

BIOESTIMULANTE EXTRAÍDO DE RESÍDUO ORGÂNICO RECICLADO POR COMPOSTAGEM

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

* Discente do Curso de Gestão Ambiental da Universidade Federal de Viçosa - jayna.rocha@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, Composto orgânico, Ácidos húmicos.

INTRODUÇÃO

Os Latossolos são os solos predominantes no Brasil, presentes desde o extremo norte do Estado de Roraima até a cidade de São Paulo. São formados pela remoção da sílica e de bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , etc) após transformação dos materiais primários constituintes. Suas características principais são a acidez e a baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água, o que resulta em baixa fertilidade. Nesse sentido, Rezende et al. (2007) e Embrapa (2006) os definem como solos muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para plantas, normalmente, representado por sua baixa a média capacidade de troca de cátions (CTC), cujo cátion predominante tende a ser o Al^{3+} . Possuem estrutura granular, que favorece a proporção dos macroporos, que dificulta a reserva de água. São macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos. São solos profundos, pelo elevado processo de transformação, e tendem à predominância de cargas positivas sobre as negativas, devido a sua mineralogia predominantemente composta por óxidos de ferro e de alumínio, tais como hematita, goethita e gibsitita. Aproximadamente 95% dos Latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponível muito baixo, sempre inferiores a 1 mg/dm^3 .

A correção das limitações dos Latossolos para uso econômico pode ser feita por meio do aumento da geração de cargas elétricas ou da capacidade de troca iônica, que consiste na adsorção de íons e de água pelos colóides do solo. Além dos aspectos químicos, o aumento da geração de cargas elétricas também promove melhor agregação do solo e, portanto, melhora sua condição física (tais como, estrutura, porosidade e permeabilidade). Com a melhoria da química e da física do solo, a sua biologia também seria favorecida, ou seja, sua ambiência seria mais adequada para a reciclagem de matéria orgânica do solo. Todos esses efeitos podem ser conseguidos com a manutenção e o incremento dos teores de carbono orgânico do solo, o que aumentaria sua fertilidade. Formas usuais de se manejar bem a matéria orgânica do solo podem ser obtidas através de práticas conservacionistas.

A adubação orgânica converge para a necessidade crescente de cuidados com a destinação dos resíduos orgânicos advindos das atividades antrópicas, as quais têm aumentado cada vez mais. 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 seja aproveitada. Para Resende, et al. (2007) entre as diversas alternativas de descarte de resíduos orgânicos, a disposição no solo é sem dúvida uma das mais atraentes, já que as limitações da principal classe de solos brasileira requerem para sua correção o aumento de matéria orgânica. Assim, como visto, o problema da geração de resíduos é a solução para a melhoria dos Latossolos. Contudo, para melhor higienização, estabilização e decomposição

dos resíduos orgânicos, o uso do processo de compostagem vem sendo cada vez mais usado antes de sua disposição no solo (SEMA, 2008).

O processo de compostagem se faz importante porque se fundamenta no processo de reciclagem da matéria orgânica dos resíduos a serem usados, produzindo condicionadores de solo, diminuindo assim, a demanda por produtos de origem química, contribuindo para a agricultura e para o próprio meio ambiente. A importância articulada ganha veemência de aplicabilidade frente à realidade do contexto brasileiro, o qual possui 50% dos seus resíduos municipais constituído por matéria orgânica e também no meio rural, onde as atividades zootécnicas geram materiais orgânicos potencialmente aproveitáveis para uso na melhoria dos solos. Sendo assim é possível obter algumas vantagens que o processo de compostagem fornece: redução do lixo destinado a aterros, economia, aproveitamento da matéria orgânica, reciclagem de nutrientes para o solo, num processo ambientalmente seguro, com a eliminação de patógenos e a economia no tratamento de resíduos (SEMA, 2008).

Trabalhos recentes têm mostrado que a compostagem também pode ser vista como matéria prima para isolamento de substâncias bioativas, como as substâncias húmicas (Baldotto et al., 2009; Baldotto et al., 2012; Baldotto et al., 2013). Como o próprio nome indica, estas substâncias compõem a maior parte do húmus gerado na compostagem. No composto, estão em fase sólida. O isolamento consiste em prepará-las na forma líquida, que pode ser usada em cultivos por métodos de aplicação mais práticos. 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 estabilidade química da matéria orgânica ocorre com a formação de substâncias húmicas, por meio da humificação. As substâncias húmicas vêm sendo concebidas como agregados supramoleculares (Piccolo, 2001), organizando-se em agrupamentos de diversos compostos orgânicos de baixa massa molecular, contendo domínios predominantemente hidrofílicos (ácidos fúlvicos) ou hidrofílico-hidrofóbicos (ácidos húmicos). No composto orgânico ocorre uma mistura desses domínios. Tais agregados são mantidos, em solução, por pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas que, isoladamente, são ligações fracas, mas, quando somadas, podem fornecer estruturação a essas substâncias e, assim, resultar numa aparente alta massa molecular. Quando, operacionalmente, promove-se à ionização com extratores alcalinos, ambos os grupos são solubilizados e, ao contrário, a acidificação promove a precipitação, apenas dos ácidos húmicos que apresentam caráter menos polar e mais hidrofóbico que os ácidos fúlvicos, sendo, portanto, mais estáveis no ambiente (Piccolo, 2001; Sposito, 2008).

Os ácidos húmicos promovem o crescimento das plantas, por aumentarem a absorção de nutrientes, com efeitos diretos na produtividade e qualidade de diversos cultivos. 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, relacionam-se complexação de metais, aumento da capacidade de troca catiônica de nutrientes, retenção de umidade, etc. Na planta, influencia no transporte de íons, atividade respiratória, conteúdo de clorofila, síntese de ácidos nucléicos e a atividade de várias enzimas. Atuam principalmente favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular e o acúmulo de nutrientes. Os ácidos húmicos também ativam transportadores secundários, acarretando aumento da absorção de macro e micronutrientes, mecanismo que pode ser explicado pela ação das H^+ ATPases na despolarização da membrana plasmática, e conseqüentemente, na ativação de transportadores (Hager et al., 1991).

Nesse contexto, dar continuidade ao processo de reciclagem dos resíduos orgânicos tem, ainda, atualmente, grande importância, sobretudo na região de Florestal-MG, que contém atividades de bovinocultura e avicultura. Os resíduos de esterco de gado já são bem conhecidos e usados pelos agricultores locais. Todavia, a cama de aviário surge com potencial de ser reciclada nos solos, melhorando sua fertilidade e contribuindo para melhorar o valor econômico desse resíduo que vinha sendo usado na alimentação animal e atualmente teve este uso proibido por legislação específica. Porém, mais importante ainda, é 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 e, adicionalmente, contribuir para a preservação ambiental e para a agricultura sustentável. Os resíduos orgânicos são pouco utilizados e a sua destinação geralmente é feita sem qualquer agregação de valor e/ou poderia haver melhor aproveitamento. A intenção do presente trabalho é utilizar as substâncias húmicas da matéria orgânica como estimulante de plantas, que poderá resultar em aumentar seu valor econômico em relação à compostagem ou a aplicação do resíduo *in natura*, sem beneficiamento. Assim, além da reciclagem da matéria orgânica, a compostagem e extração de substâncias húmicas podem promover efeitos estimulantes na produção vegetal, viabilizando uma destinação nobre para estes materiais, minimizando o impacto negativo no ambiente. Portanto, o uso das substâncias húmicas da matéria orgânica de resíduos advindos do esterco bovino e da cama de frango pode agregar-lhes valor econômico como estimulantes de plantas.

OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho foi reconhecer os principais resíduos orgânicos gerados nas atividades agropecuárias da região de Florestal-MG, preparar compostos orgânicos e isolar as substâncias húmicas para serem testadas em bioensaios, visando o desenvolvimento de novas tecnologias que agreguem maior valor econômico a esses resíduos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, na Universidade Federal de Viçosa *Campus* Florestal, com início no dia 12 de abril durante o ano de 2012.

Os resíduos utilizados foram provenientes do Setor de Bovinocultura da Universidade Federal de Viçosa-*Campus* Florestal e da granja Brasília, localizada no município de Florestal-Minas Gerais. Com estes foi produzido um composto orgânico, conforme o manual de compostagem, com a finalidade de extração do ácido húmico. Após a maturação do composto, coletou-se uma amostra desse e adicionou-se uma solução alcalina (hidróxido de sódio NaOH, com concentração de $0,1 \text{ mol L}^{-1}$) sendo a centrifugado por aproximadamente quatro horas, o que resultou em um precipitado insolúvel em base, as huminas, e uma solução sobrenadante, os ácidos fúlvicos e húmicos. Ajustou-se o pH dessa solução entre 1 e 1,5 que foi centrifugado novamente por mais quatro horas, resultando em uma solução sobrenadante, que são os ácidos fúlvicos, solúveis em ambas as misturas, e um precipitado que são os ácidos húmicos que foram utilizados como bioestimulantes de plantas. As soluções deste estimulante foram preparadas diluindo-se a solução estoque do extrato anterior até 20 mmol L^{-1} de C na forma de ácidos húmicos.

Os fatores em estudo são os ácidos húmicos isolados de composto orgânico, aplicado como bioestimulante em plantas de milho e testado na presença e na ausência de calagem e de adubação, conforme a Tabela 1.

O experimento foi desenvolvido em ambiente controlado, usando-se plantas de milho (AG1051) usadas como indicadora, cultivadas em vasos de 1 dm^3 , preenchido com solo da camada de 20 a 40 cm de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006), previamente analisado por Baldotto et al. (2012).

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 Alves et al. (1999). Tanto calagem, como a adubação, foram aplicadas em sacos plásticos, para homogeneização com o solo. Depois disso, os solos já corrigidos e/ou adubados foram transferidos para os vasos plásticos para receberem cinco sementes de milho. A aplicação do bioestimulante foi realizada nas sementes, antes do plantio, sendo o tempo de tratamento na solução de 16 horas. As sementes que não foram tratadas com bioestimulantes foram embebidas em água destilada, a fim de dar as mesmas condições de absorção de água para todos os tratamentos. A calagem foi aplicada instante antes da emergência das sementes, a uma concentração de 10 mg/ha , o calcário utilizado é o calcário dolomítico (Laine; Abreu, 2011).

Tabela 1. Esquema dos tratamentos.

| Tratamento | | Calagem | | Adubação | | Bioestimulante |
|------------|-----------------------|---------|-------------------|----------|-------------------|---------------------------|
| Nº | Código ⁽¹⁾ | Mg/ha | g/dm ³ | kg/ha | g/dm ³ | mmol/L de C _{AH} |
| 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 |

⁽¹⁾ Código: C = calagem; A = adubação; B = bioestimulante. Esses códigos serão usados para referência aos tratamentos adiante no texto.

Os vasos foram irrigados diariamente de maneira a imitar uma chuva fina, durante todo o experimento. E iniciou-se o monitoramento do desenvolvimento das plantas. As plantas completaram a germinação cerca de dez dias após o plantio. Após a completa germinação de todos os tratamentos, cerca de quinze dias após a emergência das plantas, foram realizados desbastes para que permanecessem apenas duas plantas por vaso.

No 27º dia, após a emergência das plantas, foram determinadas as seguintes variáveis com o auxílio do paquímetro e da fita métrica: altura das plantas (ALT), número de folhas (NF), comprimento da maior folha (CF), largura da parte

mediana da maior folha (LF), diâmetro da base (D. BAS), e relação da matéria fresca da parte aérea e das raízes (RPAF). Ao final do bioensaio, 30 dias após a sua emergência, as plantas foram cortadas rente ao solo e pesou-se em uma balança de precisão a matéria fresca da parte aérea (MFPA). As raízes das plantas foram isoladas do solo por destorramento e lavadas para a determinação de sua matéria fresca (MFR). 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°C por 48 horas, tempo suficiente para a desidratação dos materiais vegetais até o peso constante para a determinação da matéria seca. Determinou-se a matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria seca das raízes (MSR) a relação da matéria seca da parte aérea e das raízes (RPAS).

Os resíduos advindos da atividade de suinocultura possuem elevado teor de nutrientes, entretanto é considerada pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental, como atividade de grande potencial poluidor, face ao elevado número de contaminantes contidos nos seus efluentes originários do trato intestinal dos porcos, portanto, torna-se necessário uma destinação para esses resíduos de forma a evitar problemas ambientais.

Os resíduos provenientes da bovinocultura chamam a atenção pelo seu grande volume. Possuem quantidade significativa de fósforo e nutrientes, podendo até ser utilizado com alimento animal. Contudo se o esterco apresentar contaminantes químicos como herbicidas aplicados em pastagens ou lavouras, levará ao aparecimento de fitotoxicidade em cultivos mais sensíveis, significando prejuízos consideráveis para o produtor ou para os consumidores daquele esterco.

Quando ocorre a compostagem desses resíduos, há uma potencialidade do seu uso na agricultura devido a ação desempenhada por microrganismos durante a maturação do composto, e ao nível de nutrientes disponível. Quando ocorre a extração dos ácidos húmicos, o que antes era um problema ambiental devido, também, ao grande volume passa a ser uma solução, já que 1 kg de composto gera 10L de bioestimulante.

Os resultados das medições realizadas foram tabulados para análise estatística por meio do programa SAEG 9.0 (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 ao nível de 5% de probabilidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a compostagem dos resíduos provenientes das atividades agropecuárias da região de Florestal-Minas Gerais e da extração e aplicação dos ácidos húmicos em plantas de milho, obteve-se resultados quanto a viabilidade de sua utilização. Os resultados do desempenho inicial do milho em resposta aos tratamentos encontram-se nas Figuras 1 a 9. Esses resultados são apresentados e, em seguida, discutidos em conjunto.

Na Figura 1, encontram-se os resultados do número de folhas das plantas indicadoras de milho. Observa-se que os tratamentos contendo adubação e bioestimulante (0C1A1B) e também os que receberam calagem e adubação (1C1A0B) foram superiores ao tratamento controle (0C0A0B). Os demais tratamentos não apresentaram desempenho que diferisse do controle.

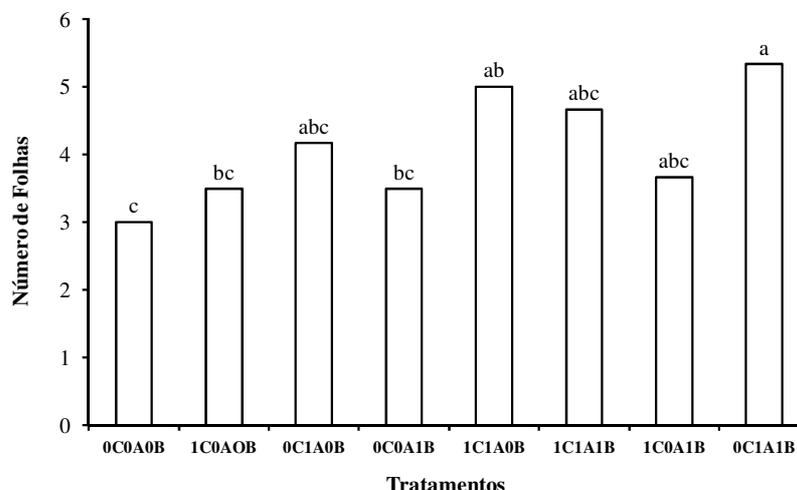


Figura 1. Número de folhas das plantas de milho usadas como indicadoras em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A Figura 2 mostra a variação da altura em função dos tratamentos. Novamente o tratamento adubação combinado com bioestimulante (0C1A1B), se sobressaiu.

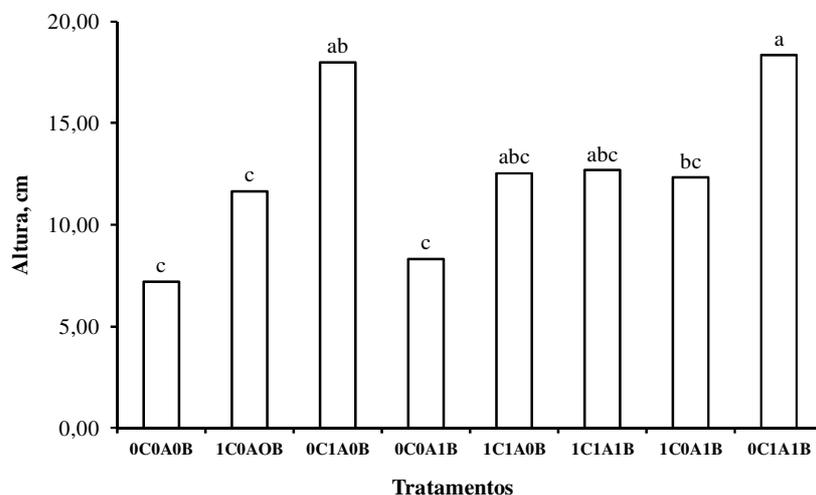


Figura 2. Altura das plantas de milho usadas como indicadoras em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na Figura 3, a seguir, estão apresentadas as médias do diâmetro das plantas em cada tratamento. Observa-se que os tratamentos contendo adubação e bioestimulante (0C1A1B), calagem, adubação e bioestimulante (1C1A1B), calagem e adubação (1C1A0B) e adubação (0C1A0B), respectivamente apresentam diâmetros maiores em relação aos demais tratamentos. Os diâmetros das bases das plantas representam relações positivas ao desenvolvimento da cultura, ou seja, são indicadores do desempenho das plantas.

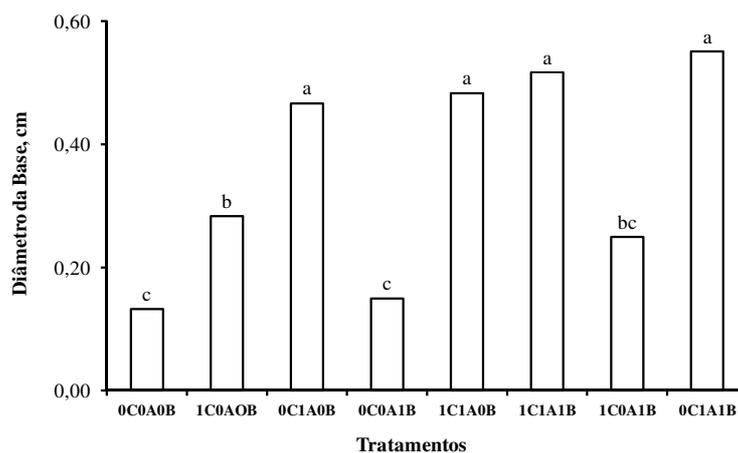


Figura 3. Diâmetro da base das plantas de milho usadas como indicadoras em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A Figura 4 apresenta o comprimento das maiores folhas de acordo com os tratamentos aplicados. Verifica-se que o tratamento que recebeu apenas adubação (0C1A0B), foi o que apresentou melhor desempenho, seguido do tratamento com adubação e bioestimulante (0C1A1B). Para esta característica, o uso de bioestimulante não apresentou efeito superior á adubação.

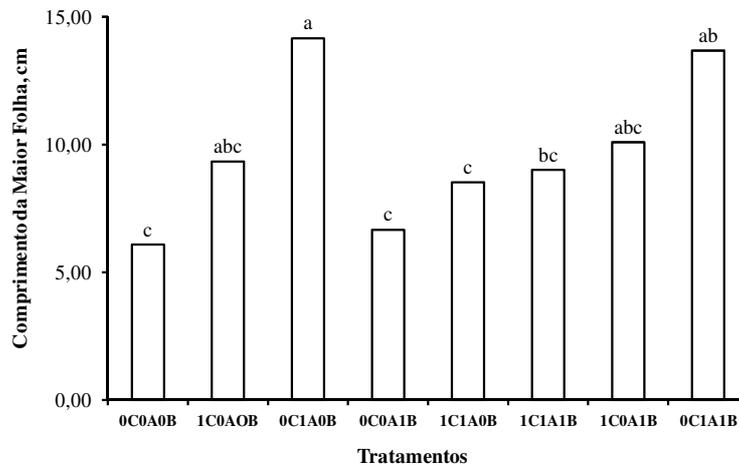


Figura 4. Comprimento da maior folha das plantas de milho usadas como indicadoras em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A Figura 5 apresenta as larguras das maiores folhas. Novamente, o tratamento com adubação e bioestimulante (0C1A1B) se destacou em relação aos demais. O tratamento com bioestimulante, sem adição de nutrientes, apresentou médias semelhantes ao controle, comprovando a constatação que os Latossolos são solos de baixa fertilidade natural, com limitações ao crescimento das plantas.

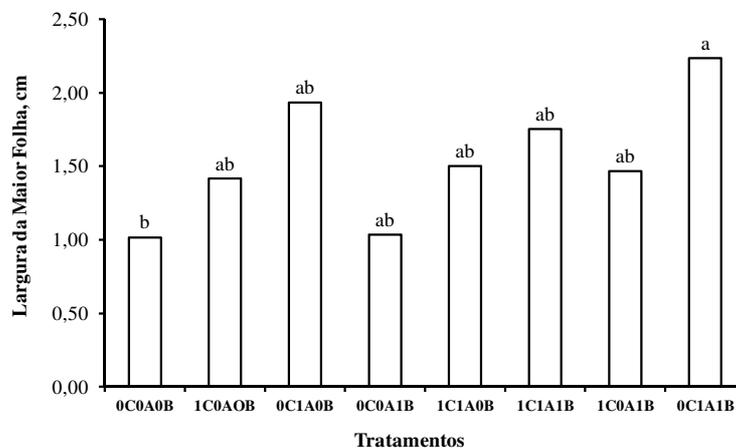


Figura 5. Largura da maior folha das plantas de milho usadas como indicadoras em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os dados de matéria fresca estão apresentados na Figura 6. Devido à disponibilidade de nutrientes, as plantas que melhor se desenvolveram, e consequentemente, possuíam maior quantidade de matéria fresca são aquelas tratadas com adubação (0C1A0B), e, adubação com bioestimulante (0C1A1B). 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, que estão apresentados logo depois, no texto.

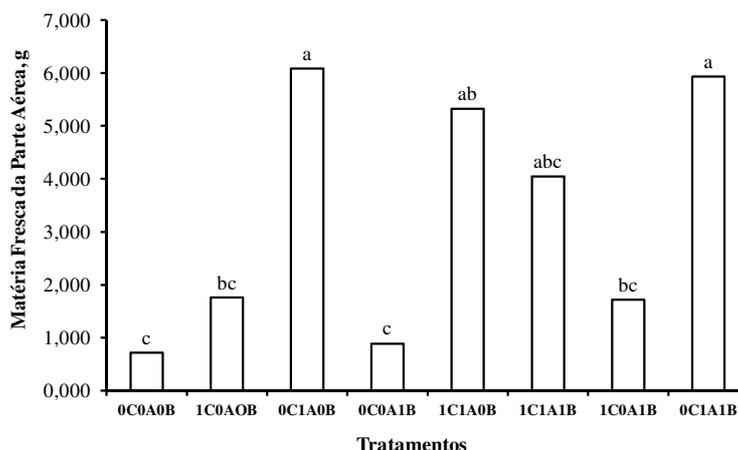
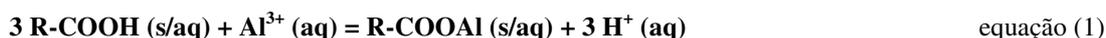


Figura 6. Matéria fresca da parte aérea das plantas de milho usadas como indicadoras em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os resultados da matéria seca da parte aérea (Figura 7) confirmam e explicam a superioridade do tratamento contendo adubação e bioestimulante (Baldotto et al., 2009; Baldotto et al., 2012; Baldotto et al., 2013). O maior crescimento das plantas deve-se, portanto, à maior absorção e acúmulo de nutrientes. A hipótese deste trabalho foi confirmada, ou seja, o bioestimulante incrementa o metabolismo das plantas. No caso dos ácidos húmicos, sua principal função, destacada neste trabalho, tipo hormonal é aumentar a absorção de nutrientes. Como são estimulantes com base em matéria orgânica do solo, 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, por isso, o efeito da calagem não tenha se expressado. Por outro lado, essa possibilidade, se confirmada em mais estudos, desoneraria, ao menos em parte, os custos da calagem.

Grupos funcionais carboxílicos ($R-COOH$) são os mais abundantes na estrutura das substâncias húmicas. No solo, as reações de complexação do íon alumínio, acontecem como na equação a seguir (Baldotto et al, 2008):



Como visto na equação 1, 3 mol de grupos carboxílicos ($R-COOH$, na fase sólida ou aquosa) das substâncias húmicas podem complexar 1 mol de Al^{3+} , inibindo sua ação tóxica às raízes. De forma geral, as substâncias húmicas apresentam de 1,5 a 6,0 mol kg^{-1} de grupos carboxílicos. Assim, infere-se que dada esta complexação, o efeito da calagem não foi significativo para os tratamentos contendo bioestimulantes representado na Figura 7.

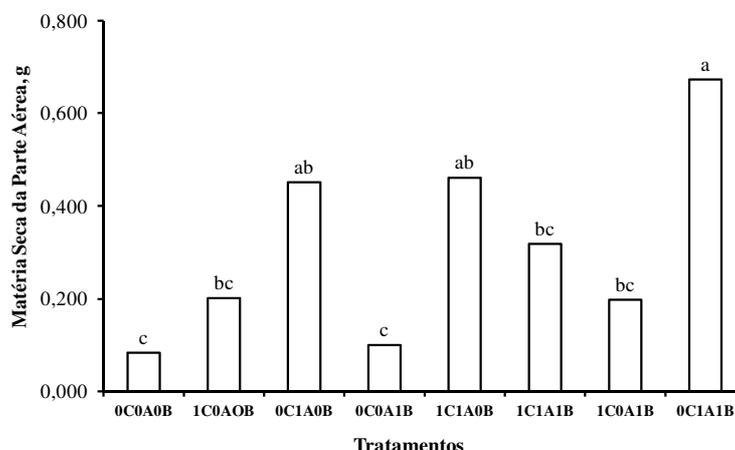


Figura 7. Matéria seca da parte aérea das plantas de milho usadas como indicadoras em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A Figura 8 apresenta as médias da relação matéria fresca das raízes e matéria fresca da parte aérea, em cada tratamento.

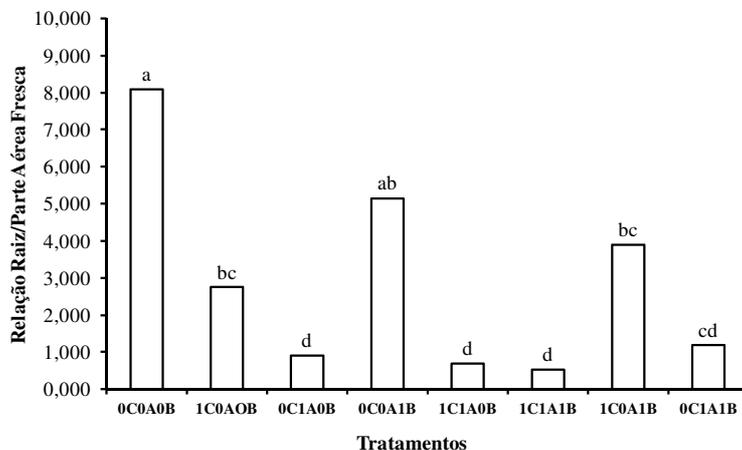


Figura 8. Relação entre matéria fresca das raízes e matéria fresca da parte aérea das plantas indicadoras de milho em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Comparando os resultados da relação raízes/parte aérea das plantas, tanto com base em matéria fresca, como em matéria seca (Figura 9), observa-se que os tratamentos que apresentaram maior efeito na parte aérea, tenderam a produzir menor quantidade de raízes. Esses resultados revelam que as plantas que se encontram em condições mais adequadas de solo, “investem” 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.

A Figura 9 apresenta as médias da relação matéria seca das raízes e matéria seca da parte aérea, em cada tratamento. Observa-se tendência semelhante aos dados de matéria fresca. As plantas de milho usadas como indicadores 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 limitado 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 o bom manejo apresenta efeitos positivos diretos e indiretos na fisiologia da planta.

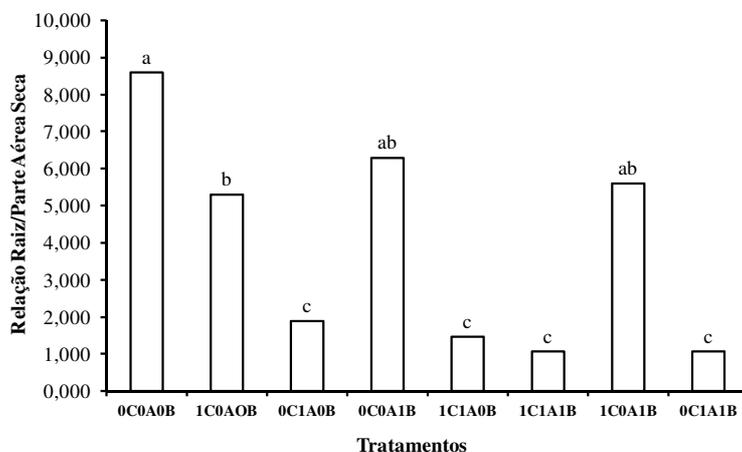


Figura 9. Relação entre matéria seca das raízes e matéria seca da parte aérea das plantas de milho usadas como indicadores em resposta às aplicações de calagem (C), adubação (A) e bioestimulante (B). Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Finalmente, a superioridade do tratamento contendo bioestimulantes com adubo 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. 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 (custos menores que R\$ 50,00/ha), 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 menos de 5 % do composto orgânico estaria solúvel. Esses resultados convergem à grande dificuldade de operacionalização da adubação orgânica, pois frequentemente, doses de cerca de 10 toneladas por hectare são requeridas (Andrade et al., 2011). Dada a baixa densidade do composto orgânico (0,1 a 0,5 g/cm³), essas doses geram altos volumes (dezenas de metros cúbicos de composto!), o que geraria dificuldades adicionais de transporte, armazenamento, aplicação, etc.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos pelas medições da matéria seca da parte aérea, pode-se concluir que o crescimento da planta está relacionado à maior absorção de nutrientes. Os ácidos húmicos incrementam o metabolismo das plantas, agindo nos seus transportadores aumentando sua absorção de nutrientes. Adicionalmente, esse efeito também pode ser devido ao aumento dos pelos radiculares pela ação dos ácidos húmicos, aumentando a absorção de água e nutrientes pelas plantas e/ou à melhoria do ambiente radicular, por exemplo, pela complexação de íons alumínio tóxicos em excesso.

Os tratamentos com calagem, adubação e bioestimulantes a base de substâncias húmicas extraídas de compostos orgânicos apresentaram efeito superior ao controle, indicando que cultivar sobre tais Latossolos sem manejo adequado é economicamente desinteressante e ambientalmente desfavorável.

O efeito do bioestimulante foi superior ao do controle, mas foi aumentado com a adubação, sem, no entanto, ser modificado pela calagem.

O uso de substâncias húmicas extraídas de compostos orgânicos combinada com adição de fertilizantes foi a melhor opção de manejo dentre os estudados, confirmando a hipótese de efeito tipo hormonal no aumento da absorção de nutrientes.

O uso dos bioestimulantes a base de substâncias húmicas é positivo e complementar frente aos insumos usualmente usados na agricultura, formando uma combinação superior. Assim recomenda-se a reciclagem de resíduos orgânicos via compostagem e o preparo de bioestimulante para agregar-lhes valor 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. 1999, p.52-69.
2. ALVES, V. M. C.; VASCONCELOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E.; FILHO, A. R.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: Ribeiro A. C.; Guimarães PTG & Alvarez V. V. H. (Eds.) **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** 5. ed. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999, p.52-69.
3. ANDRADE, A. F.; SILVA, R. A. F. da; RIBEIRO, R. de C. dos S.; **Crescimento inicial de milho (*Zea mays L.*) em resposta as doses de esterco bovino, fino de carvão e cinza de caldeira.** 2011. 45 f. Projeto Final de Curso (Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, Florestal, MG, 2011.
4. BALDOTTO, M. A., CANELLAS, L. P., MENDONÇA, E. S., DOBBS, L., VELLOSO, A. C. X. & AMARAL SOBRINHO, N. M. B. **Reações da matéria orgânica** In: Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 45-63.
5. BALDOTTO, L. E. B. **Estrutura e fisiologia da interação entre bactérias diazotróficas endofíticas e epifíticas com abacaxizeiro cultivar vitória durante a aclimatização.** 2009. 149 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, 2009.

6. BALDOTTO, L. E. B.; SILVA, L. G. J. S.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BALDOTTO, M. A. Initial growth of maize in response application of rock phosphacate, vermicompost and endophytic bacteria. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 2, p.262-270, mar./abr. 2012.
7. 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, jan./fev. 2013.
8. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Produção de Informação. 2.ed. 2006. 412p.
9. HAGER, A.; DEBUS, G. EDEL, H. G.; STRANSKY, H.; SERRANO, R. **Auxin induces exocytosis and rapid synthesis of a high-turnover pool of plasma-membrane H⁺ATPase**. *Planta*, v. 185, p. 525-537, 1991.
10. LAINE, C. C. T. A.; ABREU, R. M. de.; **Bioensaio com milho em resposta a incubação de escória de siderurgia e calcário comercial em Latossolo**. 2011. 52 f. Projeto Final de Curso (Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, Florestal, MG, 2011.
11. PICCOLO, A. **The supramolecular structure of humic substances**. *Soil Science*. 166. ed., 2001, p. 810-832.
12. RESENDE, M.; et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5.ed. Rev. Lavras: UFLA. 2007. 322p.
13. **SAEG – Sistema para análises estatísticas**. Versão 9.1: Fundação Arthur Bernades. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2007. Disponível em <<http://www.ufv.br/saeg/>>. Acesso em 10 jun. 2013. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 357, 17 de março de 2005. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nos corpos receptores e dá outras providências.
14. SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Programa Desperdício Zero**. Kit Resíduos – Versão Verde. 2008.
15. SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. 2. ed. New York: University Oxford Press. 2008, 329p.