



## Efeito de fontes e doses de ácidos húmicos nos teores de Cu, Fe e Zn em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)<sup>(1)</sup>.

**Maurício Soares Barbosa<sup>(2)</sup>; Uidemar Morais Barral<sup>(3)</sup>; Alexandre Christófaros Silva<sup>(4)</sup>; Enilson de Barros Silva<sup>(4)</sup>; Rafael Vilela Justino de Almeida<sup>(5)</sup>; João Victor Rodrigues Barroso Coelho<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Capes e Fapemig.

<sup>(2)</sup> Pesquisador; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; Diamantina, MG; mausbarbosa@yahoo.com.br; <sup>(3)</sup> Estudante de Doutorado; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; <sup>(4)</sup> Professor; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; <sup>(5)</sup> Estudante de graduação; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**RESUMO:** A matéria orgânica do solo (MOS) consiste de uma mistura de compostos em vários estágios de decomposição, resultante da degradação biológica de resíduos de plantas e animais, e da atividade de microrganismos, denominados substâncias húmicas (SHs). Essas substâncias fracionadas em ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (H). Os AH têm sido usados como fertilizantes aplicados diretamente no solo ou via foliar, principalmente por influenciarem o metabolismo das plantas. Objetivou-se com este trabalho avaliar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), a influência de fontes e doses diferentes de AH na concentração de Cu, Fe e Zn nas folhas. O experimento foi conduzido utilizando o delineamento em blocos casualizados com 15 tratamentos, sendo estes as fontes de AH (turfa - 1, composto - 2 e produto comercial - 3) e as doses de AH (0, 2, 8, 16 e 32 kg ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. Foram avaliados: teor de Cu, Fe e Zn nas folhas no florescimento do feijoeiro. Os teores de Cu, Fe e Zn nas folhas foram influenciados pelas doses de todas as fontes de AH. Os teores de Cu aumentaram linearmente com incremento das doses de AH para as fontes 1 e 3. Para a fonte 2 ocorreu decréscimo linear. Os teores de Fe e Zn, diminuíram e aumentaram linearmente, respectivamente, com o aumento das doses de AH para todas as fontes. As fontes 1 e 3, oriunda de turfa e do produto comercial, respectivamente, mostraram-se mais eficientes em disponibilizar os micronutrientes aplicados.

**Termos de indexação:** Substâncias húmicas, absorção de nutrientes, matéria orgânica do solo.

### INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros, com consumo per capita de 16 kg habitante<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e produtividade média de 1071 kg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2014). Essa produção ainda pode aumentar com o desenvolvimento e aprimoramento de novas

técnicas, como a aplicação de substâncias húmicas (SHs).

As SHs oriundas da matéria orgânica do solo (MOS) podem atuar como promotoras do crescimento de plantas (Rosa et al., 2009). Dividem-se em ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina (Hum.) (Silva & Mendonça, 2007). As principais fontes de extração de substâncias húmicas são materiais de origem geológica ricos em carbono humificado, tais como, turfas e rochas (Zaller, 2007). Dentre as SHs, as mais estudadas são os AH e AF. Estes dois ácidos orgânicos de alto peso molecular têm sido usados como fertilizantes, aplicados diretamente no solo ou via foliar, com maior destaque para os AH.

Os AH participam da maioria das reações que ocorrem no solo, principalmente na adsorção de micronutrientes metálicos, principalmente cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn), influenciando na sua disponibilidade para as plantas. A utilização dos AH na agricultura enfrenta diversos entraves, um deles diz respeito a sua origem, pois o material do qual são extraídos esses ácidos influenciam sua ação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes e doses de ácidos húmicos aplicados via solo nos teores foliares dos micronutrientes cobre, ferro e zinco na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Fontes e extração de AH

As fontes de AH foram turfa (fonte 1), composto orgânico (fonte 2) e produto comercial (fonte 3), cedido pela empresa Agrobiológica®. O composto orgânico foi obtido em ambiente aberto, no pátio de compostagem do Centro de Propagação de Espécies Florestais (CIPEF) da UFVJM. Como fonte de AH, por meio da turfa, foram usados os 0,15 m iniciais de solo orgânico, caracterizado como fibrico pela escala de von Post, coletados em uma turfeira na APA Pau-de-fruta, propriedade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG) no



município de Diamantina-MG, localizada na Serra do Espinhaço Meridional (SdEM). Os AH foram extraídos usando metodologia adaptada da Internacional Humic Substances Society (Ceretta, 1995).

### Preparo e análise do solo

O solo usado como substrato para preenchimento dos vasos foi um Latossolo Vermelho Amarelo Órtico típico, de textura média (Embrapa, 2013), coletado no município de Diamantina-MG, a profundidade de 0,20 m. O solo foi destorroadado, seco ao ar e passado em peneira de 5,0 mm de abertura. Foi tomada uma subamostra e passada em peneira de 2,0 mm de abertura, constituindo-se, assim, terra fina seca ao ar para análise química (Silva, 2009) e granulométrica (Embrapa, 1997). O pH do solo foi elevado a 6,0, com a adição de calcário dolomítico com 41 % de CaO e 10,9 % de MgO, considerando Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) 90%, por meio do método da neutralização do  $Al^{3+}$  e da elevação dos teores de  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  (Alvarez et al., 1999). Após mistura do calcário, o solo foi umedecido e mantido em incubação, durante 15 dias. Após aplicação do calcário, o solo foi expurgado com fosfeto de alumínio para reduzir a atuação de microrganismos sobre os AH aplicados.

### Delineamento experimental e condução do experimento

O experimento foi realizado no Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (DEF/UFVJM), no município de Diamantina/MG, coordenadas de 18°15' de latitude sul e 43°36' de longitude Oeste e altitude 1.400 m.

O experimento foi conduzido utilizando o delineamento em blocos casualizados com 15 tratamentos, sendo estes as fontes de AH (turfa, composto e produto comercial) e as doses de AH (0, 2, 8, 16 e 32 kg ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. A cultivar usada foi a BRS Radiante, com grãos do tipo rajado, pelo seu potencial produtivo (3.759 kg ha<sup>-1</sup>). Foram colocadas duas sementes por vaso de 4,5 kg da cultivar selecionada, que germinaram após 7 dias de plantio. Após 7 dias da emergência foi feito o desbaste, no intuito de evitar competição, deixando apenas uma planta por vaso, constituindo uma unidade experimental.

Previamente ao plantio foi realizada a adubação do solo, adaptada de Malavolta (1980). Durante a condução do experimento, a umidade do solo foi mantida a 60 % da capacidade de campo, medida

semanalmente com o auxílio de um medidor de umidade Falker, modelo Hidrofarm HFM2030.

### Avaliações

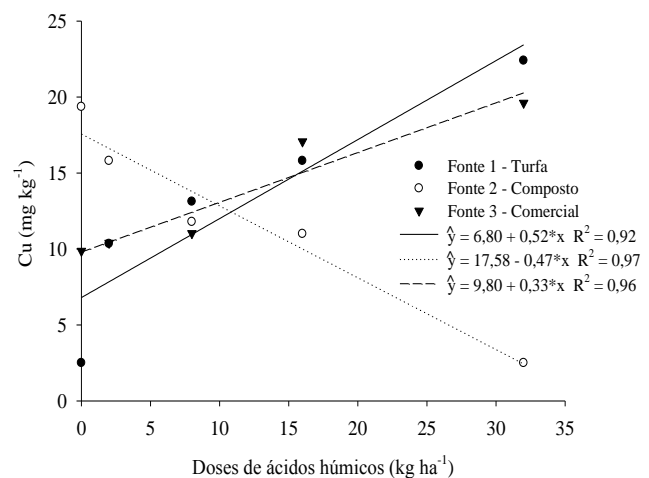
As avaliações foram realizadas com as plantas em estágio fenológico R6/R7 (Floração/Formação de vagem). Foram coletadas de cada planta, a folha diagnóstica. Após sua coleta, as folhas foram levadas para estufa de circulação forçada, a uma temperatura de 65 °C até atingir peso constante. Posteriormente, foram trituradas em almofariz de porcelana para análise química dos elementos. Para análise dos elementos Fe (Ferro), Cu (Cobre) e Zn (zinco), o material seco e triturado, foi digerido usando solução nitroperclórica (ácido nítrico e perclórico na proporção de 2:1), sendo os elementos quantificados segundo Malavolta et al. (1997).

### Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para cada fonte foram ajustados modelos de regressão em função das doses de AH, sendo selecionado a equação com efeito significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade e de menor soma de quadrado do resíduo, ou seja, maior coeficiente de determinação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

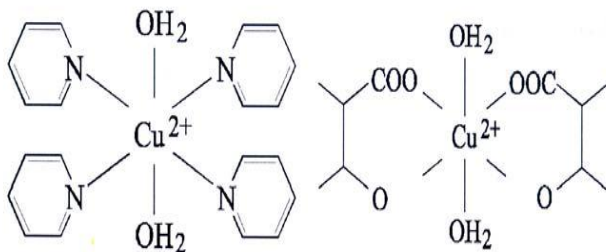
O teor de Cu nas folhas foi influenciado pelas fontes e doses de AH aplicadas ( $p < 0,05$ ). O modelo de regressão linear que melhor se ajustou aos dados, para as fontes utilizadas (**Figura 1**).



**Figura 1** - Teor de Cu nas folhas, no florescimento em função de doses (0; 2; 8; 16 e 32 kg ha<sup>-1</sup>) e fontes de AH.

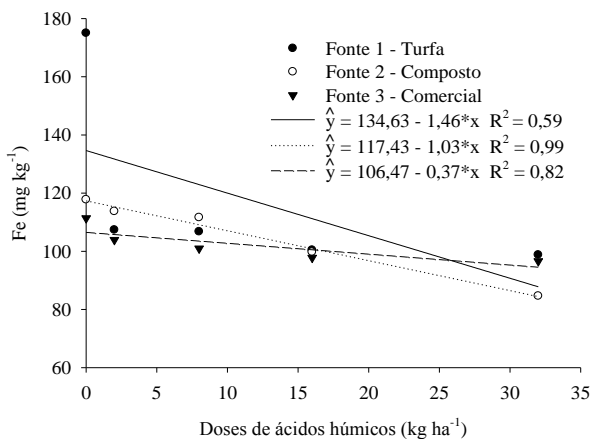
De acordo com os modelos, a fonte 1 provocou

maior incremento sobre o teor de Cu nas folhas, quando comparada à fonte 3; e a fonte 2 induziu a redução do teor de Cu nas folhas. Os resultados observados na **Figura 1**, possivelmente, relacionam-se ao tipo de ligação entre o  $\text{Cu}^{2+}$  e compostos existentes nos AH (**Figura 2**), a primeira com ligantes nitrogenados, mais estável e, portanto menos disponível para as plantas e a segunda (b), com ligantes oxigenados, menos estável, mais disponíveis para as plantas (Martin-Neto et al., 1991). A aplicação de diferentes fontes de AH neste trabalho, possivelmente provocou disponibilização de Cu (ligantes oxigenados), pela fonte 2, por apresentar AH mais jovens em relação as outras fontes e com maior teor de Cu, que levou a toxidez das plantas para esse nutriente. Para as fontes 1 e 3, provenientes de materiais mais humificados que a fonte 2, com menores teores de Cu, houve certa complexação do Cu, reduzindo a toxidez de Cu, em relação a fonte 2.



**Figura 2** - Exemplos de complexos organometálicos (Novotny, 2002).

O teor de Fe nas folhas foi influenciado pelas fontes e doses de AH aplicadas ( $p < 0,05$ ). O modelo de regressão linear que melhor se ajustou aos dados, para as fontes utilizadas (**Figura 3**).

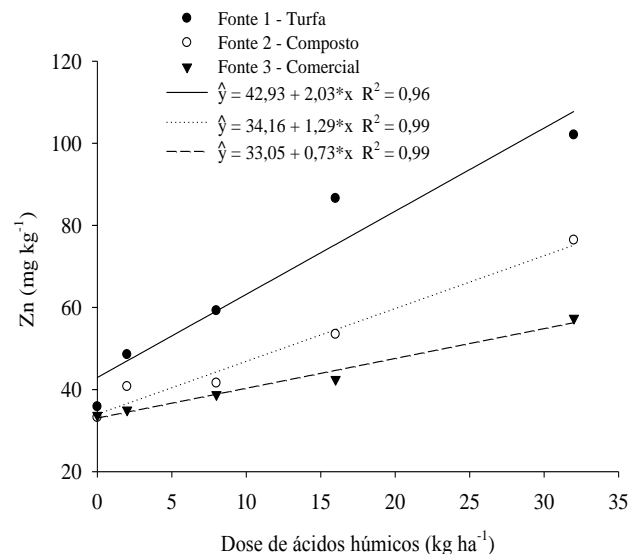


**Figura 3** - Teor de Fe nas folhas, no florescimento em função de doses (0; 2; 8; 16 e 32  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e

fontes de AH.

De acordo com os modelos, a fonte 1 provocou maior redução sobre o teor de Fe nas folhas, seguido das fontes 2 e 3, respectivamente. Os AH reduzem formas oxidadas de certos íons metálicos, e o caso mais típico é a redução do  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  (Adani et al. 1998). Silva & Mendonça (2007) descrevem a ordem decrescente da capacidade dos íons metálicos formarem quelatos:  $\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$ , assim, de acordo com esta sequência o Fe na forma de  $\text{Fe}^{3+}$ , pode ter sido complexado pelos AH em todas as fontes, reduzindo sua absorção. Também pode-se relacionar aos baixos teores de Fe nas folhas, a uma possível competição com Cu, o excesso de Cu provoca deficiência de Fe (Malavolta et al., 1997).

O teor de Zn nas folhas foi influenciado positivamente pelas fontes e doses de AH ( $p < 0,05$ ). O modelo de regressão linear foi que melhor se ajustou aos dados, para as fontes utilizadas (**Figura 4**). A fonte 1 provocou maior aumento sobre o teor de Zn nas folhas, quando comparada às fontes 2 e 3.



**Figura 4** - Teor de Zn nas folhas, no florescimento em função de doses (0; 2; 8; 16 e 32  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e fontes de AH.

Aumento nas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos pode aumentar a solubilidade do Zn e Cd, que favorece a lixiviação para águas subterrâneas (Almãs et al., 2000). O aumento dos teores de Zn com aplicação dos AH, pode estar relacionado com a redução do pH, que esteve próximo de 4,5 ao fim do experimento, para todas as fontes utilizadas.



## CONCLUSÕES

A aplicação de ácidos húmicos afetou os teores de Cu, Fe e Zn nas folhas das plantas. O teor de Cu aumentou linearmente com incremento das doses de AH para as fontes 1 e 3. Para a fonte 2 ocorreu decréscimo linear. O teor de Fe reduziu com o aumento das doses de AH para todas as fontes. O teor de Zn aumentou com o incremento das doses de AH para todas as fontes.

As fontes 1 e 3, oriundas de turfa e do produto comercial, respectivamente, mostraram-se mais eficientes em disponibilizar os micronutrientes aplicados.

## REFERÊNCIAS

- ADANI, F.; GENEVINI, P.; ZACCHEO, P. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21:561-575, 1998.
- ALMÁS, R. Á.; MCBRIDE, M.B.; SINGH, B. R. Solubility and lability of cadmium and zinc in two soils treated with organic matter. *Soil Science*, 165:250–259, 2000.
- ÁLVARES, V.V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, C. A. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H., ed. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. 1.ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.334-338.
- CERETTA, C.A. Fracionamento de N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solo em sistemas de cultura sob plantio direto. 1995. 150f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciências do solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Estudos de prospecção de mercado safra 2012/2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_09\\_11\\_16\\_41\\_03\\_prospeccao\\_12\\_13.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_11_16_41_03_prospeccao_12_13.pdf)>. Acesso em 21 ago. 2014.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. 1.ed. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARTIN-NETO, L.; NASCIMENTO, O.R.; TALAMONI, J.; POPPI, N.R. "EPR of Micronutrients – Humic Substances Complexes Extracted from Brazilian Soil". *Soil Science*, 151:369-376, 1991.
- NOVOTNY, E. H. Estudos espectroscópicos e cromatográficos de substâncias húmicas de solos sob diferentes sistemas de preparo. 2002. 215 f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Carlos.
- ROSA, C.M.; CASTILHOS, R.M.V.; VAHL, L.C.; CASTILHOS, D.D.; PINTO, F.S.; OLIVEIRA, E.S.; LEAL, O.A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 33:959-967, 2009.
- SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. ed. *Fertilidade do solo*. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.
- SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.
- ZALLER, J. G. Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *European Journal Soil Biology*, 43:S332-S336, 2007.