

# EFEITO DO RESÍDUO DE CELULOSE E ESTERCO NO SOLO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO MILHO (*Zea mays*) E FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*)

Alexandre Sylvio Vieira da Costa<sup>1</sup>.  
José Carlos Moraes Rufini<sup>1</sup>  
Marcelo Barreto da Silva<sup>1</sup>  
Eduardo Rezende Galvão<sup>1</sup>  
José Marcio Oliveira Ribeiro<sup>2</sup>

## RESUMO

Em relação aos resíduos industriais de papel reciclado, uma das principais preocupações está na quantidade de resíduos sólidos produzidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do resíduo sólido de celulose, proveniente de fábrica de papel, no desenvolvimento das plantas de feijão e milho. O resíduo de celulose foi incorporado ao solo de forma isolada ou combinado com esterco em diversas proporções. As plantas foram semeadas imediatamente após a incorporação das misturas de celulose e esterco no solo e 40 dias após; e foram avaliadas 40 dias após a germinação através da matéria seca da parte aérea e das raízes. Constatou-se, no plantio imediato, que, com o aumento da quantidade de resíduo de celulose incorporado ao solo, as plantas de milho apresentaram uma queda significativa na produção de matéria seca. Ao passarem por um período de estabilização no solo, esses efeitos negativos se mostraram menos evidentes no desenvolvimento das raízes. Nas plantas de feijão, as raízes foram pouco afetadas pelo resíduo de celulose nas duas situações avaliadas, mas o mesmo não aconteceu com a parte aérea.

**Palavras Chave:** Celulose, agricultura, resíduos.

## ABSTRACT

EFFECT OF CELLULOSE RESIDUES AND MANURE IN THE SOIL ON THE DEVELOPMENT OF CORN (*Zea mays*) AND BEAN (*Phaseolus vulgaris*)

One of the main concerns on the use of industrial residues of recycled paper is the amount of produced solid residues. The objective of this work was to evaluate the effects of cellulose solid residues, from paper mill, in the development of bean and corn. Cellulose residue was incorporated into soil alone or combined with manure in different proportions. The plants were sowed immediately after the incorporation of the mixtures of cellulose and manure in the soil and 40 days post-incorporation. The plants were evaluated 40 days post-germination using dry matter of the aerial part and roots. For the planting immediately after incorporation, it was found that the increase in cellulose residue in the soil caused a significant fall in dry matter production of corn plants. Following a period of stabilization in the soil, these negative effects were shown less apparent in the root development. The bean plants had the roots less affected by cellulose residues in the two tested conditions, which was not found for the aerial part.

**Key Words:** Cellulose, agriculture, residues

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Vale do Rio Doce, Rua Israel Pinheiro 2000, CEP 35020-220 Governador Valadares, MG. E-mail: asylvio@univale.br

<sup>2</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, CTZM, Vila Gianetti, casa 43, 36570-000 Viçosa, MG.

## INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo é originada de restos vegetais e animais. A matéria orgânica morta é substrato para uma série de organismos do solo que a decompõem, convertendo elementos da forma orgânica para a forma inorgânica, processo denominado de mineralização. Uma parte desses nutrientes mineralizados são absorvidos pelas plantas, e a outra, mobilizada pelos microrganismos que passa a fazer parte da sua constituição (Correia, 1986).

Um dos principais benefícios da adição da matéria orgânica no solo é a melhoria das propriedades físicas, principalmente a estrutura, estabilizando os seus agregados (Malcolm *et al.*, 1989).

Nos materiais orgânicos vegetais predominam celulose, lignina, proteínas, aminoácidos e outros constituintes menores, que sofrem várias transformações bioquímicas devido aos microrganismos e suas enzimas. A intensidade com que os resíduos orgânicos são transformados pela microbiota depende das condições químicas e ambientais. Os resíduos ricos em lignina e compostos aromáticos são de difícil decomposição, diferentemente dos compostos que possuem elevada quantidade de carboidratos solúveis, facilmente decompostos no solo (Siqueira & Franco, 1988).

Os microrganismos são utilizados, em parte, para avaliar os efeitos dos diferentes materiais no solo uma vez que os resíduos orgânicos não são igualmente atacados pelos microrganismos do solo e não se decompõem de uma única vez, e sim de forma variável, em diferentes estágios e populações de microrganismos (Kiehl, 1985). A atividade e a dinâmica da comunidade microbiana está ligada às propriedades químicas, físicas e biológicas do seu habitat (Domsch, 1980).

Uma grande quantidade de compostos orgânicos está representada na fração orgânica lábil de todos os solos, incluindo a matéria orgânica solúvel em água. Em geral, a persistência destas substâncias no solo é inversamente relacionada ao tamanho da molécula e sua complexidade. Alguns biopolímeros naturais como, lignina, celulose e polifenóis podem persistir durante anos nos solos devido à sua estrutura polimérica.

A utilização agrônômica dos resíduos urbanos e industriais (biossólidos) apresenta grande potencial e oferece a oportunidade do seu uso como fertilizante e estruturador dos solos (Silva *et al.*, 2002). Esses resíduos têm sido utilizados na melhoria de áreas florestadas, na recuperação de áreas degradadas, como fertilizante

em culturas agrícolas e como condicionadores físicos dos solos (Silva *et al.*, 1997; Sloan *et al.*, 1997). Diversos autores verificaram que a utilização de biossólidos diminui a densidade dos solos e aumenta a retenção de água (Aggelides & Londra, 2000; Kumar *et al.*, 1985; Debosz *et al.*, 2002).

O resíduo de celulose é proveniente de fábricas de papel que utilizam o papel reciclável como matéria-prima. Este resíduo é rico em fibras curtas de celulose (fibrilose) e parte das tintas utilizadas nas impressoras, canetas, etc. Promovem melhorias físicas e químicas nos solos, como aumento da capacidade de retenção de água; elevação do pH, do nível de cálcio e zinco; redução do alumínio livre e da acidez potencial (Costa *et al.*, 2004 a, b, c; Costa; Costa *et al.*, 2002). Uma das características negativas do material é a sua elevada relação carbono/nitrogênio com valores superiores a 300/1, que comprometem significativamente o ciclo do nitrogênio no solo, prejudicando o desenvolvimento e a produtividade das culturas de milho e feijão (Costa *et al.*, 2001).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de plantas de milho e feijão cultivadas em solo ao qual se incorporou resíduo sólido de celulose produzido por uma fábrica de papel, puro, ou combinado com esterco.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi desenvolvido em casa de vegetação no campo experimental da Universidade Vale do Rio Doce, localizada em Governador Valadares, Minas Gerais. Foram utilizados recipientes de 500cm<sup>3</sup> com 13 cm de altura e 7 cm de diâmetro médio. Os recipientes foram pintados de preto para evitar o crescimento de algas no seu interior e, em seguida, de prata, para refletir os raios solares e evitar o seu aquecimento excessivo. Foram avaliados neste experimento o desenvolvimento das plantas de milho (*Zea mays*), variedade AG1051, e o de feijão (*Phaseolus vulgaris*), variedade Carioca.

O solo utilizado neste trabalho foi um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, de textura média, encontrado no Campus II da UNIVALE, com as seguintes características químicas: pH=6,2; P= 12,5 mg.dm<sup>-3</sup>; K= 85 mg.dm<sup>-3</sup>; Ca = 2,8 cmolc.dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,3 cmolc/dm<sup>-3</sup>; Al = 0,16 cmolc.dm<sup>-3</sup>; H+Al = 1,43 cmolc.dm<sup>-3</sup>. Segundo os resultados da análise do solo não foi necessária a sua correção. O solo foi seco à sombra e, em seguida, peneirado em peneira de malha de 4,0 mm.

O resíduo de celulose utilizado no trabalho veio de uma fábrica de papel localizada em Governador Valadares. A matéria-prima utilizada nesta indústria é o papel reciclável de revistas, livros, bancos, escritórios, etc. A sua composição química pode ser observada na Tabela 1.

Neste experimento foram avaliados os efeitos da incorporação de resíduo de celulose combinado com o esterco de gado ao solo. O resíduo de celulose e o esterco foram secos à sombra e peneirados em peneira de malha de 4,0 mm. As misturas foram realizadas em diferentes proporções de celulose: esterco: 0:10; 2:8; 4:6; 6:4; 8:2 e 10:0. As misturas foram incorporadas ao solo dos vasos na concentração de 5g para cada 100 gramas de solo. Após esta etapa foi realizada a semeadura em metade das parcelas. Na outra metade os vasos foram mantidos úmidos por um período de 40 dias, realizando-se a semeadura e em seguida.

Em cada vaso foram colocadas quatro sementes na profundidade de 3,0 centímetros. Após a germinação, foi realizado o desbaste, mantendo-se duas plantas por vaso.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com três repetições em esquema fatorial 2x6x2x3, compreendendo: duas culturas, seis combinações de resíduo de celulose e esterco e duas formas de manejo do resíduo, com um total de 72 vasos.

A coleta das plantas foi realizada 40 dias após a germinação das sementes. Após a coleta, os materiais foram lavados para a retirada de todo o solo. As raízes e a parte aérea das plantas foram colocadas separadamente em

sacos de papel e mantidas na estufa de secagem, em ventilação forçada a 75°C, durante 72 horas, para a obtenção do peso da matéria seca. Foram realizadas análises de regressão polinomial dos dados de produção de matéria seca da parte aérea e das raízes de ambas as culturas.

## RESULTADOS

Neste trabalho, os ensaios com semeadura imediata e após o período de decomposição dos materiais no solo foram realizados em épocas distintas, o que não permitiu a análise conjunta dos dados.

Na Figura 1, observam-se os resultados da produção de matéria seca da parte aérea e raízes das plantas de milho, onde foram utilizadas diferentes combinações de esterco e resíduo de celulose. A celulose pura (10:0) utilizada no solo prejudicou significativamente o desenvolvimento das plantas de milho quando comparada ao esterco puro (0:10), com reduções em torno de 50% no desenvolvimento das raízes e 70% da parte aérea. Em relação às proporções entre celulose:esterco, as plantas reduziram gradativamente o seu desenvolvimento à medida que a porção de resíduo de celulose na mistura aumentou. Nesse caso, apenas as menores proporções de celulose na mistura (<2:8) não promoveram efeitos negativos nas plantas. A partir dessa porção de celulose, os efeitos prejudiciais foram intensificados.

Mesmo com a decomposição prévia dos materiais no solo e a semeadura do milho após 40 dias, os efeitos negativos do resíduo de celulose continuaram a se mani-

**Tabela 1** – Composição química (base seca) do resíduo sólido de celulose e esterco (valores médios) utilizados no ensaio experimental

| Elementos              | Unidade              | Valores  |         |
|------------------------|----------------------|----------|---------|
|                        |                      | Celulose | Esterco |
| Nitrogênio total       | dag.kg <sup>-1</sup> | 0,04     | 2,31    |
| Fósforo total          | dag.kg <sup>-1</sup> | 0,044    | 1,78    |
| Potássio total         | dag.kg <sup>-1</sup> | 0,047    | 3,25    |
| Sódio total            | dag.kg <sup>-1</sup> | 0,075    | 0,82    |
| Cálcio total           | dag.kg <sup>-1</sup> | 12,7     | 3,11    |
| Magnésio               | dag.kg <sup>-1</sup> | 1,34     | 0,92    |
| Carbono orgânico total | dag.kg <sup>-1</sup> | 21,32    | 57,1    |
| Selênio                | mg.kg <sup>-1</sup>  | 0,05     | -       |
| Chumbo                 | mg.kg <sup>-1</sup>  | 0,20     | -       |
| Zinco                  | mg.kg <sup>-1</sup>  | 327      | 329     |
| Molibdênio             | mg.kg <sup>-1</sup>  | 4,0      | -       |
| Relação C/N            | -                    | 533/1    | 32/1    |

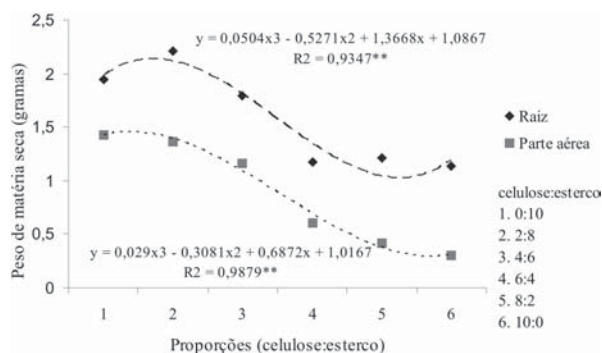


Figura 1. Desenvolvimento da raiz e da parte aérea do milho cultivado em solo com diferentes proporções de esterco e celulose e semeadura imediata.

festar (Figura 2). Quando comparados os resultados do uso do resíduo de celulose pura com o do uso de esterco puro, verifica-se novamente uma queda na produção da matéria seca das plantas, com redução de 60% no desenvolvimento das raízes e de quase 80% na da parte aérea. Em relação às diferentes proporções celulose:esterco incorporadas no solo, observou-se um comportamento diferenciado em relação à matéria seca da raiz. As menores porções de celulose na mistura com esterco não promoveram grandes reduções na produção de matéria seca da raiz do milho até a proporção de 6:4 de celulose:esterco. A partir dessa combinação, o aumento da porção de celulose em relação ao esterco promoveu maiores quedas no desenvolvimento das raízes de milho. Os efeitos prejudiciais na produção de matéria seca da parte aérea foram obtidos já nas proporções acima de 0:10 de celulose:esterco.

Na cultura do feijão, os resultados foram distintos em relação à cultura do milho. Estas diferenças foram observadas tanto nos tratamentos em que a semeadura foi imediata quanto naqueles em que foi realizada 40 dias após a incorporação da mistura celulose:esterco.

Na Figura 3, encontram-se os resultados da produção de matéria seca da parte aérea e da raiz do feijão na semeadura imediata. A queda na produção da matéria seca da parte aérea, comparada à ocorrida com o uso do resíduo de celulose puro e esterco puro, foi inferior àquela observada para a cultura do milho.

Os resultados obtidos para o desenvolvimento das raízes do feijão foram completamente distintos dos verificados para a cultura do milho. O uso do resíduo de celulose puro nos vasos estimulou o desenvolvimento das raízes de feijão em relação ao esterco puro, mostrando que as raízes do feijão foram beneficiadas com resíduo de celulose no solo (Figura 3).

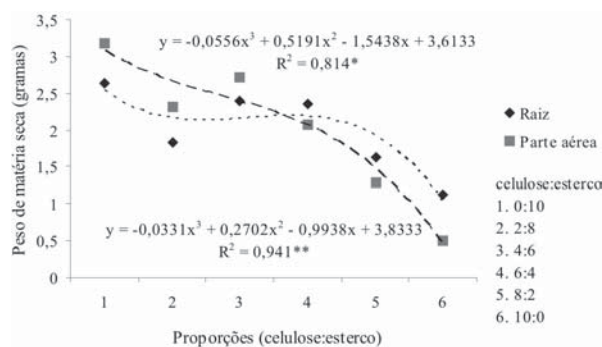


Figura 2. Desenvolvimento da raiz e da parte aérea do milho cultivado em solo com diferentes proporções de esterco e celulose e semeadura 40 dias após a incorporação.

Na avaliação das diferentes combinações de celulose:esterco, observou-se que os efeitos negativos no desenvolvimento da parte aérea foram verificados de forma mais intensa a partir da proporção 4:6 seguindo até a de 10:0 (celulose pura). O desenvolvimento das raízes foi estimulado com o aumento da porção de celulose na mistura (Figura 3).

Na Figura 4 verifica-se que mesmo após um período de decomposição dos materiais no solo, o uso do resíduo puro de celulose prejudicou o desenvolvimento da parte aérea do feijão, quando comparado ao uso do esterco puro, e essa redução atingiu valores próximos de 40%. No desenvolvimento das raízes, os efeitos da celulose apresentaram uma tendência de comportamento diferenciada daquela do ensaio anterior, com semeadura imediata após a incorporação dos materiais no solo. Neste último caso, a incorporação de celulose pura (10:0) apresentou resultados semelhantes aos do tratamento com esterco puro (0:10). Avaliando os efeitos das proporções celulose:esterco, verificou-se que, no desenvolvimento da parte aérea, as proporções de até 4:6, prati-

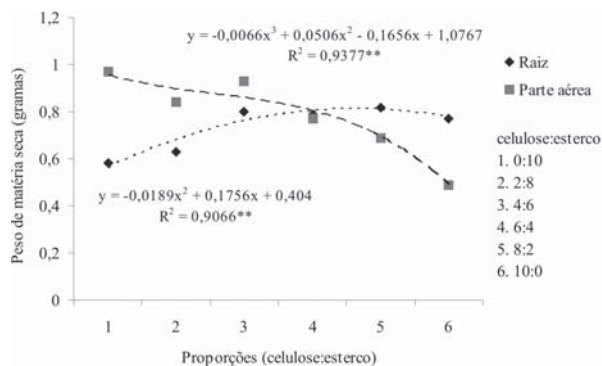


Figura 3. Desenvolvimento da raiz e da parte aérea do feijão cultivado em solo com diferentes proporções de esterco e celulose e semeadura imediata.

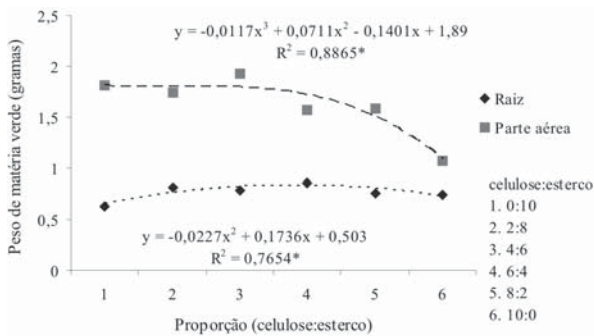


Figura 4. Desenvolvimento da raiz e da parte aérea do feijão cultivado em solo com diferentes proporções de esterco e celulose e semeadura 40 dias após a incorporação.

camente promoveram o mesmo efeito quando comparadas ao uso do esterco puro. A partir dessa proporção de celulose na mistura, os efeitos negativos sobre a cultura começaram a se manifestar. Os efeitos das diferentes combinações afetaram pouco a produção de matéria seca das raízes.

## DISCUSSÃO

O resíduo de celulose produzido pelas fábricas de papel que utilizam papel reciclável como matéria-prima apresentam, na sua composição, grandes quantidades de carbono orgânico e cálcio (Quadro 1). Este carbono orgânico proveniente da celulose pode beneficiar para as características físicas, principalmente a estrutura, dos solos agrícolas (Laverdiere & Dekimpe, 1984; Summerfeld & Chang, 1985; Tate, 1992), favorecendo o aumento da capacidade de retenção de água, redução da lixiviação de nutrientes minerais, formação de agregados estáveis, equilíbrio entre macro e microporosidade, dentre outras propriedades. Em relação à fertilidade do solo, o cálcio, encontrado em grandes quantidades no resíduo de celulose, é um macronutriente essencial ao desenvolvimento das plantas. Outro ponto positivo é a redução da acidez e do alumínio trocável dos solos após a incorporação da fibrose (Costa *et al.*, 2004 c).

O aspecto negativo deste material é sua baixa concentração de nitrogênio, caracterizando-o pela alta relação carbono:nitrogênio (533:1), que promove a imobilização do nitrogênio do solo através dos microrganismos, causando deficiência nutricional nas plantas e, conseqüentemente, um reduzido desenvolvimento (Kiehl, 1985). No caso do milho, esse foi, provavelmente, o fator que mais interferiu no desenvolvimento da cultura, mesmo com a utilização do esterco, material orgânico com altos níveis de nitrogênio. Segundo a lei do Mínimo (Voisin,

1976), para que as plantas se desenvolvam, é necessário que todos os fatores estejam em seus níveis ótimos. Se apenas um dos fatores de produção não atender as necessidades do vegetal, ele irá limitar a produção da planta. No caso do resíduo de celulose, a relação carbono/nitrogênio causou deficiência de nitrogênio, limitando principalmente o desenvolvimento da cultura do milho.

Mesmo o material apresentando baixa relação carbono/nitrogênio, a cultura do feijão foi menos afetada na presença do resíduo de celulose. Tal fato é devido, provavelmente, ao mecanismo de fixação biológica de nitrogênio. Parte do nitrogênio necessário para o desenvolvimento das plantas de feijão é originária desse processo que, através da associação da bactéria do gênero *Rhizobium* com as suas raízes, retira o nitrogênio do ar e o incorpora no sistema fisiológico da planta, reduzindo sua dependência pelo nitrogênio do solo. Esses sistemas, altamente eficientes nas leguminosas, permitiram às plantas de feijão tolerar melhor a presença do resíduo de celulose com baixos níveis de nitrogênio, o que não ocorreu na cultura do milho.

## CONCLUSÕES

Após a avaliação dos resultados apresentados, pode-se concluir que:

- 1) A incorporação dos materiais no solo, 40 dias antes da semeadura, reduziu pouco os efeitos negativos da celulose no desenvolvimento das plantas de milho e de feijão.
- 2) O resíduo de celulose aplicado ao solo foi mais prejudicial à cultura do milho.

## REFERÊNCIAS

- Aggelides SM & Londra PA (2000) Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and clay soil. *Bioresource Technology*, 71:253-259.
- Correia AAD (1986) *Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 791p.
- Costa ASV, Ribeiro JMO, Galvão ER, Lovo IC & Ferrari Junior MJ (2001) Efeitos do resíduo de celulose incorporado ao solo no desenvolvimento das plantas de milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*) In: 34º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel, São Paulo. Anais, Sociedade Brasileira de Silvicultura. CD-ROM.
- Costa ASV, Lovo IC, Ferrari Junior MJ, Galvão ER & Ribeiro JMO (2002) Efeitos do resíduo de celulose nas características químicas dos solos e no desenvolvimento de culturas agrícolas In: 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel, São Paulo. Anais. Sociedade Brasileira de Silvicultura. CD-ROM.

- Costa ASV, Avelar AGP, Cury CC, Athayde Junior GB & Silva MB (2004 a) Efeitos da utilização do esterco e resíduo de celulose na produtividade das culturas de milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis. Anais, Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. p.3254 -3260.
- Costa ASV, Avelar AGP, Cury CC, Galvão ER & Athayde Junior GB (2004 b) Efeitos da utilização do esterco e celulose nas características químicas de solos cultivados com milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis. Anais, Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. p.3247-3253.
- Costa ASV, Galvão ER, Silva MB, Monteiro CLO & Miranda IEB (2004 c) Manejo do resíduo de celulose em solos agrícolas e o seu efeito na alteração do pH. Revista Doxa, 2:57-67.
- Debosz K, Petersen SO, Kure LK & Ambus P (2002) Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. Applied Soil Ecology, 19: 237-248.
- Domsch, KH (1980) Interpretation and evaluation of data. In: Recommended tests for assessing the side-effects of pesticides on the soil microflora. Oxford, Weed Research Organization. p.6-8 (Technical Report no 59).
- Kiehl EJ (1985) Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres. 492p.
- Kumar S, Mallik RS & Dahiya IS (1985) Influence of different wastes upon water retention transmission and contact characteristics of sandy soil. Australian Journal of Soil Research, 23:131-136.
- Laverdiere MR & Dekimpe CR (1984) Agronomic use of clay soil from Abitibi, Quebec: 2. Effects of organic amendments and cultivation on crop production. Soil Science, 137:128-133.
- Malcolm JO, Gillman GP & Uehara G (1989) Interactions of soil organic matter and variable-charge clays. In: Coleman DC, OADES JM & UEHARA G (Eds.) Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Hawaii, University of Hawaii, Department of Agronomy and Soil Science. p.69-96.
- Silva JE, Resck DVS, Sharma RD & Feitoza L (1997) Utilização do lodo de esgoto como fonte de fósforo e nitrogênio para o milho. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro. Anais, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 4p. CD-ROM.
- Silva JE, Resck DVS & Sharma RD (2002) Alternativa agrônoma para o biossólido produzido no Distrito Federal I: efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em latossolo no cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:487-495.
- Siqueira JO & Franco AA (1988) Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas. Brasília, Ministério da Educação e Cultura, ABEAS. 236p.
- Sloan JJ, Dowdy RH, Dolan MS & Linden DR (1997) Long term effects of biosolids applications on heavy metal bioavailability in agricultural soils. Journal of Environmental Quality, 26:966-975.
- Summerfeld TG & Chang C (1985) Changes in soil properties under annual applications of feedlot manure and different tillage practices. Soil Science Society American Journal, 49:983-987.
- Tate RL (1992) Soil organic matter biological and ecological effects. Florida, Krieger Publishing Company. 291p.
- Voisin A (1976) Adubos. Novas leis científicas de sua aplicação. São Paulo, Editora Mestre Jou. 130p.