativa dos níveis de concentração de amônio e de nitrato presentes na água de irrigação e lixiviada em solos destinados ao cultivo de milho, observou-se que o processo de nitrificação foi relevante, tendo sido incrementado ao Argissolo, no lixiviado o teor presente foi cerca de seis vezes superior aos da lâmina aplicada. (SANTOS et al., 2018) Não se observou tal ampliação da concentração no solo diferente do presente estudo, onde a profundidade não apresentou alteração significativa na concentração do elemento.

CONCLUSÕES: Foi possível verificar que as concentrações dos compostos nitrogenados, diferiram-se em relação ao período de coleta, apresentando maior concentração nos períodos acima de 6 meses. Já por sua vez, em relação a profundidade do solo, os níveis de concentrações dos compostos nitrogenados não apresentaram significância estatística.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa produtividade de pesquisa concedidas ao primeiro autor (315228/2020-2), e também agradecem ao Programa de Pós-Doutorado da UNESP.

REFERÊNCIAS:

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 729–735, jun. 2003.

NASCIMENTO, M. et al. Propriedades químicas do solo cultivado com mamona, irrigado com água residuária tratada e adubado com biossólido. **Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil)**. v. 4, n. 8, 2009.

PEREIRA, B. F. F. **Alterações químicas no sistema solo-planta irrigado com efluente de esgoto tratado no cultivo dos citros**. 2009. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2010. doi:10.11606/T.11.2010.tde-15032010-150957. Acesso em: 2021-11-17.

PUTTI, F. F. et al. A Fuzzy mathematical model to estimate the effects of global warming on the vitality of *Laelia purpurata* orchids. **Mathematical Biosciences**, v. 288, n. 1, p. 124-129, 2017.

SANTOS, A. S. et al. Importância do reuso de água para irrigação no Semiárido. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 2, p. 15–20, 2020.

SANTOS, C. K. et al. Impacto do uso de efluentes nas características do solo cultivado com quiabo (*Abelmoschus esculentus* L). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 4, p. 2776–2783, 2018.

SILVA, A. A. F. **Irrigação com esgoto doméstico tratado em área cultivada com laranja**. Botucatu: 2018 80 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018.

VIAIS NETO, D. S. et al. Fuzzy modeling of the effects of irrigation and water salinity in harvest point of tomato crop. Part I: description of the method. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 3, p. 294-304, 2019.