

Análise do crescimento do cultivar de milho PL 6880 decorrentes da aplicação de lodo de esgoto doméstico.

Afonso Zucolotto Venturin¹, Aline Azevedo Nazário², Heitor Rodrigues Ribeiro³, Marjorie Freitas Spadeto⁴, Morgana Scaramussa Gonçalves⁵, Giovanni de Oliveira Garcia⁶

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário, SN, Alegre-ES, CEP: 29.500-000,
afonsozv@hotmail.com¹,aline_nazario@yahoo.com²,heitor_pancas@hotmail.com³,
marjorie_vni@hotmail.com⁴, morganascg@hotmail.com⁵, giovanni@ambientalis-es.com.br⁶

Resumo-Devido ao considerável aumento dos dejetos produzidos pelo homem, uma das soluções tem sido destina-los para as áreas agrícolas visando um melhor desenvolvimento, tanto econômico e ambiental. Com o objetivo de avaliar o crescimento e o desenvolvimento do cultivar de milho PL 6880, decorrente da aplicação de lodo de esgoto doméstico, foi montado um experimento no delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 3X5 (três tratamentos e cinco épocas de avaliação) com cinco repetições. Os tratamentos constituíram na adubação mineral, utilização de lodo de esgoto equivalente à dose de nitrogênio recomendada para a cultura e aplicação de lodo de esgoto com complementação da adubação mineral. As avaliações do crescimento foram feitas antes do plantio, na fase de crescimento, floração, maturação fisiológica e colheita, portanto, com a obtenção dos resultados, a aplicação de lodo de esgoto e lodo de esgoto com a adubação convencional, proporcionou melhor desenvolvimento durante as fases do ciclo fonológico do cultivar.

Palavras-chave: *Zea mays*, lodo de esgoto doméstico, alternativa.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

O lodo de esgoto é um resíduo rico em matéria orgânica gerado durante o tratamento das águas residuárias nas estações de tratamento de esgotos. Biossólido é o nome dado ao lodo de esgoto, tratado ou processado, com características que permitam sua reciclagem de maneira racional e ambientalmente segura, (PIRES, 2010). Dentre as opções de disposição final do biossólido, sua utilização em áreas agrícolas tem sido uma solução considerada viável do ponto de vista econômico e ambiental. Desde 1927, esse material vem sendo usado como fertilizante nos Estados Unidos (MARQUES, 1996). Recentemente, cerca de 25 % de todo o lodo de esgoto produzido naquele país era aplicado na agricultura (TSUTIYA, 1999).

As propriedades do lodo de esgoto são semelhantes às de outros produtos orgânicos comumente usados na agricultura, como os esterco suíno, bovino e avícola. Contudo, no Paraná, segundo Sanepar (1997), por questão de segurança sanitária, recomenda-se o uso desse material para os cultivos como o milho, trigo, cana-de-açúcar e sorgo, devido às melhores respostas apresentadas. Esta prática se torna vantajosa aos agricultores, na medida em que reduz os custos de produção e mantém

a produtividade da lavoura (TRANNIN; SIQUEIRA; MOREIRA, 2005). A maior disponibilidade de nutrientes no solo decorrente da aplicação de lodo de esgoto pode levar a um melhor desenvolvimento da planta e conseqüentemente maior produtividade das culturas.

Entretanto, em função da composição do lodo, nem sempre é mantido o equilíbrio adequado entre os diferentes nutrientes, de modo que, mesmo havendo aumento na disponibilidade de alguns nutrientes, a planta poderá não responder (MELO; MARQUES, 2000).

Rocha (1998) reitera esta conclusão não considerando o lodo de esgoto como um fertilizante orgânico substituto da adubação convencional, mas que este deve ser visto como um complemento desta adubação, no sentido de reduzir a utilização de fertilizantes químicos e, com isto, reduzir o custo da adubação. Mesmo assim, alguns autores, como Mostaghini et al (1988) e Adamu et al. (1989), consideram o lodo de esgoto como um fertilizante potencial para diversas condições de clima e solo.

Nesse contexto, o lodo de esgoto tem sido estudado como fertilizante na produção de milho, mostrando resultados positivos da aplicação do material (LOURENÇO; ANJOS;

MEDRADO, 1995; BISCAIA; MIRANDA, 1996; PEREIRA; VALIM; SOUZA; GONÇALVES, 1997; SILVA; RESCK; SHARMA, 2002).

Metodologia

O trabalho foi conduzido em vasos com capacidade de 15 L, no período de agosto de 2009 a junho de 2010 na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo com coordenadas geográficas de 20° 45' S, 41° 29' W e altitude de 150 m.

O solo utilizado no preenchimento dos vasos foi coletado no perfil natural de um Argissolo Vermelho Escuro, retirado na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (Tabela 1).

Tabela 1- Valores das características do solo utilizado no preenchimento dos vasos no experimento com o lodo de esgoto

Características	Valor
Ph	5,7
Fósforo (mg dm ⁻³)	7
Potássio (mg dm ⁻³)	35
Cálcio (cmmolc dm ⁻³)	1,8
Magnésio (cmmolc dm ⁻³)	0,9
Sódio (mg dm ⁻³)	32
Alumínio (cmmolc dm ⁻³)	0
H+AL (cmmolc dm ⁻³)	2
CTC total (cmmolc dm ⁻³)	4,9
CTC efetiva (cmmolc dm ⁻³)	2,9
Saturação por bases (%)	59,4
Relação cálcio/magnésio	2
Relação cálcio/potássio	20,1
Relação magnésio/potássio	10
Soma de bases (cmmolc dm ⁻³)	2,9

O lodo utilizado no experimento foi proveniente da estação de tratamento de esgoto de Pacotuba e as doses aplicadas foram determinadas em função das concentrações de nitrogênio presente no lodo (Tabela 2) e as requeridas pela cultura. (PREZOTTI, et al., 2007).

Tabela 2- Valores médios das características químicas do lodo de esgoto utilizado no experimento

Características	Valor
Ph	6,1
Nitrogênio (dag kg ⁻¹)	1,1

Fósforo (dag kg ⁻¹)	0,4
Potássio (dag kg ⁻¹)	0,1
Cálcio (dag kg ⁻¹)	0,8
Magnésio (dag kg ⁻¹)	0,3
Enxofre (dag kg ⁻¹)	0,6
Carbono (dag kg ⁻¹)	8,0
Matéria orgânica (dag kg ⁻¹)	13,0
Zinco (mg kg ⁻¹)	465,3
Ferro (mg kg ⁻¹)	14130,0
Manganês (mg kg ⁻¹)	118,5
Cobre (mg kg ⁻¹)	73,3
Boro (mg kg ⁻¹)	3,0

A cultivar de milho empregada no experimento foi o PL 6880, sendo o plantio feito manualmente, nos vasos com 5 sementes por vaso. Aos 15 DAP foi feito o desbaste, permanecendo uma planta por vaso. As avaliações do experimento ocorreram de acordo com as fases do ciclo fenológico do cultivar, sendo composto por fase inicial (antes do plantio), crescimento, floração, enchimento de grãos e colheita.

O delineamento experimental para os tratamentos foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 3X5 sendo 3 tratamentos: adubação normal (AC); adubação nitrogenada a base de lodo de esgoto no plantio (AC+LET); e adubação nitrogenada a base de lodo de esgoto no plantio e cobertura (LET), em cinco épocas de avaliação (inicial, crescimento, floração, enchimento de grãos e colheita) com 5 repetições.

Para determinar os efeitos da salinidade da solução do solo sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho, nas fases fenológicas do período inicial, crescimento vegetativo, floração, enchimento de grãos e colheita, foram coletadas aleatoriamente cinco plantas de cada tratamento e encaminhada ao laboratório para secagem em estufa a ± 70°C até atingir peso constante. Posteriormente foram realizadas as determinações de matéria seca da parte aérea e da raiz; taxa de crescimento absoluto; taxa de crescimento relativo; área foliar total, razão de área foliar e taxa de assimilação líquida, realizadas conforme metodologia descrita por Benincassa (2003).

Resultados

Nas tabelas estão apresentados os resultados da análise estatística para a massa seca da parte aérea (MSPA); a massa seca da raiz (MSR); massa seca total (MST); área foliar (AFO); a taxa de crescimento relativo (TCR);

taxa de crescimento absoluto (TCA); razão de área foliar (RAF); taxa de assimilação líquida (TAL); e a relação entre a parte aérea e a raiz (RPAR).

Tabela 3- Valores médios da matéria seca da raiz, taxa de crescimento absoluto, razão da área foliar, nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultura.

Avaliação	MSR	TCA	RAF
Inicial	7,39 C	0,00 B	0,00 D
Crescimento vegetativo	4,39 C	-1,79 C	86,22 A
Floração	17,79 B	1,23 A	50,67 B
Enchimento de grãos	14,11 B	1,01 A	18,71 C
Colheita	19,53 A	-0,69 C	16,49 C

Observa-se na Tabela 3, que a MSR no momento da colheita foi superior em relação aos demais períodos de avaliação. Por outro lado, no enchimento de grãos e floração, bem como na fase de crescimento vegetativo e na avaliação inicial, seus valores não diferiram.

A TCA (Tabela 3) apresentou maiores valores na fase de floração e de enchimento de grãos, respectivamente, acompanhados pelos valores na fase de crescimento vegetativo e na colheita, e na fase inicial.

A RAF (Tabela 3) apresentou maior valor na fase de crescimento vegetativo acompanhado pelo valor da floração, contudo os valores do crescimento vegetativo e da colheita não diferem significativamente.

Tabela 4- Valores médios da matéria seca total nos diferentes estágios de crescimento da cultura em função de diferentes tratamentos.

Avaliação	Tratamentos		
	AC	AC+LET	LET
Inicial	7,49 B a	7,34 C a	7,36 C a
Crescimento	11,83 B a	8,31 C a	7,27 C a
Floração	45,29 A a	50,32 B b	57,65 B b
Enchimento de grãos	64,91 A a	86,38 A b	110,55 A b
Colheita	65,33 A a	69,43 A b	78,37 B b

Observando os períodos de avaliação dentro dos tratamentos (Tabela 4), nota-se que,

no geral, a fase de enchimento de grãos apresentou maiores valores de MST em todos os tratamentos aplicados. Por outro lado, Nas fases de crescimento vegetativo e avaliação inicial obtiveram-se os menores valores da MST. Por sua vez, observando os tratamentos dentro dos períodos de avaliação, nota-se que somente a aplicação de LET apresentou maiores valores de MST na avaliação feita na fase de enchimento de grãos, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si nos períodos de avaliação realizados.

Tabela 5- Valores médios da matéria seca da parte aérea nos diferentes estágios de crescimento da cultura em função de diferentes tratamentos.

Avaliação	Tratamentos		
	AC	AC+LET	LET
Inicial	7,49 B a	7,34 C a	7,36 D a
Crescimento	6,66 B a	4,05 C a	3,54 D a
Floração	29,60 A a	31,03 B a	39,25 C a
Enchimento de grãos	49,65 A c	74,42 A b	95,43 A a
Colheita	42,85 A c	50,90 B b	60,78 B a

Analisando os valores obtidos para as avaliações (Tabela 5), nota-se que no geral, na fase de enchimento de grãos, apresentaram maiores valores de MSPA, acompanhados pelos valores obtidos na fase de avaliação da colheita e floração. Contudo os menores valores estão na fase inicial e de crescimento vegetativo, não diferindo entre si. Logo, os valores obtidos devido aos tratamentos, constata-se que o tratamento LET apresenta maiores valores de MSPA nas fases de enchimento de grãos e colheita acompanhado pelo tratamento AC+LET, portanto o tratamento AC apresenta os menores valores nas mesmas fases de avaliação em questão. As demais fases de avaliação, levando em consideração os tratamentos, não diferem estatisticamente.

Tabela 6: Valores médios da área foliar nos diferentes estágios de crescimento da cultura em função de diferentes tratamentos.

Avaliação	Tratamentos		
	AC	AC+LET	LET
Inicial	0,0 D a	0,0 D a	0,0 D a
Crescimento	554,46 D a	543,75 D a	545,14 D a
Floração	2203,83 A b	2321,75 A a	3118,37 A a
Enchimento	1128,46 B b	1691,35 B a	2168,95 B a

de grãos Colhei- ta	973,86B a	1156,82 B a	1381, 36 C a
------------------------------	-----------	-------------	--------------

Floração	0,001 A a	0,001 A a	0,001 A a
Enchimento de grãos	-0,96 A a	0,001 A a	0,001 A a
Colheita	-0,31 A a	-2,51 B b	-4,32 B b

Na tabela 6, levando-se em consideração as avaliações, nota-se que no geral, os maiores valores de área foliar compreendem a fase de floração, independente ao tratamento. No tratamento LET, segue os valores, após a floração, da fase de enchimento de grãos e colheita, logo os valores do crescimento vegetativo e da fase inicial não diferem entre si. Contudo, segue o valor de floração dos tratamentos AC e AC+LET, os valores de enchimento de grãos e colheita e por fim, os valores do crescimento vegetativo e da fase inicial, não apresentando diferença significativa.

Analisando, os tratamentos, constata-se que na fase de floração o tratamento LET apresentou maiores valores de AFO que os demais tratamentos. Na fase de enchimento de grãos os tratamentos LET e AC+LET apresentaram maiores valores, não diferindo entre si, em comparação com o tratamento AC. Nas fases de crescimento vegetativo e fase inicial, os valores não são significativos.

Tabela 7: Valores médios da taxa de crescimento relativo nos diferentes estágios de crescimento da cultura em função de diferentes tratamentos

Avaliação	Tratamentos		
	AC	AC+LET	LET
Inicial	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
Crescimento	-0,2 A a	-1,63 A a	-4,59 A a
Floração	0,04 A a	0,06 A a	0,06 A a
Enchimento de grãos	-0,24 A a	0,01 A a	0,02 A a
Colheita	-0,56 A a	-1,44 A a	-1,06 A a

Analisando os valores estatísticos das avaliações realizadas referentes à TCR (Tabela 7), dentro dos tratamentos, nota-se que os valores não diferem entre si. A mesma observação se repete para a análise dos tratamentos.

Tabela 8: Valores médios da taxa de assimilação líquida nos diferentes estágios de crescimento da cultura em função de diferentes tratamentos

Avaliação	Tratamentos		
	AC	AC+LET	LET
Inicial	0,001 A a	0,001 A a	0,001 A a
Cresci- mento	0,001 A a	0,001 A a	0,001 A a

Considerando o período de avaliação na Tabela 8, nota-se que no geral, os tratamentos LET e AC+LET apresentaram menores valores de TAL na fase de colheita. Visando os tratamentos nas avaliações, na fase de colheita, os tratamentos AC+LET e LET apresentam os menores valores, os demais valores não diferem entre si.

Tabela 9: Valores médios da relação entre a parte aérea e raiz nos diferentes estágios de crescimento da cultura em função de diferentes tratamentos

Avaliação	Tratamentos		
	AC	AC+LET	LET
Inicial	1,00 C a	1,00 C a	1,00 C a
Crescimento	1,18 C a	0,85 C a	0,91 C a
Floração	1,99 B a	1,67 B a	2,52 B a
Enchimento de grãos	3,53 A b	6,84 A a	6,75 A a
Colheita	2,17 B a	2,88 B a	3,54 B a

Os valores encontrados referentes as avaliação nos tratamentos na tabela 9, nota-se que no geral, na fase de enchimento de grãos encontram-se os maiores valores da RPAR para todos os tratamentos, seguidos pelos valores da fase da colheita e floração, logo crescimento vegetativo e fase inicial. Analisando os tratamentos pelas avaliações realizadas, nota-se que os tratamentos AC+LET e LET proporcionaram os maiores valores de RPAR na fase de enchimento de grãos em comparação com o tratamento AC. Os demais valores não diferem.

Discussão

O período de avaliação influenciou de forma independente a MSR, TCA e a RAF.

Observa-se na Tabela 3, devido ao desenvolvimento da cultura, obteve-se, no momento da colheita, maior quantidade de raízes.

Para a RAF (Tabela 3), obteve-se resultado superior para a fase de crescimento vegetativo. Levando em consideração que a RAF é a área que a planta esta utilizando para produzir um grama de matéria seca, o declino a partir de um ponto devido ao auto-sombreamento, é considerado normal.

Os valores estatísticos encontrados para a TCA (Tabela 3) já eram esperados, pois na fase de crescimento e floração é onde a planta se encontra com maior razão de área foliar devido ao aumento de folhas emitidas para suprir suas necessidades, portanto, na fase de enchimento de grãos, a mesma diminui as folhas, concentrando-se na produção e na colheita sendo o final do ciclo fonológico da cultura. Os resultados obtidos para a MSR, RAF e a TCA, já eram esperados.

A interação Tratamentos x Períodos de avaliação afetou significativamente os valores da MST, MSPA, AFO, TCR, TAL, e RPAR.

Os resultados obtidos para a MST (tabela 4) demonstram que os tratamentos AC+LET e LET proporcionaram melhores resultados, possivelmente devido ao lodo de esgoto, já que o tratamento LET apresentou o melhor desenvolvimento, considerando a MST.

A MSPA (tabela 5) foi influenciada positivamente pelo lodo de esgoto nas fases de enchimento de grãos e na colheita tanto pelo tratamento AC+LET quanto LET, portanto o lodo de esgoto proporciona melhores resultados no que diz respeito à matéria seca da parte aérea.

Área foliar (Tabela 6), das plantas condicionadas aos tratamentos AC+LET e LET, apresentaram melhores resultados, proporcionando um aumento na área útil para a realização da fotossíntese.

Os resultados obtidos para a TAL (Tabela 8) deve-se, possivelmente, a redução do número de folhas nessa fase do ciclo fonológico da cultura, pois na colheita, as folhas da cultivar se encontravam, em sua maioria secas.

Conclusão

Em função dos resultados obtidos conclui-se que a aplicação de lodo de esgoto, bem como a aplicação de lodo de esgoto + adubação mineral afetou significativamente o crescimento do cultivar de milho PL 6880 ao longo dos estágios de crescimento.

Referências

ADAMU, C. A.; BELL, P. F.; MULCHI, C.; CHARNEI, R. **Residual metal concentration in soils and leaf accumulation in tobacco a decade following application of municipal sludge.** Journal of Environmental Quality, Madison, v.56, p.113-126, 1989.

BENINCASA, M. P. M. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal: Funep, 2ª ed. 41p. 2003.

BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O. C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 685-691, 1997.

BISCAIA, R. C. M.; MIRANDA, G. M. **Uso de lodo de esgoto calado na produção de milho.** Sanare, Curitiba, v.5, n.4, jan/jun., p.86-89, 1996.

LOURENÇO, R.S.; ANJOS, A.R.M. & MEDRADO, M.J.S. **Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão no sistema de produção de bracinga.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 25., Viçosa, MG, 1995. Anais. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Universidade Federal de Viçosa, p.2273-2275. 1995.

MARQUES, M.O. **Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar.** Jaboticabal, Universidade Estadual de São Paulo, (Tese Livre-Docência). 111p. 1996.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas.** In: *Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto.* Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000.

MOSTAGHINI, S.; MATOCHIA, J. E.; CRENSHAW, C. C. **Effects of sewage sludge on iron chlorosis and yield of grain sorghum grown on calcareous soils.** Journal Of Plant Nutrition, New York, v.11, p.1397-1415, 1988.

PEREIRA JR, A.B.; VALIM, M.C.A.; SOUZA, J.L. & GONÇALVES, R.F. **Utilização de lodo gerado em processo anaeróbio tipo tanque Imhoff como insumo agrícola para a cultura do milho (*Zea mays* L.).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., Foz do Iguaçu. Anais.Foz do Iguaçu, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 398p. 1997

PIRES, A. M. M. Lodo de Esgoto. **Ambiente Resíduos.** Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br>. Acesso em 03 jul. 2010.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª**

Aproximação.

SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 305p. 2007.

Vitória:

ROCHA, T. R. **Utilização de lodo de esgoto na agricultura: um estudo de caso para as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.** Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba. 1998.

SANEPAR. **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná.** Curitiba, 96p, 1997.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & SHARMA, R.D. **Alternativa agronômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no Cerrado.** R. Bras. Ci. Solo, 26:487-495, 2002.

TRANNIN, I. C. B; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. **Avaliação agronômica de um biossólido industrial para a cultura do milho.** Brasília, v.40, n.3, p.261-269, mar. 2005.

TSUTIYA, M.T. **Metais pesados: O principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20; Rio de Janeiro, 1999. Anais. Rio de Janeiro, ABES, p.753- 761. 1999.