

FERTILIZANTE ORGÂNICO COMPOSTO E ÁGUA RESIDUÁRIA NO DESENVOLVIMENTO DE TRIGO IRRIGADO POR GOTEJAMENTO

ANA CAROLINA BARBOSA KUMMER¹; HELIO GRASSI FILHO²; THOMAZ FIGUEIREDO LOBO³ E RODOLPHO ARTUR DE SOUZA LIMA⁴

¹ Enga. Agrícola, Doutora, Profa. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, CEP 84030-900, Ponta Grossa/PR; Brasil, ackummer@hotmail.com.

² Eng. Agrônomo, Doutor, Prof. Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – FCA/UNESP. Rua José Barbosa de Barros, n.º 1780, CEP 18610-307, Botucatu/SP; Brasil, heliograssi@fca.unesp.br.

³ Eng. Agrônomo, Doutor, Prof. Departamento de Ciência Exatas e Sociais Aplicadas, Universidade Sagrado Coração – USC. R. Irmã Arminda, 10-50, Bauru/SP; Brasil, thomaz.lobo@superig.com.

⁴ Eng. Agrônomo, Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual Norte Fluminense – UENF. Av. Alberto Lamego, 2000 – Horto, CEP 28013-602, Campus do Goytacazes/RJ; Brasil, rodolphoartur@hotmail.com.

1 RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do uso de fertilizante orgânico composto (lodo de esgoto compostado - LEC) em plantas de trigo irrigadas com água residuária proveniente da saída de uma estação de tratamento de esgotos. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em parcela subdividida, adotando-se nas parcelas dois tipos de água para a irrigação (água potável – AP e água residuária – AR) e nas subparcelas 7 níveis de adubação nitrogenada, assim descritos: T1, sem adubação nitrogenada; T2, 80 kg ha⁻¹ de N via ureia; T3, 40 kg ha⁻¹ de N via ureia + 40 kg ha⁻¹ de N via LEC; T4, T5, T6 e T7 corresponderam à 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹ de N via LEC, respectivamente. A irrigação com água residuária na ausência de adubação nitrogenada promoveu incrementos de 36, 100, 48 e 77% na massa seca da parte aérea (MSPA), número de perfilhos (NP), número de espigas por planta (NE) e no rendimento de grãos (RG), respectivamente. O uso conjunto de AR e doses de N acima de 80 kg ha⁻¹ via LEC no solo, promoveu decréscimos no comprimento de espiga (CE), MSPA e RG. Os resultados apontam para a substituição de 100% da adubação nitrogenada química (dose de 80 kg ha⁻¹ de N), pelo equivalente em N via LEC (100% lodo), sem prejuízos à cultura do trigo.

Palavras-chave: efluente, lodo, compostado, nitrogênio, irrigação.

**KUMMER, A. C. B.; GRASSI FILHO, H.; LOBO, T. F.; LIMA, R. A. S.
ORGANIC COMPOUND FERTILIZER AND WASTEWATER IN THE
DEVELOPMENT OF WHEAT IRRIGATED BY DRIPPING**

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of organic compound fertilizer use (composted sewage sludge - CSS) in wheat plants irrigated with wastewater from the output

Recebido em 21/08/2015 e aprovado para publicação em 06/06/2017

DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n2p275-287>

of a sewage treatment plant. Completely randomized design was used in a split plot, adopting in the plots two types of water for irrigation (drinking water - DA and wastewater - WW) and in subplots seven nitrogen fertilization levels, described as follows: T1 without nitrogen fertilization; T2, 80 kg ha⁻¹ of N of urea; T3, 40 kg ha⁻¹ N of urea + 40 kg ha⁻¹ N of CSS; T4, T5, T6 and T7 corresponded to 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹ N of CSS, respectively. Irrigation with WW promoted increments of 36, 100, 48 e 77% of dry matter (DM), number of tillers (NT), number of spikes per plant (NS) and grain yield per plant (GY), respectively. The use of wastewater with doses of nitrogen above 80 kg ha⁻¹ from composed sewage sludge, promoted decreases in spike length, dry mass and grain yield. The results point to the substitution of 100% of the chemical nitrogen fertilization (dose of 80 ka ha⁻¹ of N), by the equivalent in N from CSS (100% sludge), without damages to the wheat crop.

Keywords: wastewater, sludge, compound, nitrogen, irrigation.

3 INTRODUÇÃO

Como consequência das retiradas permanentes e usos múltiplos das águas, tem-se elevado a geração de resíduos, como é o caso dos esgotos domésticos, aumentando a preocupação ambiental quanto ao tratamento e descarte adequados destes, que em sua maioria são dispostos nos corpos d'água receptores, os quais muitas vezes possuem capacidade de assimilação e autodepuração limitadas diante da quantidade e características físico-químicas dos esgotos. Quando dispostos de maneira inadequada, os esgotos domésticos podem reduzir a disponibilidade de água de boa qualidade para fins mais nobres.

Do tratamento de esgotos sanitários, resulta além do efluente de esgoto tratado (água residuária), um resíduo sólido rico em matéria orgânica e nutrientes (VON SPERLING, 2005) denominado lodo de esgoto, que necessita de adequada disposição. Em geral o lodo de esgoto é destinado aos aterros sanitários, o que pode acarretar em custos elevados para as estações de tratamento.

Uma alternativa promissora de disposição final desse resíduo é o aproveitamento em sistemas agrícolas como adubo orgânico (BETTIOL; CAMARGO, 2000) uma vez que o lodo de esgoto apresenta elevado teor de matéria orgânica, macro e micronutrientes, servindo como bom condicionador do solo, favorecendo o desenvolvimento e produtividade das culturas.

Visando diminuir os problemas ambientais causados pelo descarte indiscriminado de esgotos domésticos nos rios, diminuir os custos de tratamento e disposição adequados e elevar a produtividade agrícola, a utilização de efluentes de esgoto tratados e lodo de esgoto em sistemas agrícolas, tornam-se uma alternativa promissora, principalmente quanto à substituição ou complementação dos fertilizantes agrícolas tradicionais que muitas vezes possuem custo elevado.

Nesse sentido, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do uso de fertilizante orgânico composto (lodo de esgoto compostado) no desenvolvimento e produção de plantas de trigo irrigadas com água residuária proveniente da saída de uma estação de tratamento de esgotos – ETE.

4 MATERIAL E MÉTODOS

No período compreendido entre 05/2012 e 08/2012, conduziu-se o experimento em casa de vegetação não climatizada, nas dependências do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP, Botucatu, SP, Brasil. Utilizaram-se vasos com capacidade de 43L preenchidos com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013). O estudo iniciou-se a partir da terceira aplicação de fertilizante orgânico composto (lodo de esgoto compostado) no solo, uma vez que os vasos vinham sendo manejados com o resíduo orgânico e irrigação com água residuária (AR) para cultivo de trigo (2011) e de soja (2011/2012).

O fertilizante orgânico composto, também denominado de lodo de esgoto compostado, foi fornecido pela estação de tratamento de esgotos de Jundiaí/SP e resulta da compostagem do lodo gerado no processo de tratamento de esgotos do município com restos de podas urbanas picadas e bagaço de cana-de-açúcar. Tal compostado é registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, como fertilizante orgânico composto, classe D, produto de uso seguro na agricultura.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcela subdividida, com 10 repetições, adotando-se nas parcelas dois tipos de água para a irrigação (água potável – AP e água residuária – AR) e nas subparcelas sete níveis de adubação nitrogenada, assim descritos: T1, sem adubação nitrogenada; T, 80 kg ha⁻¹ de N via ureia (CANTARELLA et al., 1997); T3, 40 kg ha⁻¹ de N via ureia + 40 kg ha⁻¹ de N via LEC; T4, T5, T6 e T7 corresponderam à 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹ de N via LEC, respectivamente. Adubações complementares com P₂O₅ e K₂O foram realizadas em todos os tratamentos de maneira a uniformizar o solo em 150 mg dm⁻³ de P e 80 mg dm⁻³ de K.

Nos tratamentos T3, T4, T5, T6 e T7 empregaram-se as seguintes doses de lodo: 12, 24, 36, 48 e 60 t ha⁻¹, equivalente à 153, 305, 458, 610 e 763 g.vaso⁻¹, respectivamente. No cálculo das quantidades de lodo considerou-se que para 100 kg de lodo na base seca tem-se 1,1 kg de N (Tabela 1) e que 30% desse N serão mineralizados no primeiro ano.

Tabela 1. Característica química do lodo de esgoto compostado.

P ₂ O ₅	K ₂ O	N	Ca	Mg	S	Umid.	M.O.	C
----- % -----								
1,28	0,13	1,10	1,56	0,22	1,09	43,63	20,16	11,20
Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn		C/N	pH
----- mg kg ⁻¹ matéria seca -----								
1658	123	179	1439	161	870		10/1	6,20

*Análises realizadas de acordo com procedimentos descritos no LANARV (1988).

Realizou-se a distribuição de água às plantas por meio de irrigação localizada, por gotejo, com sistemas independentes para cada tipo de água (parcela). A irrigação foi efetuada diariamente de maneira a repor a quantidade de água utilizada pelas plantas devido à evapotranspiração da cultura, estimada diariamente a partir da evaporação da água do Tanque USWB Classe A, instalado na parte central do ambiente protegido. A evapotranspiração da cultura foi estimada pela equação:

$$ETc = ETo \times Kc \quad (1)$$

Onde:

- *ETo* é a evapotranspiração potencial obtida pelo produto entre a evaporação do tanque Classe A (ECA) e o coeficiente do tanque (Kp), o qual foi determinado pelo método

de Snyder (1992), que segundo Cunha (2011) é um dos métodos mais adequados quando se trabalha em condições de ambiente protegido na região de Botucatu/SP;

- Kc é o coeficiente de cultura, para o qual adotou-se valores de 0,32, 1,57 e 0,60 nas fases inicial, intermediária e final, respectivamente (GUERRA et al., 2003; INFORMAÇÕES..., 2011).

Dessa forma, a lâmina de água aplicada em cada unidade experimental foi determinada pela equação:

$$Lap = (ETc \times A) / Ef \quad (2)$$

Onde:

- Lap = lâmina aplicada, em mm;
- ETc = evapotranspiração da cultura, em mm;
- A = área do vaso, em m²;
- Ef = eficiência do sistema de irrigação (95%).

A água potável foi oriunda da rede de abastecimento público do município de Botucatu/SP. A água residuária, também denominada de efluente, semanalmente era coletada na saída da estação de tratamento de esgotos do município, e acondicionada em reservatório de fibra de vidro com capacidade volumétrica de 1.000L. Amostras semanais foram coletadas para caracterização química dessa água em termos de N e P (metodologia adaptada de MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), o que possibilitou mensurar as quantidades totais desses elementos, adicionadas via irrigação, no decorrer do ciclo da cultura (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de nitrogênio e fósforo acrescidos no ciclo da cultura do trigo via irrigação com água residuária (efluente de esgoto tratado)

Estádio*	Período (dias)	Água Residuária			
		N		P	
		(mg vaso ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)	
Emergência e início do perfilhamento	0-24	143,87	3,87	9,58	0,26
Início da elongação ao final do emborrachamento	25-41	157,53	12,73	10,49	0,85
Início do espigamento ao final do florescimento enchimento de grãos	42-69	1160,80	96,73	77,28	6,44
Grãos em massa e início da maturação	70-98	1567,87	135,60	104,39	9,03
Total		3.030,07	248,93	201,74	16,57

*Estádio de desenvolvimento da cultura.

Selecionou-se a cultivar de trigo CD150, apta para a região de estudo, com semeadura em 21/05/2012, adotando-se 30 sementes/vaso. Após a emergência, procedeu-se o desbaste, mantendo-se 24 plantas.vaso⁻¹.

Aos 60 Dias Após a Emergência das plantas (DAE) avaliou-se a emissão de perfilhos, de maneira não destrutiva, sendo determinado com base em amostras aleatórias de 10 plantas na unidade experimental (vaso), tendo como resultado os valores médios do número de perfilhos por planta. Aos 98 DAE (maturidade fisiológica), colheram-se as 24 plantas de cada vaso determinando-se: a massa seca da parte aérea (MSPA) (g) - excluindo-se raízes e espigas; número de perfilhos por planta (NPP), número de espigas por planta (NE), comprimento de espiga (CE) (cm), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE) e rendimento de grãos por planta (RG).

Os dados relativos às variáveis estudadas, referentes aos componentes de produção, foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa SISVAR, através da análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Num segundo momento, a análise de regressão foi utilizada nos tratamentos que receberam somente lodo de esgoto (T4, T5, T6 e T7 incluindo a testemunha T1).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis analisadas (Tabelas 3, 4 e 5) constatou-se interação significativa entre o tipo de água utilizada na irrigação e a adubação das plantas ($p < 0,05$).

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados médios da massa seca da parte aérea (MSPA) e número de perfilhos por planta de trigo (NP). Observa-se que nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada mineral química (T2), adubação orgânica (T4, T5, T6 e T7) ou a combinação de ambas (T2), as médias foram superiores às que não receberam fonte alguma de N (T1), exceto para o NP na parcela irrigada com AR.

No tratamento sem adubação nitrogenada (T1), o uso de água residuária promoveu incrementos de 36% na MSPA e 100% no NP, quando comparado à parcela irrigada com água potável, indicando que o N derivado do efluente (Tabela 2) foi essencial para o desenvolvimento do trigo, atendendo, mesmo que em parte, a demanda da cultura. Resultado semelhante foi encontrado por Araujo (2013) que observou aumento na produção de massa verde de sorgo forrageiro irrigado com água residuária em comparação à irrigação com água da rede de abastecimento.

Tabela 3. Médias da massa seca da parte aérea (MSPA) e número de perfilhos por planta de trigo (NP) em função da irrigação com água potável (AP) e água residuária (AR) em níveis de adubação nitrogenada.

Trat. ⁽¹⁾	MSPA (g vaso ⁻¹)		NP	
	AP	AR	AP	AR
T1	18,90 E b	25,79 C a	1,07 E b	2,15 C a
T2	29,49 D a	34,06 B a	1,98 D b	2,51 BC a
T3	38,45 BC a	41,65 A a	2,61 BC b	3,03 AB a
T4	36,47 C a	37,89AB a	2,17 CD b	3,03 AB a
T5	42,66 ABC a	40,48AB a	2,87 AB a	2,89 AB a
T6	46,87 A a	42,77 A a	3,36 A a	3,12 A a
T7	44,95AB a	42,20 A a	3,36 A a	3,08 A a
F		3,476*		9,573*
CV1(%)		15,06		17,69
CV2(%)		13,29		14,40

Média geral

37,33

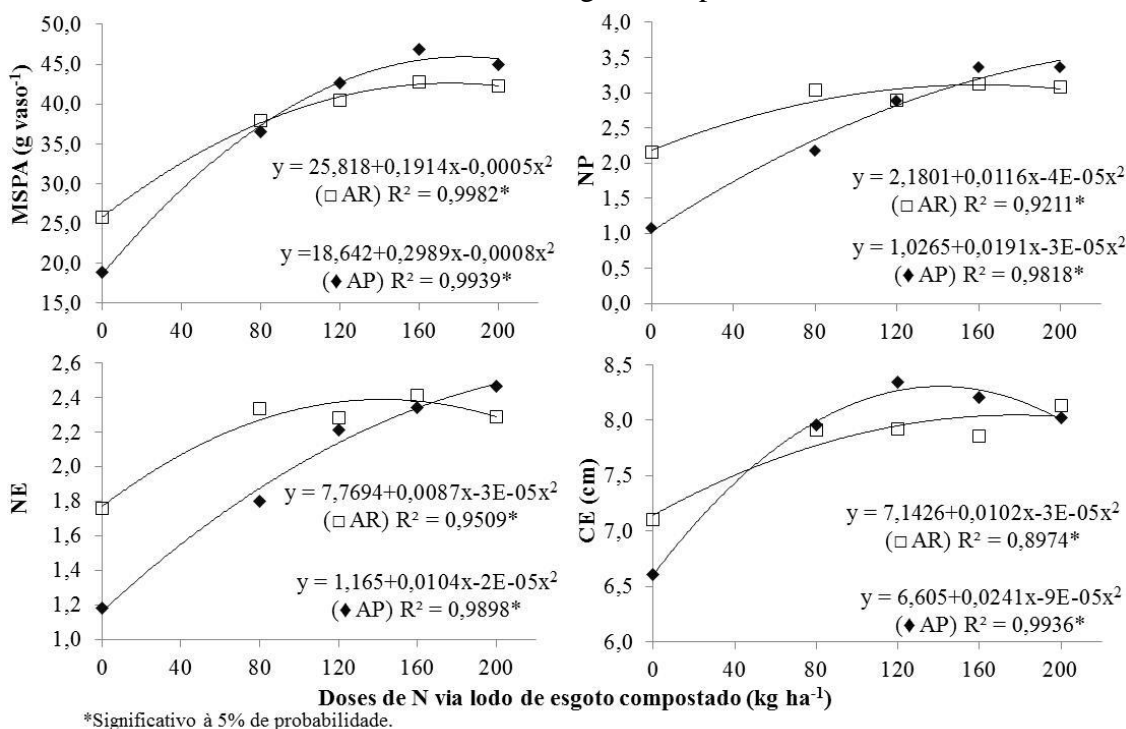
2,66

⁽¹⁾ Tratamentos: T1, sem adubação nitrogenada; T2, 80 kg ha⁻¹ de N via ureia; T3, 40 kg ha⁻¹ de N via ureia + 40 kg ha⁻¹ de N via lodo; T4, T5, T6 e T7 corresponderam a 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹ de N via LEC, respectivamente. CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Significativo à 5% de probabilidade para a interação parcela vs subparcela.

Ao comparar os tratamentos que receberam a mesma quantidade de N por fontes diferentes (T2 e T4), nota-se que o lodo elevou a média de MSPA em condições normais de irrigação (AP). Na irrigação com AR, a média de MSPA do T4 equivaleu estatisticamente à média do T2. O mesmo foi observado para o NP, tanto na irrigação com AR quanto na irrigação com AP, indicando a possibilidade de substituição da adubação nitrogenada química pela adubação nitrogenada orgânica, sem prejuízos à cultura. A adubação com 50% ureia mais 50% lodo (T3) proporcionou incrementos na MSPA (AP e AR) no NP (AP) em relação à adubação nitrogenada química (T2).

O maior acúmulo de MSPA e número de perfilhos NP ocorreu nos tratamentos em que se empregaram as maiores doses de N via LEC (T6 e T7 – 160 e 200 kg ha⁻¹ de N), tanto na irrigação com água residuária, quanto na irrigação com água potável (Tabela 3). Isso é melhor observado na análise de regressão (Figura 1), com ponto de máxima resposta nas parcelas irrigadas com AP e AR de 46,56 e 44,13 g de massa seca nas doses de 186,81 e 191,40 kg ha⁻¹ de N via lodo, respectivamente. Resultados semelhantes para a massa seca foram encontrados por Araujo, Gil e Tiritan (2009), Lobo, Grassi Filho e Bull (2012), e Lobo, Grassi Filho e Kummer (2014) trabalhando com doses crescentes de lodo de esgoto incorporado ao solo no cultivo de braquiária, aveia preta e girassol, respectivamente.

Figura 1. Massa seca da parte aérea (MSPA), número de perfilhos por planta (NP), número de espigas por planta (NE) e comprimento de espiga (CE) em função de doses crescentes de N no solo via lodo de esgoto compostado.



Esses resultados eram esperados uma vez que, ao ser incorporado ao solo e havendo condições propícias à mineralização, o lodo pode liberar grandes quantidades de N (BOEIRA, 2004) que constitui um dos nutrientes mais exigidos pelo trigo, com a função de estimular o crescimento vegetativo contribuindo para o alongamento do caule e expansão foliar (SCHRÖDER et al., 2000). Além disso, ao se adicionar no solo doses crescentes de lodo, provavelmente houve incrementos de K (Tabela 1) favorecendo o desenvolvimento da cultura, assim como Viana e Kiehl (2010) observaram em seu experimento, que à medida que se aumentaram as doses de N associadas às maiores doses de K, a produção de massa seca em plantas de trigo foi incrementada.

Quanto ao perfilhamento (NP), observa-se que o trigo respondeu positivamente até a dose de 145 kg ha⁻¹ de N via lodo, obtendo-se ponto de máxima (3,02) na parcela irrigada com AR com reflexos no número de espigas (Figura 1) e no rendimento de grãos (Figura 2). Na parcela irrigada com AP a maior média de NP (3,36) foi observada na dose máxima de N via lodo (200 kg ha⁻¹ de N) (Tabela 3). Nunes et al. (2011), estudando o efeito de adubos verdes associados à doses de N (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹) em cobertura no trigo, observaram aumento nas médias de NP até a dose de 110 kg ha⁻¹ de N mineral.

Os resultados do número de espigas por planta (NE), comprimento de espiga (CE) e número de espiguetas por espiga (NEE), apresentados na Tabela 4, indicam que a adubação nitrogenada no solo promoveu aumento nas médias dos tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6 em relação às médias do T1, exceto para o NEE na parcela irrigada com AR, em que as médias de todos os tratamentos se equivaleram estatisticamente. Isto pode ter ocorrido em função do aporte de nutrientes oriundos da água residuária (Tabela 2) que supriu a necessidade da cultura em termos de N.

Tabela 4. Médias do número de espigas por planta (NE), comprimento de espiga (CE) e número de espiguetas por espiga (NEE) em função da irrigação com água potável (AP) e água residuária (AR) em níveis de adubação nitrogenada.

Trat. ⁽¹⁾	NE		CE		NEE	
	AP	AR	AP	AR	AP	AR
T1	1,18 C b	1,75 B a	6,61 C b	7,10 B a	12,90 C b	14,23 A a
T2	1,84 B b	2,14 A a	7,27 B b	7,78 A a	14,23 BC a	14,47 A a
T3	2,21 A a	2,35 A a	7,82 AB a	8,05 A a	14,90 AB a	15,30 A a
T4	1,80 B b	2,34 A a	7,96 A a	7,92 A a	15,17 AB a	15,00 A a
T5	2,21 A a	2,29 A a	8,35 A a	7,93 A b	16,36 A a	15,33 A b
T6	2,34 A a	2,41 A a	8,21 A a	7,86 A a	16,00 A a	14,84 A b
T7	2,46 A a	2,29 A b	8,03 A a	8,13 A a	15,23 AB a	15,00 A a
F	6,704*		3,420*		2,544*	
CV1 (%)	13,45		5,16		6,69	
CV2 (%)	10,93		5,78		8,08	
Média geral	2,11		7,78		14,93	

⁽¹⁾ Tratamentos: T1, sem adubação nitrogenada; T2, 80 kg ha⁻¹ de N via ureia; T3, 40 kg ha⁻¹ de N via ureia + 40 kg ha⁻¹ de N via lodo; T4, T5, T6 e T7 corresponderam a 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹ de N via LEC, respectivamente. CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Significativo à 5% de probabilidade para a interação parcela vs subparcela.

Na Figura 1, observa-se que as médias do NE e CE, ajustaram-se melhor ao modelo de regressão quadrático, com aumento dos valores médios de NE até a dose de 145 kg ha⁻¹ de N

com uso de AR. Na parcela irrigada com AP o valor máximo de NE (2,46) foi obtido na dose de 200 kg ha⁻¹ de N via lodo (Tabela 4). A máxima resposta do CE foi estimada em 8,22 cm na dose de 133,89 kg ha⁻¹ de N via lodo, na parcela irrigada com AP e 8,01 cm na dose de 170,0 kg ha⁻¹ de N via lodo, na parcela irrigada com AR. A resposta do NEE (Figura 2) não foi significativa para as médias dos tratamentos irrigados com o efluente, mostrando ajuste quadrático para nas médias dos tratamentos irrigados com AP, em que a máxima resposta foi de 15,70 na dose de 120,10 kg ha⁻¹ de N. Resultados semelhantes foram obtidos por Teixeira Filho et al. (2007) que verificaram aumento significativo nas médias de NEE, CE e incrementos na produtividade com doses crescentes de N mineral (0,30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) no solo.

Para os demais componentes de produção: número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE) e rendimento de grãos (RG), cujos resultados estão apresentados na Tabela 5, nota-se que não houve diferença nas médias entre os tratamentos T4, T5, T6 e T7, os quais receberam doses de 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, exceto para o RG na parcela irrigada com AP, em que a média do T4 diferiu das demais (T5, T6 e T7).

Figura 2. Número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE) e rendimento de grãos por planta de trigo (RG) em função de doses crescentes de N no solo via lodo de esgoto compostado.

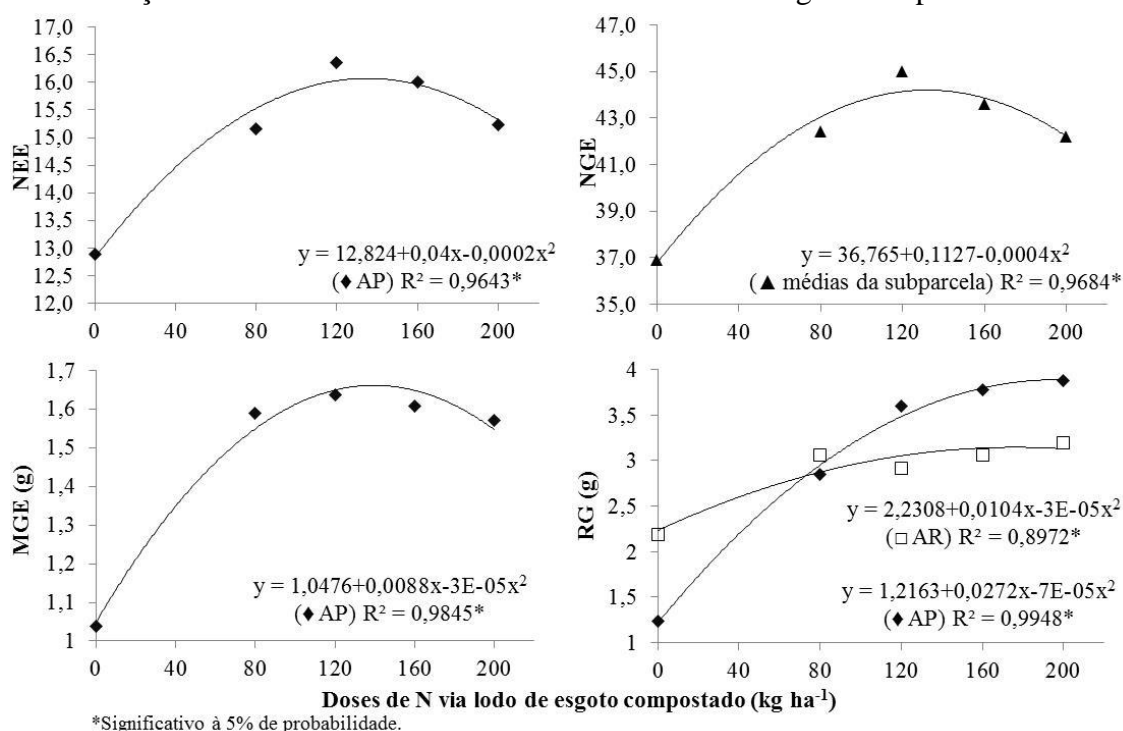


Tabela 5. Médias do número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE) e rendimento de grãos (RG) em função da irrigação com água potável (AP) e água residuária (AR) em níveis de adubação nitrogenada.

Trat. ⁽¹⁾	NGE		MGE		RG	
	AP	AR	AP	AR	AP	AR
T1	34,71 C a	39,04 A a	1,04 C b	1,26 A a	1,24 D b	2,19 B a
T2	38,44 C a	38,86 A a	1,36 B a	1,33 A a	2,50 C a	2,83 AB a
T3	41,11 ABC a	42,47 A a	1,36 B a	1,28 A a	3,03 BC a	3,02 A a
T4	46,60 AB a	38,21 A b	1,59 AB a	1,32 A b	2,85 C a	3,06 A a
T5	49,53 A a	40,41 A b	1,64 A a	1,26 A b	3,60 AB a	2,92 A b
T6	47,74 AB a	39,43 A b	1,61 AB a	1,28 A b	3,78 A a	3,06 A b
T7	44,24 ABC a	40,17 A a	1,57 AB a	1,41 A a	3,87 A a	3,20 A b
F	2,702*		5,208*		7,924*	
CV1 (%)	17,15		14,07		19,87	
CV2 (%)	17,92		14,47		17,28	
Média geral	41,50		1,38		2,94	

⁽¹⁾ Tratamentos: T1, sem adubação nitrogenada; T2, 80 kg ha⁻¹ de N via ureia; T3, 40 kg ha⁻¹ de N via ureia + 40 kg ha⁻¹ de N via lodo; T4, T5, T6 e T7 corresponderam a 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹ de N via LEC, respectivamente. CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Significativo à 5% de probabilidade para a interação parcela vs subparcela. **Significativo à 5% de probabilidade somente para a subparcela.

Observa-se que no T1 (tratamento sem adubação nitrogenada), a AR incrementou em 77% o RG em comparação à parcela irrigada com AP. Incrementos significativos no tratamento T1 da parcela irrigada com AR também foram observados para o NE (48%), CE (7%), NEE (10%) e MGE (21%) o que pode estar relacionado ao aumento no número de perfilhos observado neste estudo, pelo uso de efluente de esgoto tratado (Tabelas 3 e 4). Fideles Filho et al. (2005), em estudo comparativo dos efeitos das irrigações com água residuária e de poço, constataram que o uso do esgoto tratado aumentou o diâmetro caulinar e a altura das plantas de algodoeiro. Também Souza et al. (2010) observaram que a irrigação com água residuária promoveu acréscimos consideráveis no crescimento e produção do girassol, sem efeitos das doses de húmus de minhoca (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% do peso do solo) sobre o crescimento e características comerciais das plantas.

Trabalhos como os de Freitas et al. (2013), Nascimento e Fidelis Filho (2015) e Feitosa et al. (2015) também demonstraram melhoria significativa no potencial produtivo e desenvolvimento de culturas como cana-de-açúcar, algodão e feijão-caupi, respectivamente, em função do uso de efluentes de esgoto tratado na irrigação. Neste estudo, tal melhora pode estar relacionada não apenas ao N, mas aos outros nutrientes advindos do esgoto sanitário que contribuíram para o desenvolvimento das plantas de trigo.

O uso de 50% de ureia com 50% de lodo de esgoto (T3) proporcionou acréscimo significativos na média de NE (com AP) em comparação aos tratamentos T2 e T4 (Tabela 4). O trigo respondeu positivamente à substituição da adubação nitrogenada química pelo lodo de esgoto compostado, em termos de NE, CE, NEE (Tabela 4) e NGE, MGE e RG (Tabela 5) uma vez que as médias do T4 se equivaleram às médias do T2, exceto para o CE e NGE na parcela irrigada com AP, no qual o lodo incrementou significativamente as médias desses

componentes. Martinez-De La Cerda et al. (2004) também constataram que as médias de RG de trigo dos tratamentos adubados com lodo de esgoto desidratado se equivaleram estatisticamente às médias dos tratamentos com fertilizante inorgânico, assim como Figueiroa, Escosteguy e Eiethölter (2012), que ao avaliarem o efeito de doses de esterco de ave poedeira em plantas de trigo, concluíram que a aplicação de 2,8 t ha⁻¹ de esterco foi suficiente para suprir à cultura em termos de N proporcionando rendimento de grãos semelhante ao obtido com a aplicação de N mineral via ureia. Em condições semelhantes deste estudo, Lobo et al. (2014) verificaram que a utilização de lodo de esgoto elevou o rendimento de grãos em plantas de girassol, não interferiu no rendimento de grãos do triticale, apresentando melhor resposta em plantas de trigo com uso de 150% da dose de N proveniente do lodo.

Independente do tipo de água utilizada na irrigação, o aumento das doses de N elevou o NGE (44,70 grãos espiga⁻¹) até a dose de 140,88 kg ha⁻¹ de N via lodo de esgoto (Figura 2). A máxima resposta da MGE (1,69g) foi obtida na dose de 146,67 kg ha⁻¹ de N na parcela irrigada com AP, sem efeitos significativos na parcela irrigada com o efluente. Resultados semelhantes aos encontrados no estudo de Thaego et al. (2014), que constataram acréscimos no NGE e NE até a dose de 128 kg ha⁻¹ de N, e na produtividade até a dose de 128-134 kg ha⁻¹ de N mineral. Por outro lado, Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010), não constataram diferença nas médias dos componentes de produção do trigo (NP, NEE, NGE e produtividade) em função de diferentes doses de N mineral (90, 135, 180 e 225 kg ha⁻¹), justificando que o suprimento de N para a cultivar foi adequado com a menor dose utilizada (90 kg ha⁻¹ de N mineral).

As médias de RG ajustaram-se à função quadrática, alcançando máxima resposta nas parcelas irrigadas com água potável e residuária de 3,86 e 3,13g nas doses de 194,29 e 173,33 kg ha⁻¹ de N via lodo, respectivamente, semelhante ao observado por Lobo (2010), que avaliou o efeito do lodo de esgoto em substituição à adubação nitrogenada mineral, e encontrou ajuste quadrático para o rendimento de grãos de plantas de triticale. Teixeira Filho et al. (2010) observaram ascensão nas médias de produtividade até a dose de 121,5 kg ha⁻¹ de N mineral e Carlos et al. (2012), trabalhando com diferentes doses de N (0, 30, 50, 70 e 90 kg ha⁻¹) em mamoneira irrigada com água residuária, verificaram aumento na produtividade até a dose de 76,41 kg ha⁻¹ de ureia.

Na análise de regressão (Figura 2), nota-se as médias do RG das plantas irrigadas com AR, inferiores às dos tratamentos irrigados com AP, em doses acima de 80 kg ha⁻¹ de N via lodo. Resultados semelhantes foram observados por Araújo, Monteiro e Cardoso (2005) estudando o efeito do lodo têxtil compostado em solução nutritiva em plântulas de trigo em quantidades crescentes, referentes as doses de 19, 38, 76 e 152 t ha⁻¹ correspondente à 1, 2, 4 e 8 vezes a fertilização com 100 kg ha⁻¹ de N e concluíram que concentrações maiores do que 38 t ha⁻¹ do composto de lodo têxtil afetaram, de forma prejudicial, as plântulas de soja e trigo.

Neste estudo, o comportamento das curvas de ajuste do modelo de regressão também indicam decréscimos nas médias de todas as variáveis a partir das doses máximas estimadas de lodo de esgoto. Tais decréscimos podem estar relacionados à alteração sofrida na relação C/N do solo em função dos incrementos de matéria orgânica pela adição do lodo de esgoto (KUMMER, 2013). Além disso, as elevadas temperaturas no interior do ambiente protegido (KUMMER, 2013) provavelmente favoreceram ainda mais a mineralização do N proveniente do lodo de esgoto, causando problemas de toxidez por N-amoniacal no solo, uma vez que a maior dose corresponde a 250% da necessidade da cultura.

6 CONCLUSÕES

A irrigação com água residuária na ausência de adubação nitrogenada promoveu incrementos na massa seca da parte aérea, (MSPA), número de perfilhos (NP), número de espigas por planta (NE), comprimento de espiga (CE), número de espiguetas por espiga (NEE), massa de grãos por espiga (MGE) e rendimento de grãos por planta de trigo (RG).

O uso conjunto de água residuária e doses de N acima de 80 kg ha⁻¹ via lodo de esgoto compostado no solo, promoveu decréscimos na massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento de espiga (CE) e rendimento de grãos por planta de trigo (RG).

Os resultados apontam para a substituição de 100% da adubação nitrogenada química (dose de 80 kg ha⁻¹ de N), pelo equivalente em N via lodo de esgoto compostado (100% lodo compostado), sem prejuízos à cultura do trigo.

7 REFERENCIAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; CARDOSO, P. F. Composto de lodo têxtil em plântulas de soja e trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 6, p. 549-554, jun. 2005.

ARAÚJO, F. F.; GIL, F. C.; TIRITAN, C. S. Lodo de esgoto na fertilidade do solo, na nutrição de *Brachiaria decumbens* e na atividade da desidrogenase. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2009.

ARAÚJO, F. N. Produtividade do sorgo forrageiro irrigado com água residuária oriunda de lagoas de estabilização. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 7, n. 1, p. 56-64, jan./mar. 2013.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguaringa: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312 p.

BOEIRA, R. C. Uso do lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solos tropicais. **Comunicado Técnico**, Jaguariúna, n. 12, 2004.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.; CAMARGO, C. E. O. Adubação de cereais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Boletim técnico 100 - Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 43-50.

CARLOS, J. A.; AQUINO, B. F.; SOUSA, G. G.; ALVINO, F. C. G.; GUIMARÃES, F. V. A. Produtividade da mamoneira sob diferentes fontes e doses de nitrogênio irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 2, p. 60-70, 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.

FEITOSA, S. O.; SILVA, S. L.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, E. O. Crescimento do feijão caupi irrigado com diferentes concentrações efluente tratado e água salina. **Revista Agrotec**, Porto, v. 36, n. 1, p. 146-155, 2015.

FIDELES FILHO, J.; NÓBREGA, J. Q.; SOUZA, J. T.; DANTAS, J. P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 328-332, 2005. Suplemento.

FIGUEIROA, E. A.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; WIETHÖLTER, S. Dose de esterco de ave poedeira e suprimento de nitrogênio à cultura do trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 714-720, 2012.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; MOTA, F. S. B.; GONÇALVES, L. R. B.; BARROS, E. M. Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 727-734, 2013.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; ROCHA, O. C.; EVANGELISTA, W. **Necessidade hídrica no cultivo de feijão, trigo, milho e arroz sob irrigação no bioma cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 15 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 100).

INFORMAÇÕES técnicas para trigo e triticale – safra 2012. V Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, Dourados, MS, 25 a 28 de julho de 2011. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 204p.

KUMMER, A. C. B. **Efeito de efluente de esgoto tratado e lodo de esgoto compostado no solo e nas culturas de trigo e soja**. 2013. 178 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL - LANARV. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**: métodos oficiais do Laboratório Nacional de Referência Vegetal. Brasília, DF: LANARV, 1988. 104 p.

LOBO, T. F. **Manejo de lodo de esgoto em rotações de culturas no sistema de plantio direto**. 2010. 198 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L. T. Rendimento de massa de matéria seca e relação C/N da aveia preta em função do lodo de esgoto e adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 224-234, mar./abr. 2012.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; KUMMER, A. C. B. Aplicações sucessivas de lodo de esgoto no girassol e efeito residual no trigo e triticale. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 881-886, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARTINEZ-DE LA CERDA, J.; OLIVARES-SAÉNZ, E.; SALINAS-GARCÍA, G.; ZÁVALA-GARCÍA, F.; ARANDA-RUIZ, J. Efecto residual del lodo em trigo (*Triticum spp.* L.). **International Journal of Experimental Botany**, Vicente López, v.73, p. 237-242, 2004.

NASCIMENTO, J. S.; FIDELIS FILHO, J. Crescimento produção e alterações químicas do solo em algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 36-45, abr./jun. 2015.

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MOTA, L. H. S. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1275-1384, out./dez. 2011.

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERANDES, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 473-479, 2009.

SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production?: Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v. 66, p. 151-164, 2000.

SOUZA, R. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; SOARES, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 125-133, abr./jun. 2010.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 8, p. 797-804, ago. 2010.

THAEGO, E. Q.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; MEGDA, M. M.; BENET, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.6, p. 1826-1835, 2014.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragatinga**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.