



Evento: XII Seminário de Inovação e Tecnologia

A SIMULAÇÃO DO TEMPO DE DISSOLUÇÃO DA UREIA COMO PROPOSTA DE APLICAÇÃO VIA FOLIAR EM CAMPO DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE AVEIA¹**THE SIMULATION OF UREA DISSOLUTION TIME AS A PROPOSAL FOR APPLICATION VIA LEAF IN AGRICULTURAL OAT PRODUCTION FIELD****Cibele Luisa Peter², Larissa Bortolini Pomarenke³, Júlia Sarturi Jung⁴, Willyan Júnior Adorian Bandeira⁵, Lara Laís Schünemann⁶, José Antonio Gonzalez da Silva⁷**¹ Projeto de pesquisa desenvolvido na UNIJUÍ² Bolsista PROSUC/CAPES, doutoranda em Modelagem Matemática e Computacional³ Bolsista voluntária, estudante do curso de Agronomia⁴ Bolsista PIBIC/UNIJUÍ, estudante do curso de Agronomia⁵ Bolsista PIBIC/UNIJUÍ, estudante do curso de Agronomia⁶ Bolsista PIBIC/CNPq, estudante do curso de Agronomia⁷ Professor do curso de Agronomia, UNIJUÍ.**INTRODUÇÃO**

A aveia branca vem se firmando como um importante cereal em virtude de suas características nutricionais (ACAR et al., 2020). Para a produção agrícola da cultura, o nitrogênio é o nutriente mais limitante, sendo sua aplicação necessária para uma boa obtenção de rendimentos de grãos (FINNAN et al., 2020). A ureia tem sido a fonte de nitrogênio mais utilizada para fornecimento do nutriente, pois se destaca em função da alta concentração de N (45%), menor preço em relação a outros adubos nitrogenados além da alta capacidade de solubilidade (OKUMURA & MARIANO, 2012; CHARLO et al., 2020). Porém, o aproveitamento deste nutriente é fortemente dependente de condições ambientais. Quando estas são desfavoráveis, o nitrogênio é facilmente perdido, gerando perdas ao produtor e poluição ambiental (BOWLES et al., 2018). Estudos sobre o manejo do nitrogênio vem se firmando cada vez mais a fim de melhorar a eficiência de aproveitamento do nutriente (RÜTTING et al., 2018). A ureia por evidenciar alto teor de nitrogênio em relação a outros fertilizantes e de adequada solubilidade em água, se apresenta como potencial de inovação em sistemas de pulverização, buscando melhorar a capacidade de absorção de nitrogênio com redução de perdas (ROSOLEM et al., 1990). Nesta perspectiva é necessário a definição do tempo de dissolução da ureia considerando diferentes doses do fertilizante, a fim de garantir maior eficiência de uso no nitrogênio. Entretanto, para esta análise é necessário considerar que a dissolução da ureia é dependente de suas características químicas e físicas, do volume de água e da temperatura do ar (ATAHAR, et al., 2019). A modelagem matemática é fundamental na compreensão e



validação de novas tecnologias empregadas na agricultura, possibilita o entendimento de um sistema a fim de auxiliar na análise de decisões (KRAISIG, 2021). Dentre as técnicas de modelagem, a mais utilizada entre os pesquisadores são as regressões, com aplicações em diversas áreas do conhecimento (MAMANN, 2021). Modelos matemáticos de regressão linear múltipla são definidos como um conjunto de técnicas estatísticas que tem a capacidade de proporcionar a avaliação entre uma variável dependente com diversas variáveis independentes, elaborando modelos de simulação que contribuem na previsibilidade do comportamento dos sistemas (ALESSI et al., 2021). Diante disso, a busca por modelos eficientes que permitam envolver os efeitos que influenciam no processo de dissolução de diferentes doses de ureia, pode oportunizar a definição do volume adequado para pulverização a campo. Nesse sentido, o emprego de regressão linear múltipla pode permitir a inclusão de um somatório de efeitos controlados e não controlados no processo de experimentação de dissolução da ureia. O objetivo do estudo é empregar a regressão linear múltipla envolvendo o efeito das doses e do volume de água com a não linearidade da temperatura do ar a fim de simular o tempo de dissolução da ureia em água.

METODOLOGIA

O experimento de dissolução da ureia em água foi conduzido no Laboratório de Produção Vegetal da UNIJUÍ no primeiro semestre de 2019. Foi considerado diferentes doses de ureia e volumes de água para monitoramento da máxima dissolução até o tempo de uma hora. A partir da definição das distintas doses de nitrogênio (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 kg ha⁻¹), para fins de análise em laboratório, os valores foram convertidos em kg ha⁻¹ de ureia (45% de nitrogênio) para posteriormente obter a quantidade de ureia necessária para dissolução. Neste sentido, considerando que cada parcela experimental é composta de 6 m², para cada tratamento foram dissolvidas as seguintes doses de ureia: 0, 26, 53, 80, 107, 133 e 160 gramas. Para a dissolução utilizou-se os volumes de 100, 200, 300 e 400 L ha⁻¹ de água de torneira, que equivalem a 60, 120, 180 e 240 ml por parcela, respectivamente. O processo de dissolução foi realizado considerando quatro repetições de cada unidade experimental na escala de tempo para definição do volume adequado para o manejo de campo. Para a dissolução, as doses de ureia foram colocadas em garrafas “pet” de dois litros, juntamente com o volume de água. Esta mistura foi agitada por um minuto e posteriormente deixado sobre a mesa para verificar o



momento da completa dissolução da ureia, sendo anotado o tempo de dissolução da ureia (TDU, minutos). Destaca-se que para as doses mais elevadas de ureia, foi estipulado o tempo de uma hora para que ocorresse a máxima dissolução, pois sabe-se que soluções muito concentradas podem não apresentar um resultado satisfatório de dissolução, restando produto sólido ao fundo do recipiente. Durante o processo também foi verificada a temperatura relativa do ar. Foi realizada a análise de variância e emprego de modelos de regressão linear múltipla. As análises foram realizadas no software livre Genes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, estão apresentados os tempos de dissolução das doses de ureia em diferentes volumes de água, considerando o tempo máximo de análise de 60 minutos. Observa-se que ao aumentar a dose de ureia, o tempo de dissolução do fertilizante também aumenta, independente do volume de água. Portanto, se evidencia que o aumento da quantidade de volume de água facilita o processo de dissolução. É possível também perceber a influência da temperatura do ar no processo de dissolução. A maior dissolução é observada com maiores temperaturas, reduzindo esta capacidade com temperaturas mais amenas.

Tabela 1. Tempo de dissolução de doses de ureia em diferentes volumes de água.

| Volume (L ha ⁻¹) | Experimento (n) | Temperatura ar (°C) | Doses de ureia (*45% de nitrogênio) em kg ha ⁻¹ | | | | | | |
|--|--------------------|------------------------|--|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | | | 0 (0*) | 44 (20*) | 88 (40*) | 132 (60*) | 176 (80*) | 220 (100*) | 264 (120*) |
| Tempo de dissolução da ureia (TDU) - minutos | | | | | | | | | |
| 100 | 1 | 22.6 | 0 | 10 | 54 | 60 | - | - | - |
| | 2 | 20.2 | 0 | 13 | 60 | 60 | - | - | - |
| | 3 | 20.2 | 0 | 13 | 60 | 60 | - | - | - |
| | 4 | 10.6 | 0 | 15 | 60 | 60 | - | - | - |
| | média | 18.4 | 0 | 13 | 59 | 60 | - | - | - |
| 200 | 1 | 22.6 | 0 | 4 | 18 | 54 | 60 | - | - |
| | 2 | 20.2 | 0 | 5 | 24 | 60 | 60 | - | - |
| | 3 | 20.2 | 0 | 5 | 25 | 60 | 60 | - | - |
| | 4 | 10.6 | 0 | 7 | 34 | 60 | 60 | - | - |
| | média | 18.4 | 0 | 5 | 25 | 59 | 60 | - | - |
| 300 | 1 | 22.6 | 0 | 3 | 9 | 23 | 40 | 60 | - |
| | 2 | 20.2 | 0 | 4 | 15 | 36 | 48 | 60 | - |
| | 3 | 20.2 | 0 | 4 | 15 | 38 | 49 | 60 | - |
| | 4 | 10.6 | 0 | 6 | 19 | 49 | 59 | 60 | - |
| | média | 18.4 | 0 | 4 | 15 | 37 | 49 | 60 | - |
| 400 | 1 | 22.6 | 0 | 1 | 3 | 13 | 20 | 41 | 60 |
| | 2 | 20.2 | 0 | 2 | 4 | 18 | 24 | 52 | 52 |



| | | | | | | | | |
|-------|------|---|---|----|----|----|----|----|
| 3 | 20.2 | 0 | 2 | 6 | 20 | 27 | 56 | 60 |
| 4 | 10.6 | 0 | 4 | 13 | 28 | 55 | 60 | 60 |
| média | 18.4 | 0 | 2 | 7 | 20 | 32 | 52 | 58 |

* Refere-se ao valor de nitrogênio a partir da quantidade de ureia fornecida.

A tabela 2 apresenta as variáveis selecionadas para o desenvolvimento do modelo de regressão linear múltipla e seus coeficientes, junto com a simulação do tempo de dissolução da ureia. Os resultados da simulação por regressão linear múltipla evidenciam que o aumento do volume de água melhora a eficiência do tempo de dissolução. Os valores encontrados do tempo de dissolução se mostram próximos dos reais obtidos na experimentação. Tendo em vista os resultados encontrados na Tabela 1, o volume de 300 L foi o definido para uso em campo, representando um tempo de dissolução de 36 minutos, com temperatura média do ar ao redor de 18° C, utilizando a dose de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio que corresponde a 132 kg ha⁻¹ de ureia. Esta dose foi encontrada em estudos realizados por Silva et al. (2016) como ponto que garante maior produtividade com viabilidade econômica e ambiental.

Tabela 2. Regressão linear múltipla na simulação do tempo de dissolução da ureia envolvendo o volume de água, temperatura do ar e dose de ureia.

| Variáveis | Amplitude de trabalho | Modelo regressão múltipla $TDU = b_0 \pm b_1x \pm b_2x_2 \pm \dots \pm b_nx_n$ | |
|--|-----------------------|---|-------------------------------|
| Volume de água (V, L ha ⁻¹) | [100 - 400] | | |
| Temperatura do ar (T, °C) | [10,6 - 22,6] | 26,02 - 0,45T + 0,34DU - 0,09V | |
| Dose de Ureia (DU, kg ha ⁻¹) | [0 - 132] | | |
| Variáveis | Valor | TDU ₀ (minutos) | TDU _s (minutos) |
| 100 L de água | | | |
| Temperatura (T, °C) | 18,4 | 60 | 54 |
| Dose de Ureia (DU, kg ha ⁻¹) | 132 | | |
| 200 L de água | | | |
| Temperatura (T, °C) | 18,4 | 59 | 45 |
| Dose de Ureia (DU, kg ha ⁻¹) | 132 | | |
| 300 L de água | | | |
| Temperatura (T, °C) | 18,4 | 37 | 36 |
| Dose de Ureia (DU, kg ha ⁻¹) | 132 | | |
| 400 L de água | | | |
| Temperatura (T, °C) | 18,4 | 20 | 27 |
| Dose de Ureia (DU, kg ha ⁻¹) | 132 | | |



TDU_o= tempo de dissolução da ureia observado; TDU_s= tempo de dissolução da ureia simulado; T= temperatura do ar (°C); DU= dose de ureia (kg ha⁻¹); V= volume de água (L ha⁻¹).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A temperatura do ar como variável não controlada se mostra eficiente no modelo de regressão linear múltipla com o volume de água e doses de ureia para simulação do tempo de dissolução. A regressão linear múltipla envolvendo a temperatura do ar, volume de água e dose de fertilizante ureia se mostra eficiente para a simulação do tempo de dissolução da ureia.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. nitrogênio. regressão linear múltipla. tecnologia. inovação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAR, O. et al. Comparison of short and long milling flows on yield and physicochemical properties of brans from biofortified and nonbiofortified hull-less oats. **Cereal Chemistry**, v. 97, n. 4, p. 859-867, 2020.
- ALESSI, O. et al. Regressão linear múltipla envolvendo variáveis biológicas e ambientais na simulação de indicadores da composição química de grãos de aveia. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 8, n. 1, 2021.
- ATAHAR, A.; MAFY, N. N.; RAHMAN, M. M.; MOLLAH, M. Y. A.; SUSAN, M. A. B. H. Aggregation of urea in water: Dynamic light scattering analyses. **Journal of Molecular Liquids**, v. 294, p.111612, 2019.
- BOWLES, T. M. et al. Addressing agricultural nitrogen losses in a changing climate. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 8, p. 399-408, 2018.
- CHARLO, H. C. O. Doses e modos de aplicação de ureia revestida com polímero no cultivo de alface americana. **Nativa**, v.8, n.4, p. 579-584, 2020.
- FINNAN, J.; BURKE, B.; SPINK, J. The effect of nitrogen timing and rate on radiation interception, grain yield and grain quality in autumn sown oats. **Field crops research**, v. 231, p. 130-140, 2019.
- KRAISIG, A. R. Modelagem matemática da tecnologia de biofortificação por zinco e ferro via foliar à maior qualidade nutricional de grãos de aveia direcionada à alimentação, **Tese de Doutorado**, UNIJUÍ, Ijuí, 2021.
- MAMANN, Â.T.W. Modelagem matemática da eficiência de absorção do nitrogênio a partir do uso do hidrogel sobre a produtividade e qualidade de grãos em trigo, **Tese de Doutorado**, UNIJUÍ, Ijuí, 2021.
- OKUMURA, R. S.; MARIANO, D.C. Aspectos agronômicos da ureia tratada com inibidor de urease Agronomic aspects of urease inhibitor-treated urea. **Ambiência**, v. 8, n. 2, p. 403-414, 2012.
- ROSOLEM, C. A. et al. Absorção de ureia via foliar pelo algodoeiro em função do pH da solução. **Pesq. Agropec. Bras**, v. 25, p. 491-497, 1990.
- RÜTTING, T.; ARONSSON, H.; DELIN, S. Efficient use of nitrogen in agriculture. **Nutrient cycling in Agroecosystems**, v. 110, n. 1, p. 1-5, 2018.
- SILVA, J.A.G. da et al. A eficiência do nitrogênio em aveia na produtividade de grãos com estabilidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1095-1100, 2016.