

Avaliação da fitotoxicidade de compostos orgânicos a partir de ensaios biológicos envolvendo sementes de tomate

L. M. S. Ataíde¹; S. R. Lopes²; C. S. Rosa¹; D. A. Simões¹; K. G. Tavares²

¹ Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Animal, Setor de Entomologia, 36570-000, Viçosa – MG

² Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte, Gerência de Planejamento e Monitoramento do Tratamento e Disposição Final de Resíduos – GETDF, 31.950-650, Belo Horizonte – MG.

liviaataide@gmail.com

(Recebido em 03 de agosto de 2011; aceito em 03 de agosto de 2011)

A produção do composto orgânico a partir do reaproveitamento de resíduos tem sido uma técnica bastante difundida. Entretanto, a utilização destes compostos, antes de sua total estabilização, pode causar danos às plantas e indiretamente afetar a saúde humana. Estudos visando avaliar a maturação desses compostos têm sido pouco explorados. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a fitotoxicidade de diferentes substratos orgânicos produzidos a partir de resíduos sólidos urbanos, na Unidade de Compostagem da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (CTRS-BH). Foram realizados bioensaios com sete diferentes tipos de substratos (compostos orgânicos), avaliando o crescimento e desenvolvimento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicon*) em cada um deles. Também foram feitas análises físico-químicas para avaliar a qualidade e a estabilidade desses substratos. Os resultados indicaram que o composto orgânico (CO) produzido na CTRS-BH apresenta características físico-químicas favoráveis para o crescimento e desenvolvimento de *S. lycopersicon*.

Palavras-chave: resíduo orgânico, compostagem, fitotoxinas, *Solanum lycopersicon*.

The production of the organic compost as an alternative of reusing and reducing waste has been a widespread technique. However, the use of this soil, before its total stabilization, can be harmful for plants which can indirectly affect human's health. Studies aiming to evaluate the maturation of these soils have been less explored. Therefore, this work aimed to evaluate the phytotoxicity of different organic coumposts produced through urban solid residues, at the Unidade de Compostagem da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (CTRS-BH). Bioassays with seven different types of soil (organic compost) were carried out evaluating the growth and development of tomato plants (*Solanum lycopersicon*) in each of them. Furthermore, physical and chemical analyses were also carried out to evaluate the quality and the stability of the soils. The results showed that the use of the organic compost (CO) produced at the CTRS-BH has suitable physical and chemical features which provide superior growth and development of *S. lycopersicon*.

Key words: organic residue, composting, phytotoxines, *Solanum lycopersicon*.

1. INTRODUÇÃO

A técnica de compostagem foi desenvolvida com a finalidade de acelerar e melhorar as condições de estabilização da matéria orgânica. Esse processo consiste na decomposição da matéria orgânica por microorganismos [1], resultando em aproximadamente 120 dias, na produção de um material estável e rico em nutrientes [2].

O reaproveitamento da fração orgânica dos resíduos domiciliares, por meio da compostagem, tem sido uma técnica bastante utilizada nos últimos anos, como maneira de tratamento destes. No entanto, a utilização de resíduos na agricultura, antes de sua total estabilização, pode causar danos às plantas [3], em decorrência da presença de substâncias tóxicas como metais pesados, formação de ácidos, excesso de sais e nitrogênio. Um composto orgânico com tais características é considerado fitotóxico e o acúmulo dessas substâncias nos tecidos das plantas, afeta seu crescimento e desenvolvimento [4]. Portanto, plantas com sintomas de fitotoxicidade

apresentam mudanças fisiológicas e bioquímicas [5], como crescimento reduzido e amarelecimento das folhas [2].

Segundo Kiehl [2], o composto orgânico transpõe três fases principais: (i) fitotóxica, composto cru ou instável, ii) semicura ou bioestabilização e (iii) cura, maturação ou mais tecnicamente, a humificação. A fase fitotóxica é caracterizada pelo início da decomposição da matéria orgânica, e devido à presença da seiva das plantas e de diversos ácidos minerais como o ácido acético e toxinas danosas às plantas. Nas etapas seguintes, macro e micro nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas são originados a partir da decomposição pelos microorganismos.

A avaliação de compostos orgânicos para uso agrícola tem levado em consideração a presença de metais pesados, que em concentrações elevadas podem afetar o desenvolvimento das plantas. Portanto, também é necessário avaliar a toxicidade desses substratos antes da sua utilização [6]. A avaliação da toxicidade do composto a partir da germinação e crescimento de plantas é um dos mais importantes critérios usados pelas agências ambientais [7, 8] Por isso, o teste biológico é um processo rápido e de baixo custo para monitorar a fitotoxicidade de resíduos sólidos e fertilizantes orgânicos, indicando a completa maturação dos componentes ou sua fitotoxicidade [2]. Nesse sentido, pesquisas têm sido realizadas para caracterizar os compostos orgânicos produzidos no Brasil [9]. Kaushik e Garg [10] estudaram a utilização da compostagem para reutilização de lodos urbanos e industriais e sua aplicação agrícola. Entretanto, estudos visando avaliar respostas fisiológicas de vegetais cultivados com esse tipo de resíduo, utilizado como fertilizante, têm recebido pouca atenção. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a fitotoxicidade de sete diferentes substratos orgânicos produzidos a partir de resíduos sólidos urbanos, na Unidade de Compostagem da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte, através de bioensaios com plantas de tomate (*Solanum lycopersicon*, variedade Santa Clara).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados no laboratório de Análises Físico-Químicas da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte (SLU). Os tratamentos testados foram diversos substratos orgânicos, em diferentes proporções, conforme discriminado a seguir:

- 1) Composto orgânico com mais de 120 dias de processo, produzido a partir de 40% de podas e 60% de resíduos orgânicos, denominado CO;
- 2) Composto orgânico instável com 30 dias de processo, produzido a partir de 40% de podas e 60% de resíduos orgânicos, denominado COF;
- 3) Húmus obtido a partir da decomposição do composto orgânico com 120 dias de processo, através da vermicompostagem;
- 4) Composto orgânico produzido a partir do lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos do Arrudas (ETE Arrudas) a qual é operada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais/Copasa, na proporção de 50% de podas e 50% de lodo, denominado LDI;
- 5) Composto orgânico produzido a partir do lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos do Arrudas, na proporção de 30% de podas e 70% de lodo, denominado LDII e;
- 6) Composto orgânico artesanal, produzido em contêineres de plástico, com rigoroso controle de temperatura, umidade, pH e reviramento, utilizando 70% de podas e 30% de resíduos orgânicos, denominado COA.
- 7) Terra pura, ou seja, sem adição de material orgânico (utilizado como grupo controle);

Para todos os substratos orgânicos, foi considerado *poda*, todo o material obtido através da poda de árvores urbanas realizada pela SLU na região de Belo Horizonte, e *resíduo orgânico*, toda e qualquer matéria orgânica, como frutas, legumes, verduras provenientes da coleta diária realizada pela SLU em sacolões, restaurantes e feiras na região de Belo Horizonte. Foi

considerado *lodo de esgoto*, o material de descarte gerado após o tratamento das águas residuárias realizado na Estação de Tratamento de Esgotos do Arrudas (ETE Arrudas).

Antes da experimentação, cada substrato orgânico foi processado de acordo com as condições descritas acima e mantidos no Pátio de Compostagem. Posteriormente, os substratos foram transferidos para sacos plásticos de, aproximadamente, 500g cada. No entanto, a fim de se avaliar o efeito de diferentes proporções destes substratos no desenvolvimento das plantas, cinco dosagens foram escolhidas (20%, 40%, 60%, 80% e 100%). Portanto, para cada um dos seis substratos (CO, COF, LDI, LDII, COA e Húmus) foram avaliadas cinco diferentes dosagens. A disponibilidade de material determinou o número de repetições dos bioensaios. Sendo assim, foram feitas três repetições de CO e COF; duas repetições de LDI, LDII e Húmus, apenas uma amostragem para COA. Obviamente, o efeito do grupo controle (Terra) foi analisado apenas na proporção de 100% e em três replicas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, resultando, portanto, no total de 68 amostras.

Posteriormente, foram distribuídas 20 sementes de tomate (*S. lycopersicon*), em cada um dos 68 sacos plásticos utilizados, as quais foram irrigadas uma vez ao dia. A germinação das sementes iniciou-se após o oitavo dia de plantio. No quadragésimo terceiro dia após o plantio, as plantas foram retiradas dos substratos e foi avaliado o peso fresco e o tamanho das plantas. Para a medição das plantas, foi considerada a medida do ápice do caule, até o início da ramificação das raízes secundárias, feita com o auxílio de uma régua (cm) e a pesagem foi feita em balança analítica (mg). Posteriormente, as plantas foram descartadas e os respectivos substratos foram armazenados a 5°C. Os Parâmetros físico-químicos como pH, umidade, sólidos voláteis, nitrogênio, relação C/N, fósforo e potássio, além de análises dos teores de metais pesados (Zinco, Cobre, Chumbo, Mercúrio, Cromo, Cádmio, Níquel) foram analisados para cada um dos substratos (CO, COF, LDI, LDII, Húmus, COA e Terra).

2.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram feitas análises dos substratos orgânicos, observando sua influência no crescimento e ganho de peso das plantas, usando Modelagem Linear Generalizada (GLM), com respectiva análise de resíduos para verificar a distribuição dos dados e a adequabilidade da distribuição empregada, processadas no programa estatístico livre R [11]. Essa técnica permite realizar análises análogas a regressão simples e múltipla [12].

Após uma análise exploratória dos dados, foram utilizados modelos quadráticos para ganho de peso das plantas em lodo (LDI e LDII) e para o crescimento das mesmas em compostos orgânicos (CO, COA e COF) que possuíam como variável explanatória (x): a proporção de composto misturado à terra e variáveis explicativas (y): (i) ganho de peso médio ou (ii) altura média das plantas. Para todas as análises foram feitas análises de contraste entre as categorias da variável explicativa (x), a fim de se alcançar a real diferença entre elas. A simplificação do modelo foi inicialmente realizada retirando termos não significativos e posteriormente, uma nova ANOVA foi realizada, a fim de se obter um novo cálculo de significância para os termos restantes.

Para os dados onde a proporção do produto foi significativa ($p < 0,05$), foi feita uma ANCOVA, utilizando a “proporção do substrato” como a variável explanatória (x) contínua e o “tipo de composto” como variável explanatória (x) categórica. Neste caso, também foram utilizadas como variável explicativa (y), (i) o ganho de peso médio ou (ii) a altura média das plantas. Ressalta-se que antes da realização dessas análises, os valores utilizados na variável explicativa (y): peso e altura foram transformados em médias. Isso quer dizer que, cada um desses valores correspondem a média do peso e altura das plantas que germinaram dentro de cada uma das 68 parcelas (sacos plásticos) utilizadas no experimento.

Após a simplificação de todos os modelos, foi feita a comparação das médias através do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade para todos aqueles em que a variável categórica permaneceu no modelo [13].

3. RESULTADOS

Para as análises feitas com compostos produzidos a partir do lodo proveniente da ETE Arrudas (LDI e LDII) e Húmus, os resultados para o crescimento das plantas mostraram que a proporção destes compostos (20%, 40%, 60%, 80% ou 100%) não influenciou significativamente no crescimento das plantas de tomate ($F_{[1,33]} = 0,2122$; $p = 0,6483$). No entanto, os compostos foram significativamente diferentes entre si ($F_{[3,31]} = 12,130$; $p < 0,0001$), sendo que LD II não diferiu do Húmus (Figura 1).

Quanto ao crescimento das plantas nos compostos orgânicos (CO, COA, COF), os resultados foram significativos tanto para a proporção ($F_{[1,39]} = 9,1569$; $p = 0,004$), quanto para os diferentes compostos; ($F_{[3,40]} = 92,5096$; $p < 0,0001$; Figura 2). Além disso, obedeceram a curvas quadráticas, mostrando que a proporção de aproximadamente 60% seria o ideal para o crescimento das plantas.

Quanto ao ganho de peso pelas plantas de tomate, os resultados foram significativos tanto para as proporções avaliadas ($F_{[1,30]} = 5,4907$; $p = 0,02$) quanto para os diferentes tipos de compostos produzidos a partir do lodo proveniente da ETE Arrudas (LDI e LDII) ($F_{[1,29]} = 7,4779$; $p = 0,01$; Figura 3). Além disso, obedeceram a uma curva quadrática que nos permite inferir que entre 60% e 80% seria a quantidade ideal destes compostos para o ganho de peso das plantas. No entanto, embora os compostos orgânicos (CO, COA, COF) tenham diferido entre si ($F_{[4,43]} = 24,39$; $p < 0,0001$, Figura 4), as proporções avaliadas não influenciaram no ganho de peso das plantas ($F_{[1,42]} = 0,22$; $p = 0,63$).

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados das análises físico-químicas para os diferentes substratos.

4. DISCUSSÃO

De acordo com Kiehl [2], pode-se considerar um substrato como mal curado ou fitotóxico, aquele onde as plantas germinadas se apresentam cada vez mais fracas e folhas com clorose. No entanto, o presente estudo demonstra que embora o tipo de substratos tenha diferentes efeitos sobre as plantas, essas características ficaram ainda mais evidentes com a variação da proporção (0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100%). Os resultados demonstram que o composto orgânico (CO) produzido no Pátio de Compostagem da SLU propiciou melhor desenvolvimento das plantas quando misturado com terra na proporção de 60%, sendo que a partir da proporção de 80% obteve-se uma redução acentuada no desenvolvimento das mesmas (Figura 2). A mesma conclusão pode ser levantada para os demais substratos, onde as plantas tiveram o seu desenvolvimento limitado em altas concentrações.

No presente trabalho, o desenvolvimento das plantas em Terra pura e em COF foi inferior quando comparado aos outros tratamentos (Figuras 1 e 4), além de apresentarem as folhas com clorose. Isso sugere que os demais substratos utilizados (COA, CO, Húmus, LDI e LDII) apresentam características adequadas que favoreceram o desenvolvimento das plantas. Entretanto, ao avaliar tais características separadamente, observa-se na Tabela 1, que diferentemente do esperado, o valor do pH de COF (7,31) manteve-se muito próximo do ideal, segundo EGREJA FILHO [14], sugerindo que outros fatores, como a alta umidade (66,17%), sólidos voláteis (95,88%) e relação C/N (22,29) podem ter influenciado negativamente no desenvolvimento das plantas.

Na Tabela 2, observa-se que o composto orgânico artesanal (COA) apresentou teores mais elevados de metais pesados do que o composto orgânico (CO), exceto para o zinco e chumbo. Comparando o CO com o Húmus, este último apresentou teores mais elevados para todos os componentes analisados e isso também pode ser observado ao compará-lo com a Terra, exceto para cádmio. No entanto, estes três substratos mantiveram seus níveis dentro do permitido perante a Legislação Européia. Foi utilizada a Legislação Européia como comparação, pois no Brasil, ainda não existe uma lei específica que trata dos limites desses compostos. Os teores elevados encontrados em COA podem ser explicados pela suposta contaminação das podas pelos resíduos industriais, por serem coletadas em diversos pontos da cidade. Entretanto,

considerando os resultados obtidos, embora elevados, o teor de metais pesados parece não ter influência direta no desenvolvimento das plantas no COA, já que proporcionou um melhor desenvolvimento das mesmas, quando comparado com todos os outros substratos (Figuras 2 e 4). Possivelmente devido ao monitoramento mais criterioso do material, dificultando inconvenientes como, anaerobiose e oscilações de umidade e temperatura.

Entretanto, o mesmo não ocorreu no caso do lodo de esgoto na estação de tratamento (LD I e LD II), que segundo Kiehl [2], apesar do arejamento forçado que a lama recebe, há acúmulo de amônia por falta de oxigênio suficiente para a nitrificação do excesso de nitrogênio amoniacal, podendo, portanto, ter influenciado nos resultados de peso e crescimento das plantas (Figura 1 e 3).

O desenvolvimento das plantas nas amostras utilizando LD I se mostrou melhor que as em LD II (Figuras 1 e 3), mesmo após a constatação do elevado teor de metais pesados quando comparado com o controle (Terra). Isso também pode estar relacionado com a presença de elevados teores de nutrientes, principalmente de fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio (N).

Entretanto, deve-se alertar o perigo da presença dos metais encontrados, podendo causar danos ao crescimento do fruto e a saúde humana. Alguns componentes, como o cádmio, o zinco, o cobre e o níquel ultrapassaram os valores permissíveis onde a legislação é mais restrita; em ambos os casos, podem contribuir para a contaminação do solo.

Segundo Balan e Monteiro [15], o lodo biológico é de composição variável e normalmente possui teores elevados de matéria orgânica, N, P e micronutrientes, além de conterem corantes com metais pesados e agentes patogênicos. Por causa dessa composição e do risco associado com o uso agrícola direto do lodo, a compostagem vem sendo proposta como uma forma alternativa de tratamento deste resíduo [16 e 17]. Conforme esperado, o LDI e LDII têm elevados teores de metais pesados (Tabela 2), possivelmente por serem oriundos de efluentes domiciliares e de indústrias, coletados pela ETE Arrudas.

A altura das plantas cultivadas em Húmus se mostrou inferior ao composto orgânico (CO) e do composto orgânico artesanal (COA), além de também apresentarem as folhas amareladas nas amostras de 100% (Figura 2). O húmus é um produto de difícil aquisição e de um custo relativamente elevado, não sendo recomendada a sua aplicação em larga escala pelo produtor. A sua aplicação em doses elevadas prejudica a eficiência de absorção de nutrientes pela planta, o que seria um duplo desperdício por parte do produtor, no que se refere ao dinheiro empregado na aquisição deste material e a quantidade de húmus utilizada [18]. Entretanto, apesar disso, como enfatizado por Santos e colaboradores [19] a aplicação de 15 t ha⁻¹ de húmus de minhoca pode acarretar em uma melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Estas informações corroboram com outros autores, como Bakker [20], que afirma que o húmus de minhoca é uma alternativa interessante para a agricultura, pois permite o enriquecimento da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nutrientes, de forma economicamente viável e ambientalmente sustentável.

Esses resultados sugerem que a compostagem orgânica artesanal (COA) para cultivo de *S. lycopersicon* var. Santa Clara é a mais indicada. Diferentemente do que foi descrito por Kiehl [2], o uso do composto não pode ser usado sem restrições para preparo de substrato, pois nossos resultados mostraram que acima de 60% o uso destes componentes pode inibir o crescimento e acima de 80% o desenvolvimento (ganho de peso) das plantas.

A presença de metais pesados nos tratamentos utilizados, quando acentuada, ultrapassando os valores permitidos pela legislação vigente nos países europeus pode ter proporcionado a inibição do crescimento vegetal quando aplicado em doses mais elevadas. A presença destes componentes pode ter influências negativas sobre as plantas. No entanto, o presente trabalho não avaliou especificamente o efeito de metais pesados sobre o desenvolvimento das plantas para que se possam tirar conclusões a este respeito, necessitando assim de experimentos direcionados para que esta possa ser testada.

5. CONCLUSÃO

Os substratos LD I e LD II, por apresentarem teores de contaminantes, não devem ser usados como substrato para o cultivo de vegetais para o consumo humano. No entanto, podem ser utilizados na proteção de encostas, reflorestamentos e em solos erodidos. No caso do húmus, do composto orgânico (CO) e do composto artesanal (COA) não existem restrições nos tipos de culturas a serem empregados.

A utilização do composto orgânico fitotóxico (COF) não é recomendada em nenhum dos substratos listados acima, podendo influenciar negativamente em plantações diversificadas e a Terra deve ser utilizada em proporções corretas, adicionadas a outros substratos, formando uma excelente mistura.

-
1. CARVALHO, P.C.T. Compostagem. In: TSUTIYA, M.T. et al. (Eds.). *Biossólidos na agricultura*. 1ª ed. São Paulo ABES. p181-208 (2002).
 2. KIEHL, E.J. *Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto*. São Paulo, Piracicaba. 171p. (1998).
 3. PEREIRA NETO, J.T. *Manual de Compostagem: Processo de Baixo Custo*. Belo Horizonte: Unicef. 56p. (1996).
 4. CHANG, A.C.; GRANTO, T.C.; PAGE, A.L. A methodology for establishing phytotoxicity criteria for chromium, copper, nickel and zinc in agricultural land application of municipal sewage sludges. *Environmental quality*, 21: 521-536 (1992).
 5. FLETCHER, J. Use of algae versus vascular plants to test for chemical toxicity. In: WANG, W.; GORSUCH, J.W.; LOWER, W.R. (Ed.). *Plants for toxicity assessment*. Philadelphia: ASTM, p33-39 (1990).
 6. KAPANEN, A.; ITAVAARA, M. Ecotoxicity tests for compost applications. *Ecotoxicology Environmental Safety*. 49:1-16 (2001).
 7. TIQUIA, S.M.; TAM, N.F.Y.; HODGKISS, I.J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. *Environmental Pollution*, 93:249-256 (1996).
 8. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD Oecd guidelines for testing of chemicals: guideline 208, terrestrial plants, growth test. Paris. Organisation for Economic Co-operation and Development. 14p. (1984).
 9. LIMA, J.S.; MENK, J.R.F. Estudos preliminares sobre a ação do composto orgânico em algumas propriedades de solos agrícolas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2 : 96-99. (1997).
 10. KAUSHIK, P.; GARG, V.K. Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology*. 90: 311-316 (2003).
 11. R DEVELOPMENT CORE TEAM R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL. Available: <http://www.R-project.org>; access: 2008.
 12. CRAWLEY, M.J. *The R book*. England, John Wiley & Sons Ltd. 942p. (2007).
 13. LOGAN, M. *Biostatistical design and analysis using R: a practical guide*. Wiley-Blackwell (2010).
 14. EGREJA FILHO, F.B. Relatório de Atividades de consultoria junto à Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte/CODEPRO Projetos: BRA/93-015. Reestruturação do Laboratório de Análises. Belo Horizonte. p93-105 (1996).
 15. BALAN, D.S.L.; MONTEIRO, R.T.R. Decolorization of textile indigo dye by lignolytic fungi. *Journal of Biotechnology*, 89:141-145 (2001).
 16. ARAÚJO, A.S.F.; SAHYOUN, F.K.; MONTEIRO, R.T.R. Evaluation of toxicity of textile sludge compost on seed germination and root elongation of soybean and wheat. *Ecossistema*, 26:117-120 (2001).
 17. ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R.; CARDOSO, P.F. Composto de lodo têxtil em plântulas de soja e trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40:549-554 (2005).
 18. SOUSA, A.H.; MARACAJÁ, P.B.; SOUZA, J.C.; VASCONCELOS, W.E.; MAIA, C.E. Produção de biomassa na parte aérea da erva cidreira (*Melissa ssp.*) em função de doses de esterco bovino, húmus de minhoca, composto orgânico e NPK em casa de vegetação. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 3:1-11 (2003).
 19. SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T.; BRITO, L.M.P.; OLIVEIRA, M.M.; SANTOS, M.C.C.A. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, 6: 181-190. (2009).
 20. BAKKER, A.P.; Efeito do húmus de minhoca e da inoculação do fungo micorrízico arbuscular *Glomus macrocarpum* Tul. & Tul. sobre o desenvolvimento de mudas de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 60P (1994).

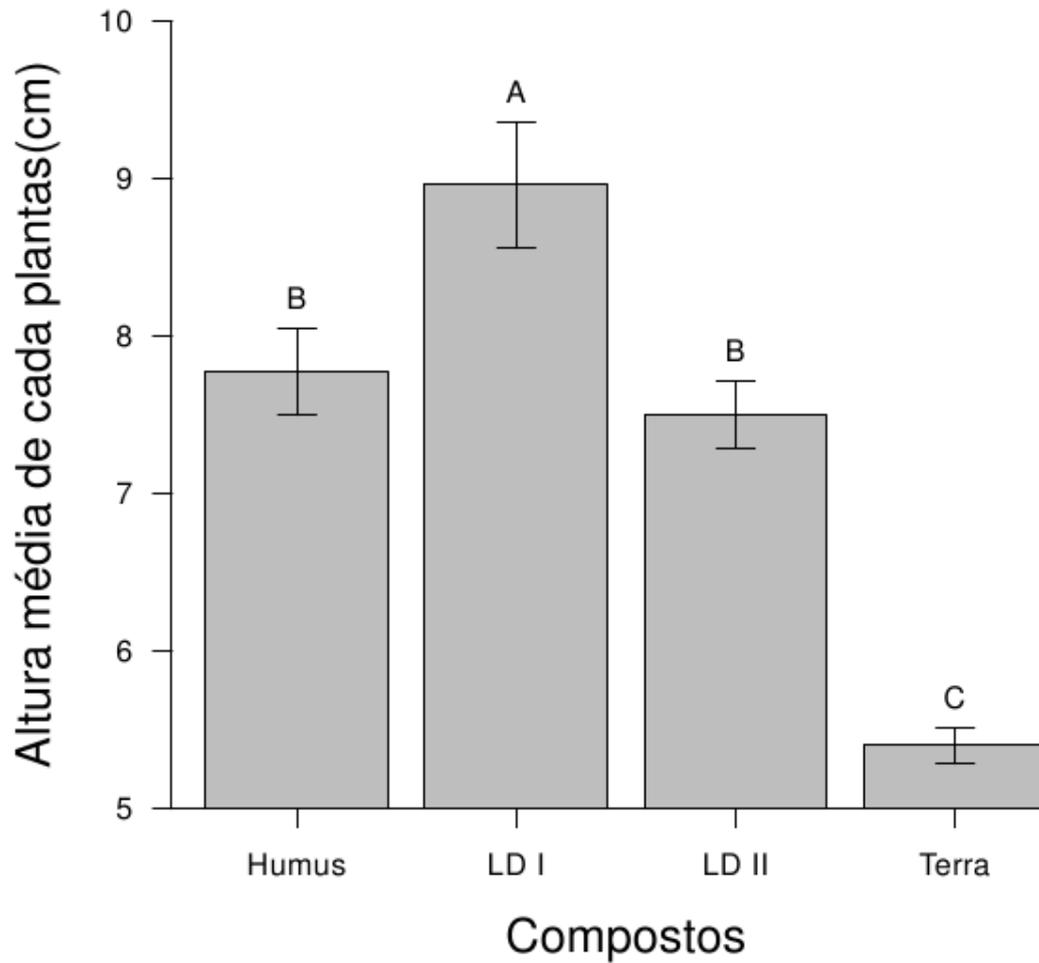


Figura 1. Influência do lodo (LDI e LDII) no crescimento de plantas de tomate (*S. lycopersicon*) ($F_{[1,30]} = 13.381$; $p < 0.001$). As médias representadas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

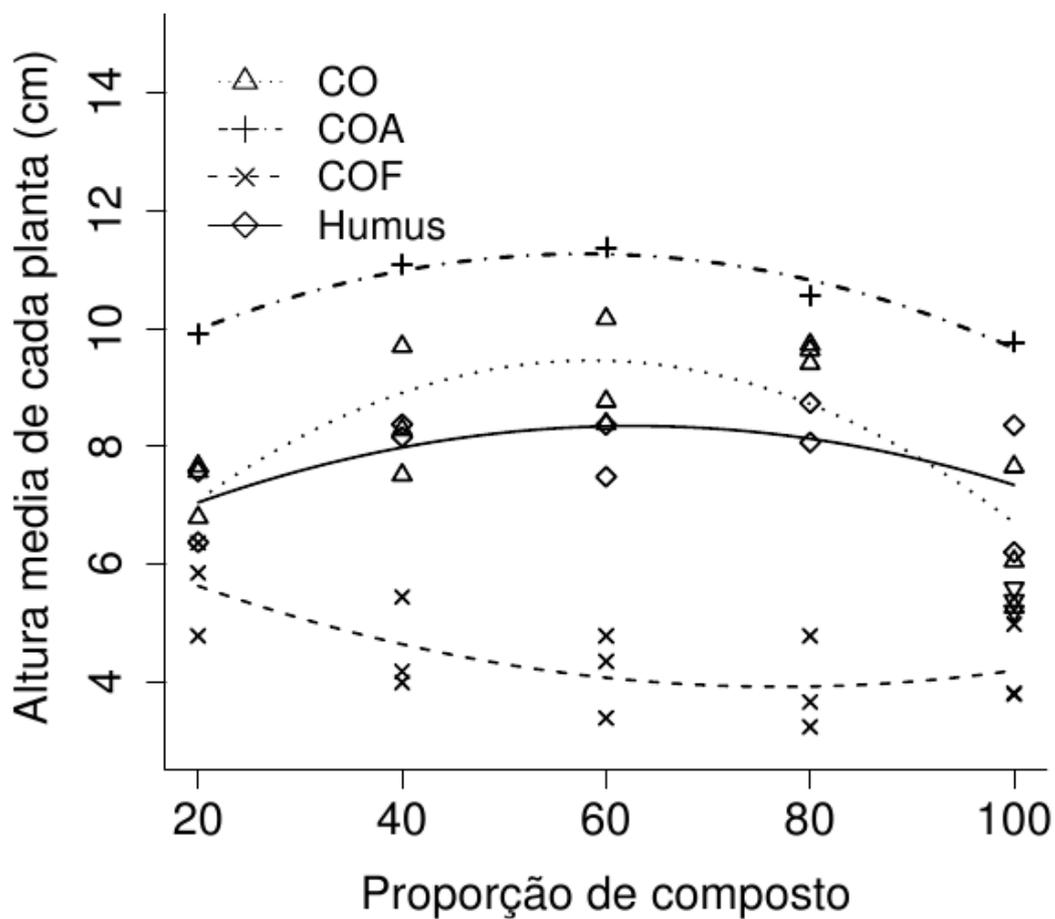


Figura 2. Crescimento médio de plantas de tomate (*S. lycopersicon*) com o aumento da quantidade de composto misturado a terra ($F_{[1,39]} = 9.1569$; $p = 0.004$) em diferentes substratos ($F_{[3,40]} = 92.5096$; $p < 0,0001$).

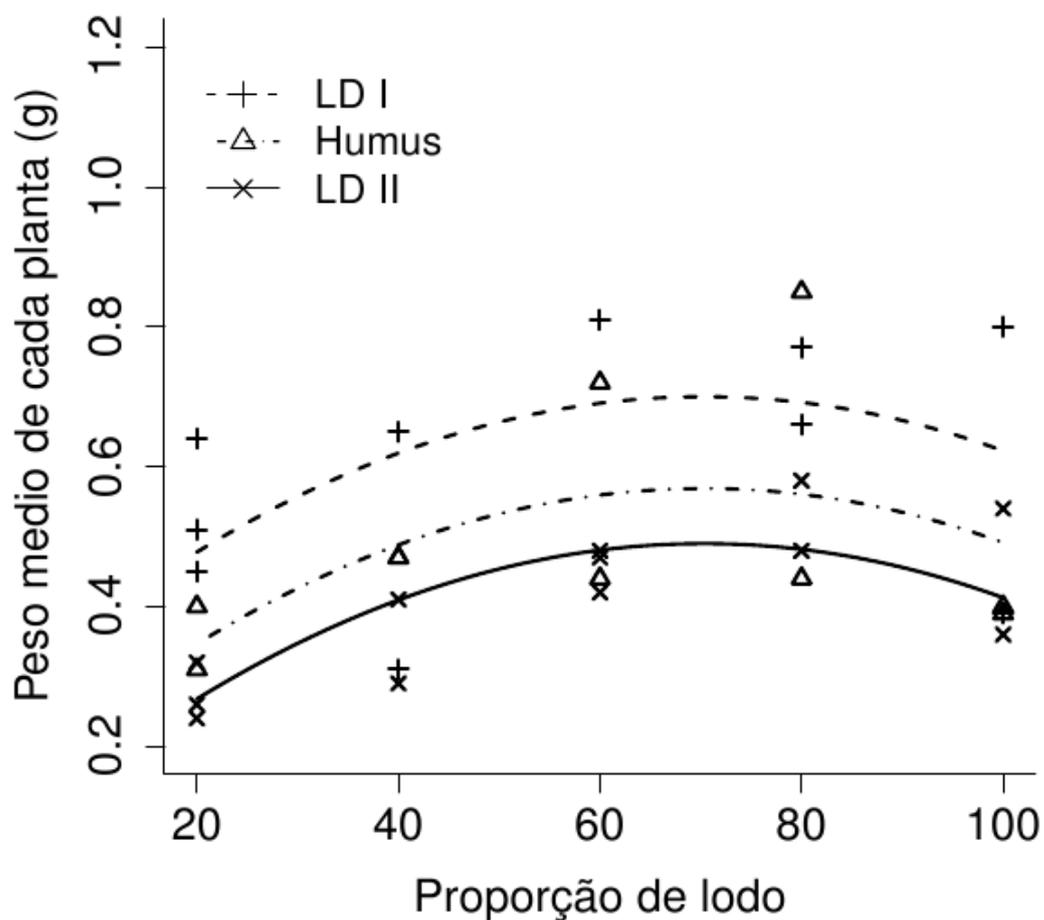


Figura 3. Ganho de peso médio de plantas de tomate (*S. lycopersicon*) com o aumento da quantidade de lodo misturado a terra ($F_{[1,30]} = 5.4907$; $p = 0.02$) em diferentes substratos ($F_{[1,29]} = 7.4779$; $p = 0.01$). Nota-se que neste caso, o Húmus e LD II obtiveram níveis de significância semelhantes e ambas diferiram de LD I, segundo teste Tukey ($p < 0,05$).

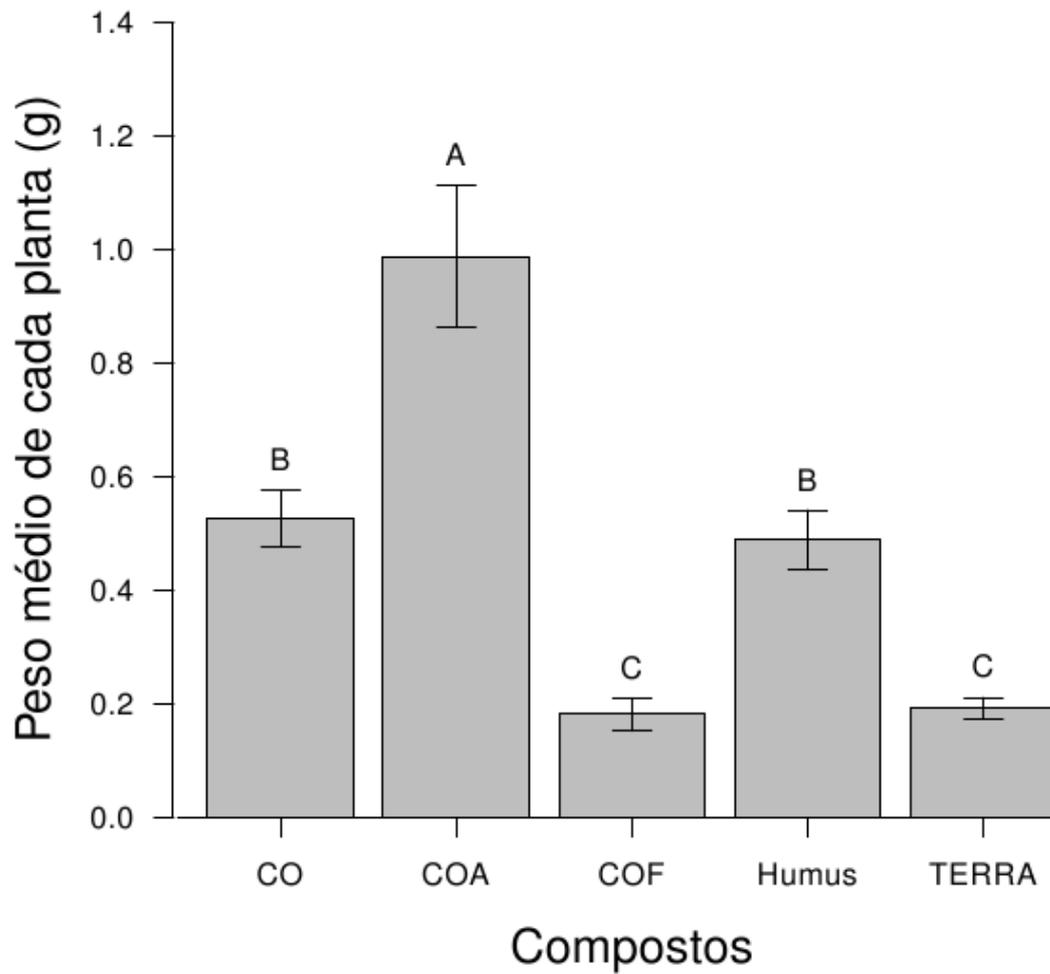


Figura 4: Ganho de peso de plantas de tomate (*S. lycopersicon*) em diferentes compostos orgânicos ($F_{[4,43]} = 24,39$; $p < 0,0001$). As médias representadas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 1- Análises Físico-Químicas para todos os compostos utilizados nos experimentos

Material teste	Idade (dias)	Físico Químicas						
		pH (CaCl ₂)	Umidade (%)	Sólidos Voláteis (%)	Nitrogênio Total (%)	Relação C/N	Fósforo (%)	Potássio (%)
COA	120	7,58	42,12	63,95	1,51	23,53	0,88	0,95
LDI	120	6,06	16,6	74,36	2,7	15,3	3,48	0,88
LDII	120	6,1	12,71	69,2	2,81	13,68	0,25	0,5
CO	120	6,91	35,19	91,55	2,6	19,56	0,3	1,1
HÚMUS	120	7,35	45,2	73,9	0,74	55,4	0,32	0,04
TERRA	120	7,47	28,50	25,58	0,4	35,5	0,21	0,15
COF	30	7,31	66,17	95,88	2,39	22,29	-	-
Valores de referência para o produto final*		> 7,5	40 <u< 60			12 a 18		

* EGREJA FILHO, 1996.

- Essas análises não foram realizadas devido à insignificância dos valores para esta fase de fitotoxicidade.

Tabela 2 - Teores de metais pesados (mg/kg de matéria seca) nos diferentes substratos utilizados.

Substratos	Zinco	Cobre	Cádmio	Chumbo	Cromo	Mercúrio	Níquel
------------	-------	-------	--------	--------	-------	----------	--------

COA	33,71	116,50	<1,0	<10,0	52,78	<5,0	21,17
LDI	598,00	157,00	5,90	58,80	57,50	<0,05	32,50
LDII	483,00	129,00	3,85	41,00	40,50	0,01	27,00
CO	55,00	15,00	0,77	12,50	6,30	<0,05	5,00
Húmus	122,60	36,60	2,10	49,50	14,30	0,60	NI
Terra	90,30	32,80	2,40	59,30	35,70	1,19	NI
Limites de tolerância segundo algumas normas européias*							
Alemanha	375	150	2,5	150	160	3,2	25
Bélgica	500	100	5	600	150	5	50
Áustria	1500	100	6	900	300	4	200

* EGREJA FILHO, 1996. NI – não identificado na análise.

Obs.: As análises de COF não foram realizadas devido à insignificância dos valores para esta fase de fitotoxicidade.