

## ESTIMULANTE VEGETAL EXTRAÍDO DE RESÍDUO ORGÂNICO RECICLADO POR COMPOSTAGEM

Marihus Altoé Baldotto (\*), Jayna Eloy da Rocha, Francine Dias Paes Andrade, Lílian Estrela Borges Baldotto, Marcos Paiva Del Giúdice

\* Universidade Federal de Viçosa, marihus@ufv.br

### RESUMO

Os resíduos orgânicos têm se tornado uma problemática ambiental no que diz respeito a sua destinação final, onde além de gerar gastos, volume e impactos ambientais, poucas de suas qualidades são aproveitadas. O objetivo do presente trabalho foi utilizar os principais resíduos orgânicos gerados nas atividades agropecuárias da região de Florestal-MG, preparar composto orgânico e isolar o ácido húmico para serem testadas em bioensaios, visando o desenvolvimento de novas tecnologias que agreguem valor econômico a esses resíduos. Os resíduos orgânicos cama de aviário e esterco bovino gerados na granja Brasília e no estábulo da Universidade Federal de Viçosa-Campus Florestal, foram coletados e compostados. Amostras de compostos orgânicos foram usadas para o isolamento dos ácidos húmicos. Esses ácidos húmicos extraídos foram aplicados em combinação com calagem e adubação química (NPK) em plantas de milho, cultivadas em vasos preenchidos com camada subsuperficial de um Latossolo Vermelho distrófico. Após 30 dias de experimento, foram medidas as características diâmetro do colo, comprimento da maior folha, largura da maior folha, número de folhas, altura da planta, matéria fresca da parte aérea, matéria fresca das raízes, matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes. Os resultados mostraram que os ácidos húmicos e a calagem, isoladamente, não apresentaram efeito significativo no desenvolvimento inicial do milho. Entretanto, a junção de adubação química (NPK) com ácidos húmicos incrementou o desenvolvimento da planta, confirmando a ação das substâncias húmicas como estimulantes vegetais e seu potencial para agregar valor econômico aos resíduos orgânicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reciclagem, Compostagem, Húmus, Bioatividade, Bioestimulante.

### INTRODUÇÃO

Os Latossolos são os solos predominantes no Brasil. São formados, principalmente, pelos intensos processos de transformação dos materiais primários constituintes e remoção da sílica e de bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ , etc), ou seja, pelo avançado estágio de intemperismo. Suas características principais são as elevadas acidez, atividade do íon alumínio tóxico às raízes das plantas e adsorção específica de fosfatos, além da baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água, as quais resultam em limitante fertilidade do solo (Embrapa, 2013). A diminuição das limitações dos Latossolos para uso agropecuário pode ser feita por meio do aumento dos seus estoques de carbono orgânico, os quais melhoram as suas condições químicas, físicas e biológicas, entre outros fatores, por incrementarem a geração de cargas elétricas, isto é, a sua capacidade de troca iônica, aumentando a retenção de nutrientes e de água, bem como a complexação de formas tóxicas de alumínio e de colóides fixadores de fosfatos. O aumento dos estoques de carbono melhora, ainda, a atividade biológica e a agregação e estruturação dos solos, facilitando os fluxos hídricos e gasosos no solo (Baldotto e Baldotto, 2013).

A adubação orgânica surge como oportunidade para a necessidade crescente de cuidados com a destinação dos resíduos orgânicos advindos das crescentes atividades antrópicas. Em sua maioria, esses resíduos são depositados em lixões e aterros, onde trazem consigo impactos ambientais e gastos de disposição final, sem que nenhuma de suas propriedades sejam aproveitadas, como preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei N° 12.305/2010; Decreto Federal N° 7.004/2010; ABNT NBR 10004/2004). Dentre as alternativas de descarte de resíduos orgânicos, a compostagem e disposição no solo é a de maior potencial, já que as limitações da principal classe de solos brasileira requerem, para correção de suas principais limitações, o aumento dos teores de matéria orgânica. Portanto, se a geração de resíduos orgânicos é um problema ambiental, é uma solução para a melhoria dos Latossolos (Baldotto e Baldotto, 2013).

O processo de compostagem recicla a matéria orgânica dos resíduos a serem usados, produzindo fertilizantes e condicionadores de solo, diminuindo assim, a demanda por produtos de origem não renovável, contribuindo para a agricultura e para o meio ambiente. Contudo, trabalhos recentes têm mostrado que a compostagem também pode ser vista como matéria prima para o isolamento de substâncias bioativas, tais como as substâncias húmicas (Baldotto e Baldotto, 2013; Canellas e Olivares, 2014). Como o composto orgânico se apresenta na forma sólida, pouco solúvel em água, o isolamento das substâncias húmicas consiste em prepará-las na forma líquida, as quais podem ser usadas em cultivos por métodos de aplicação de maior rendimento operacional. Além disso, seu isolamento permite concentrar esse “princípio ativo” do húmus, facilitando a obtenção de resultados mais expressivos na produtividade vegetal e aumentando, assim, o valor agregado ao composto orgânico.

A despeito do pouco consenso sobre a estrutura molecular das substâncias húmicas, os seus mecanismos de ação bioestimulante são bem descritos. Os ácidos húmicos promovem o crescimento das plantas, por aumentarem a atividade metabólica, de forma análoga aos hormônios vegetais, incrementando a absorção de nutrientes e a divisão celular, com efeitos diretos na produtividade e qualidade de diversos cultivos (Baldotto e Baldotto, 2013; Canellas e Olivares, 2014). Assim, os mecanismos que explicam a ação estimulante dos ácidos húmicos são a interferência no metabolismo vegetal, tanto pelos efeitos ocasionados no solo, como diretamente na planta. No solo, ocorrem a complexação de metais, o aumento da capacidade de troca catiônica, a retenção de umidade, etc. Na planta, influencia o transporte de íons, a atividade respiratória, o conteúdo de clorofila, a síntese de ácidos nucleicos e a atividade de várias enzimas, tais como as H<sup>+</sup>-ATPases da membrana plasmática (Baldotto e Baldotto, 2013).

Nesse contexto, é fundamental desenvolver novas tecnologias com esses resíduos orgânicos, como, por exemplo, preparar compostos orgânicos para o isolamento de substâncias húmicas, aproveitando suas vantagens para agregar, ainda maior valor econômico a essas matérias primas, com mais elevada geração de renda e, adicionalmente, com adequada destinação final, contribuir para a preservação ambiental e para a agricultura sustentável.

O objetivo do presente trabalho foi utilizar os principais resíduos orgânicos gerados nas atividades agropecuárias da região de Florestal-MG, cama de aviário e esterco bovino, como matérias primas para preparar compostos orgânicos e isolar os seus ácidos húmicos para serem testados em bioensaios com plantas indicadoras de milho, visando desenvolvimento de novas tecnologias, agregação de valor e preservação ambiental.

## **METODOLOGIA**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, na Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal-MG, Brasil, durante o ano de 2013. Os fatores em estudo foram calagem, adubação e bioestimulante a base de ácidos húmicos, esquematizados conforme a Tabela 1, resultando em oito tratamentos. A unidade experimental consistiu de vasos de 1 dm<sup>3</sup>, preenchidos com solo da camada de 20 a 40 cm de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013), previamente caracterizado por Baldotto e Baldotto (2013). O experimento foi desenvolvido em ambiente controlado, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais, nas quais foram cultivadas plantas de milho (AG1051) como indicadoras. Foram realizados o rodízio das unidades experimentais e o monitoramento da temperatura na casa de vegetação. Para os tratamentos que receberam calagem, esta foi determinada conforme Alvarez e Ribeiro (1999), pelo método da saturação por bases. A adubação NPK seguiu recomendações de Alvarez e Ribeiro (1999). Os solos corrigidos e/ou adubados foram transferidos para os vasos plásticos para receberem cinco sementes de milho. A aplicação do bioestimulante foi realizada nas sementes, que permaneceram submersas em solução de ácidos húmicos 10 mmol L<sup>-1</sup> de C, em caixas plásticas tipo gerbox, por 16 h antes do plantio. Os ácidos húmicos apresentaram 485 g kg<sup>-1</sup> de C em sua composição. As sementes que não foram tratadas com bioestimulantes foram embebidas em água destilada, para que condições análogas de absorção de água fossem proporcionadas a todos os tratamentos. Os ácidos húmicos foram, portanto, aplicados como bioestimulantes em plantas de milho na presença e na ausência de calagem e adubação e de suas combinações (Tabela 1).

Os resíduos utilizados na compostagem para o isolamento dos ácidos húmicos testados como bioestimulantes, foram provenientes do Setor de Bovinocultura da Universidade Federal de Viçosa e da granja Brasília, localizados no município de Florestal-MG. Os ácidos húmicos foram isolados e caracterizados conforme Baldotto e Baldotto (2013). O isolamento dos ácidos húmicos consistiu de preparo de extrato 1: 10 (v/v), a partir de composto orgânico preparado com cama de aviário e esterco bovino em solução de hidróxido de sódio NaOH (pode ser usada soda caustica comercial), com concentração de  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  ( $4 \text{ g L}^{-1}$ ). Após agitação por 4 h, o extrato foi decantado, o que resultou em um precipitado insolúvel, denominada fração huminas, não usada neste trabalho e uma solução sobrenadante, contendo os ácidos fúlvicos e húmicos. Ajustou-se o pH do sobrenadante entre 1 e 1,5, com HCl  $6 \text{ mol L}^{-1}$  (pode-se usar ácidos já adquiríveis pelo agricultor para ajuste de caldas herbicidas e fitossanitárias) e o extrato foi sifonado, resultando em uma solução sobrenadante, na qual estava contida a fração ácidos fúlvicos (também descartado no presente estudo) e um precipitado de ácidos húmicos, utilizados como bioestimulantes de plantas. Os vasos foram monitorados diariamente, durante todo o experimento e, as irrigações visaram manter a capacidade de campo entre 80 e 100 %. As demais práticas de manejo, tais como, controle de plantas daninhas, tratamentos fitossanitários, luminosidade, etc foram controladas e mantidas constantes par todos os tratamentos. Logo após o plantio, iniciou-se o monitoramento do desenvolvimento das plantas e observou-se a germinação se completou cerca de quinze dias após o plantio. Após a completa germinação de todos os tratamentos, foram realizados os desbastes, para que permanecessem apenas duas plantas por vaso.

Ao final do bioensaio, 45 dias após o plantio, foram determinadas as seguintes variáveis: número de folhas, comprimento da maior folha, largura da parte mediana da maior folha e diâmetro da base. Em seguida, as plantas foram cortadas rente ao solo e pesou-se em uma balança de precisão a matéria fresca da parte aérea. As raízes das plantas foram isoladas do solo, cuidadosamente destorroado e lavadas para a determinação de sua matéria fresca. Tanto a parte aérea, como o sistema radicular, foram acondicionados em sacos de papel e permaneceram em estufa de ventilação forçada de ar, a  $60^\circ\text{C}$  por 72 h, tempo suficiente para a desidratação dos materiais vegetais até o peso constante para a determinação da matéria seca parte aérea e da matéria seca das raízes. De posse dos resultados das matérias vegetais de raízes e partes aéreas, secas e frescas, foi obtida a relação entre as matérias secas e frescas das raízes e das partes aéreas. Os resultados das medições realizadas foram tabulados para análise estatística por meio do programa SAEG 9.1 (SAEG, 2013). Foram determinadas a análise de variância dos dados, as médias, os coeficientes de variação e os testes de comparações entre os tratamentos (Teste de Tukey, a 5 % de probabilidade).

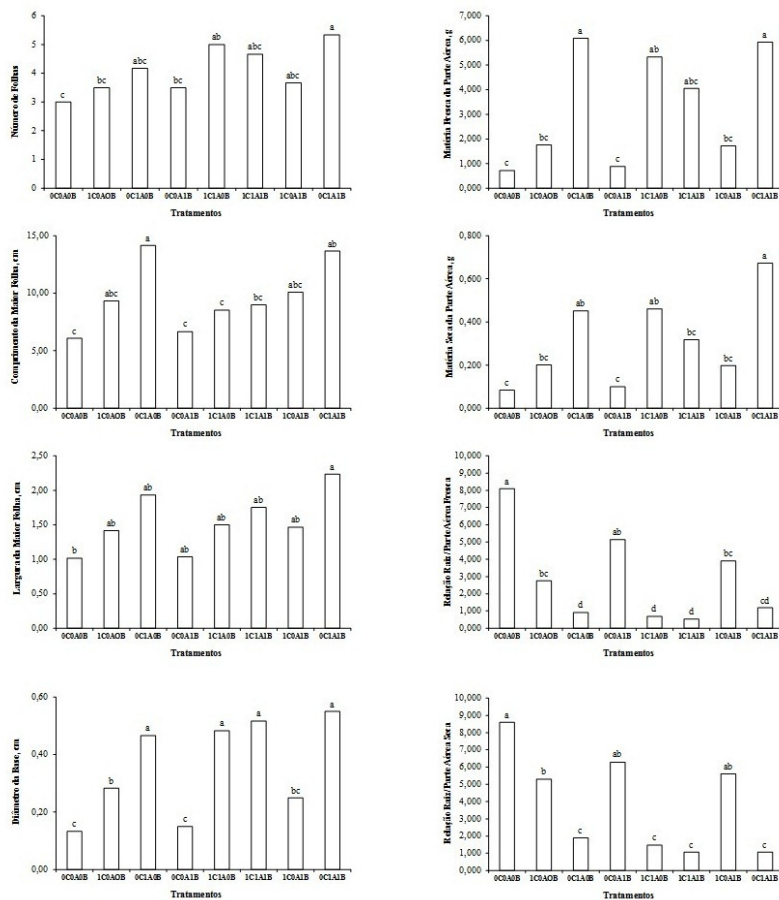
**Tabela 1 - Esquema dos tratamentos combinando calagem, adubação e bioestimulantes (ácidos húmicos)**

Tratamento	Nº	Código <sup>1</sup>	Calagem		Adubação		Bioestimulante mmol L <sup>-1</sup> de C <sub>AH</sub>
			Mg ha <sup>-1</sup>	g dm <sup>-3</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	g dm <sup>-3</sup>	
1		0C0A0B	0,00	0,00	0,00	0,00	0
2		1C0A0B	2,06	1,03	0,00	0,00	0
3		0C1A0B	0,00	0,00	643	12,86	0
4		0C0A1B	0,00	0,00	0,00	0,00	20
5		1C1A0B	2,06	1,03	643	12,86	0
6		1C1A1B	2,06	1,03	643	12,86	20
7		1C0A1B	2,06	1,03	0,00	0,00	20
8		0C1A1B	0,00	0,00	643	12,86	20

<sup>1</sup> Código: C = calagem; A = adubação; B = bioestimulante. Esses códigos serão usados para referência aos tratamentos adiante no texto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do desempenho inicial do milho em resposta aos tratamentos encontram-se na Figura 1. Observa-se, de forma geral, que os tratamentos contendo adubação e bioestimulante (0C1A1B) e, também, aqueles que receberam calagem e adubação (1C1A0B), foram superiores ao tratamento controle (0C0A0B). Os dados de matéria fresca mostram, novamente, que o menor desempenho foi obtido com o controle. Devido à disponibilidade de nutrientes, as plantas que melhor se desenvolveram, e conseqüentemente, possuíam maior quantidade de matéria fresca são aquelas tratadas com adubação (0C1A0B), e, adubação com bioestimulante (0C1A1B).



**Figura 1. Desempenho das plantas de milho no bioensaio em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade**

O acúmulo de matéria fresca possibilita à planta melhorar a absorção de água, de luz e de nutrientes, retroalimentando um ciclo positivo de crescimento, indicando que as plantas foram mais produtivas no acúmulo de carbono e nutrientes minerais, o que é confirmado pelos dados de matéria seca. Os resultados da matéria seca da parte aérea confirmam e explicam a superioridade do tratamento contendo adubação e bioestimulante. O maior crescimento das plantas deve-se, portanto, à maior absorção e acúmulo de nutrientes. Esse resultado está de acordo com os trabalhos da bibliografia da área para outras culturas, tais como, milho (Façanha et al., 2002), videira (Ferrara e Bruneti, 2008), gladiolo (Baldotto e Baldotto, 2013), cana-de-açúcar (Canellas e Olivares, 2014). Os ácidos húmicos incrementam o metabolismo das plantas, ou seja, sua principal função, destacada nos trabalhos citados é do tipo hormonal, aumentando a absorção de nutrientes e a divisão celular. Pode-se inferir que além do efeito bioestimulante para maior acúmulo de matéria seca, grupos funcionais presentes nos ácidos húmicos tenham complexado o  $Al^{3+}$  tóxico e, dessa forma, o efeito da calagem não tenha se expressado. Grupos funcionais carboxílicos ( $R-COOH$ ) são os mais abundantes na estrutura das substâncias húmicas.

Comparando os resultados da relação raízes/parte aérea das plantas, tanto com base em matéria fresca, como em matéria seca, observa-se que os tratamentos que apresentaram maior efeito bioestimulante na parte aérea, tenderam a produzir menor quantidade de raízes. Os resultados revelam que as plantas que se encontram em condições mais adequadas de nutrição, aloca menor energia na emissão de raízes. Também sob este ponto de vista, o tratamento contendo adubação e bioestimulantes confirma sua superioridade em relação aos demais. As plantas de milho do tratamento controle, além do menor efeito em comparação com as tratadas, necessitam ajustar sua morfologia para compensar essa limitação. Nesse sentido, aumentam a proporção de raízes em relação à parte aérea. Como o solo é limitante em disponibilidade de nutrientes, as plantas controle, mesmo com esse comportamento, não crescem adequadamente.

Um ciclo negativo se instala: com menor crescimento da parte aérea, há diminuição na captação de luz e, conseqüentemente, menor fotossíntese e produção de energia. Esse fato mostra que é recomendável continuar o manejo nutricional adequado do solo, na presença dos ácidos húmicos como bioestimulantes. Contudo, por apresentarem efeitos positivos diretos e indiretos na fisiologia da planta, o incremento do desempenho da planta indicadora de milho combinando adubação e ácidos húmicos, sobre o uso isolado da adubação demonstra que o aumento da eficiência propicia melhor aproveitamento do uso de fertilizantes. Tal fato indica que a calibração das doses de nutrientes deverá revelar otimização econômica em potencial para a combinação de adubação e ácidos húmicos.

Finalmente, a superioridade do tratamento contendo bioestimulantes adicionadamente à adubação, no desenvolvimento inicial e acúmulo de matéria seca nas plantas indicadoras neste bioensaio, confirma também a hipótese de que novas tecnologias podem ser desenvolvidas a base de resíduos orgânicos reciclados. A facilidade de aplicação advinda da formulação líquida e a significativa redução das quantidades a serem aplicadas de húmus tornam a tecnologia também atrativa economicamente. Os custos estimados em nosso grupo de pesquisa são os da força de trabalho, uma vez que as quantidades de composto e de reagentes para a extração dos ácidos húmicos são relativamente muito baixos e preparados artesanalmente. Para análise econômica pode se considerar custo equivalente a dois dias de serviço de agricultor, cujo treinamento para extração dos ácidos húmicos é simples e não requer investimento adicional ao já existente em unidade agropecuária familiar. Ou seja, o preparo de bioestimulantes na forma líquida pode proporcionar uma otimização do efeito em relação à aplicação do composto na forma sólida, uma vez que, em média, menos de 5 % do composto orgânico estaria solúvel (Baldotto e Baldotto, 2013). Portanto, os dados permitem inferir que, dentre os tratamentos testados no presente trabalho, o manejo recomendável seria a combinação da aplicação de ácidos húmicos como bioestimulantes e a adição de fertilizantes, aumentando a sua eficiência e resultando em plantas com maior desempenho.

## CONCLUSÕES

O uso dos bioestimulantes a base de substâncias húmicas é positivo e complementar à adubação usada na agricultura, formando uma combinação superior, tornando recomendável a reciclagem de resíduos orgânicos via compostagem e o preparo de bioestimulante para agregar-lhes valor técnico e potencialmente econômico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarez, V. V. H.; Ribeiro, A. C. Calagem. In: Ribeiro A. C., Guimarães PTG; Alvarez V. V. H. (Eds.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. 5ª ed. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p.52-69. 1999.
2. Baldotto, M. A.; Baldotto, L. E. B. Gladiolus development in response to bulb treatment with different concentration of humic acids. Revista Ceres. Viçosa, MG, v. 60, n.1, p.138-142, 2013.
3. Canellas, L. P.; Olivares, F. L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, v. 1, p. 3-14, 2014.
4. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA Produção de Informação. 3.ed. 2013. 353p.
5. Façanha, A. R.; Façanha, A. L. O.; Olivares, F. L.; Guridi, F.; Santos, G. A.; Velloso, A. C. X.; Rumjanek, V. M.; Brasil, F.; SCHRIPSEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M. A.; CANELLAS, L. P. Biotividade de ácidos húmicos: Efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. Pesquisa Agropecuária, Brasileira, v. 37, p. 1301-1310, 2002.
6. Ferrara, G.; Brunetti, G. Influence of foliar applications of humic acids on yield and fruit quality of table grape cv. Itália. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, v. 42, p. 79-87, 2008.
7. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário estatístico do Brasil. Brasília. 2001. 208p.
8. SAEG - Sistema para análises estatísticas. Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2007. Disponível em <<http://www.ufv.br/saeg/>>. Acesso em 10 jun. 2013.