



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

REUSO DE EFLUENTES NOS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA CANA SEM DESPALHA A FOGO

**Alessandra Monteiro de Paula⁽¹⁾; Sandra Furlan Nogueira⁽²⁾; Roberta Santin⁽³⁾; Tamara Maria Gomes⁽⁴⁾
Magnus Dall'Igna Deon⁽⁵⁾; Célia Regina Montes⁽⁶⁾**

⁽¹⁾ Professora Adjunta; UFPR Campus Palotina, Rua Pioneiro, 2153, Jd. Dallas, Palotina, PR, 85950-000, ampaula@ufpr.br; ⁽²⁾ Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite - CNPM. Av. Soldado Passarinho, 303, Campinas, SP, CEP 13070-115; ⁽³⁾ Mestranda do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP-Nupegel, Av. Pádua Dias, 11 - Cx. Postal 9, Piracicaba-SP, CEP: 13418-900; ⁽⁴⁾ Pesquisadora, NUPEGEL/USP, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP, 13418-900, tamaragomes@yahoo.com.br.; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, Zona Rural - C.P. 23, Petrolina, PE - CEP 56302-970; ⁽⁶⁾ Professora Doutora; CENA; USP; CP 96, CEP 13400-970 Piracicaba, SP.

Resumo – A cana-de-açúcar é uma cultura que se destaca para o reuso agrícola de efluentes, devido às grandes extensões de área cultivada e ao potencial de resposta ao cultivo irrigado em áreas sujeitas a deficiência hídrica. Com o objetivo de avaliar os efeitos da irrigação da cana-de-açúcar com esgoto tratado, sobre os estoques de carbono e nitrogênio do solo e na produtividade da segunda soca da cultura, foi conduzido um experimento com lâminas crescentes de irrigação em comparação com cana não irrigada, em área adjacente à uma estação de tratamento de esgoto (lagoas de estabilização) em Piracicaba, SP. A irrigação da cultura de cana-de-açúcar com esgoto tratado contribuiu para o estoque de carbono e nitrogênio no solo, com aumento de 38% (18,0 Mg C ha⁻¹) e 28% (1,3 Mg N ha⁻¹) na camada de 10-20 cm da lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura (ETc), respectivamente. A irrigação com efluente mostrou-se uma prática viável para a cultura da cana-de-açúcar, possibilitando incremento significativo de produtividade (58%), sendo a lâmina de 100% da ETc é recomendada, com 130 Mg ha⁻¹.

Palavras-Chave: matéria orgânica do solo, efluente, manejo de irrigação, produtividade.

INTRODUÇÃO

O reuso de efluentes na agricultura é realizado em diversos países e, no Brasil essa prática tem recebido atenção, pois representa uma proposta economicamente interessante para agricultores e órgãos de saneamento. Considerando que a agroindústria da cana-de-açúcar brasileira é uma das mais produtivas e competitivas do mundo, e que grande parte das áreas de cultivo são de sequeiro, a irrigação da cultura é bastante promissora, particularmente no Estado de São Paulo, detentor de aproximadamente 58% de toda produção nacional (IBGE, 2010).

A cultura da cana-de-açúcar, cobrindo grandes extensões e de grande importância econômica, tem grande potencial para responder positivamente a este manejo, podendo representar as seguintes vantagens econômicas e ambientais: (i) contribuir para a

preservação da qualidade dos recursos hídricos, evitando a descarga de efluentes secundários de esgoto tratado nos rios; (ii) aumentar a produção em uma mesma área, conservando as áreas florestadas, (iii) reduzir as despesas do agricultor com fertilizantes nitrogenados, e, principalmente, (iv) atuar na redução dos gases de efeito estufa na atmosfera, pela maior produção de etanol (substituição de combustíveis fósseis) e pelo acúmulo de carbono no solo através da rizodeposição e deposição de resíduos vegetais, conseqüências do aumento da produção primária líquida, estimulada pela irrigação.

Como parte do Projeto temático FAPESP, “Uso de efluentes de esgotos tratados por processos biológicos (lagoas de estabilização e reatores UASB/lodos ativados) em solos agrícolas”, este trabalho teve como objetivo investigar os efeitos da irrigação com esgoto tratado na cultura da cana-de-açúcar, sobre os estoques de carbono e nitrogênio do solo e na produtividade da segunda soca da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental foi instalada, no bairro Taquaral em Piracicaba – SP, em um setor canavieiro pertencente ao Grupo COSAN, no município de Piracicaba (latitude S 22°46'24,1" e longitude W 47°36'32,6", altitude média 582m), ao lado da estação de tratamento de esgoto (ETE) CECAP, operada pelo serviço municipal de água e esgoto (SEMAE). O clima da região é caracterizado como Cwa pela classificação climática de Köppen, ou seja, subtropical úmido com estiagem no inverno, com a temperatura média, do mês mais quente, superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C, a precipitação média é de 1.253 mm ano⁻¹. A área experimental apresentava 300 m de comprimento, ao longo de uma curva de nível do terreno, por 40 m de largura, no sentido da maior declividade. O solo foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico típico. A variedade de cana cultivada foi a SP – 903414, plantada em setembro de 2006, tendo sido a primeira colheita realizada em agosto de 2007.

Tratamentos e amostragens

O efluente foi bombeado e filtrado da segunda lagoa facultativa da ETE - CECAP para a distribuição no campo através de linhas de gotejadores enterrados a 15 cm de

profundidade dispostos ao lado das linhas de plantio. Para o manejo da irrigação foi medida a evaporação do tanque Classe A, instalado em área próxima à área experimental. As leituras foram realizadas três vezes por semana, para estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc), utilizando os coeficientes de cultura (Kc) proposto por Doorenbos & Pruitt (1977) que leva em consideração os diferentes estádios de desenvolvimento.

Após a primeira colheita da cana-planta, iniciou-se a aplicação dos tratamentos experimentais, com a irrigação com o esgoto tratado proveniente da estação de tratamento de esgoto. Para tanto, o canal foi dividido em 40 parcelas de 30 por 10 m.

Os tratamentos estudados foram: T50 = irrigação com esgoto tratado (ET), 50% da evapotranspiração máxima da cultura; T100 = irrigação com ET, 100% da evapotranspiração máxima da cultura; T200 = irrigação com ET, 200% da evapotranspiração máxima da cultura; SI = sem irrigação (cultivo convencional). Para a caracterização do esgoto tratado, foram coletadas amostras mensalmente, para o cálculo preciso dos aportes de C e N.

As coletas de solos em diferentes profundidades (0-10; 10-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100 cm) foram realizadas em setembro de 2008, após colheita para caracterização dos conteúdos de C e N no solo após um ciclo da cultura, em abril de 2009, para monitorar as mesmas variáveis no estágio de crescimento vegetativo da cultura.

Análise estatística

A análise estatística dos resultados obtidos foi realizada de acordo com o delineamento de blocos completos com parcelas subdivididas no tempo. Foram realizadas análises de variância, e, na constatação de diferenças significativas ($P < 0,05$), realizou-se comparações de médias entre tratamentos e análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de julho de 2008 a julho de 2009, a precipitação acumulada foi de 1088 mm, com os maiores volumes observados entre os meses de Dezembro e Fevereiro (Figura 1). A irrigação para o tratamento 100% ETc foi de 461,6 mm; tendo sido aplicados até 1194,87 mm de esgoto tratado no tratamento com a maior lâmina (Figura 1). Neste ano, a irrigação foi prejudicada pela manutenção da estação de tratamento de esgoto nos meses de fevereiro e março. A irrigação foi suspensa 45 dias antes da data prevista para colheita, para a maturação dos colmos e prevenção de potenciais problemas de compactação do solo, em decorrência da entrada de caminhões para a retirada da cana colhida.

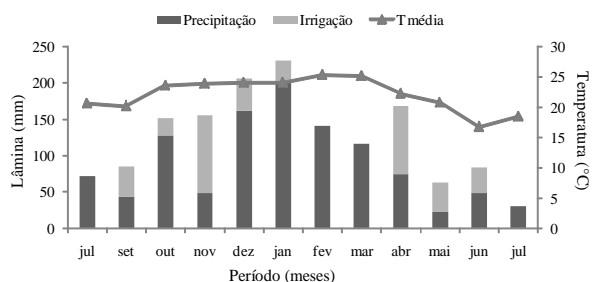


Figura 1. Precipitação, lâmina de irrigação com esgoto tratado (100% ETc) aplicadas na cultura de cana de açúcar (2ª soca) e temperatura média, no período de julho de 2008 a julho de 2009, em Piracicaba, SP.

A Tabela 1 apresenta as concentrações médias de SST no esgoto tratado, as frações de C e N. A entrada de C e N via efluente, considerando-se as somas das frações, variou de aproximadamente 56 kg C ha⁻¹ e 8 kg N ha⁻¹ para a lâmina de 50% ETc e, 226 kg ha⁻¹ e 32 kg ha⁻¹ para a lâmina de 200% ETc.

O uso de efluentes de tratamento de esgotos na agricultura é uma atividade mundialmente praticada, em especial nos países em desenvolvimento, onde o custo de tratamento da água é elevado (Rattan et al., 2005; Mastro et al., 2009). De forma geral, esses efluentes são ricos em matéria orgânica e também contém quantidades consideráveis de outros nutrientes dissolvidos, sendo esperado o aumento dos teores de nutrientes nos solos irrigados com efluente (Xie et al., 2007). Mastro et al. (2009) observou que a irrigação com efluente promoveu melhorias na estrutura de um solo arenoso e aumentou seu teor de carbono e a agregação, enquanto reduziu a densidade do solo.

No mês de abril de 2009, os estoques de C no solo variaram em função da lâmina de irrigação com efluente de esgoto tratado, em cada profundidade estudada, mantendo a mesma tendência observada após o ciclo da primeira soca, em agosto de 2008 (Figura 2a e 2c), exceto para as camadas de 40-60 e 60-80 cm. Na camada de 40-60 cm observou-se menores estoques de C nas maiores lâminas, de 6,46 e 5,87 Mg ha⁻¹, respectivamente (100 e 200% da ETc), seguidos de aumento dos conteúdos na camada seguinte, de 60-80 cm, para 12,29 e 14,37 Mg ha⁻¹, respectivamente. Para todos os tratamentos observou-se que os maiores estoques de C concentraram-se nas camadas superficiais do solo, de 10 a 20 cm, 13,04; 13,34; 18,03 e 16,09 Mg ha⁻¹, na testemunha sem irrigação e nas lâminas de 50%, 100% e 200% da ETc, respectivamente. Nas camadas de 20-40 e 40-60 cm verificou-se uma redução nos estoques de C, sendo que nesta última foram observados os menores valores. Para as maiores lâminas, de 100 e 200% da ETc, o conteúdo de C apresentou um aumento de cerca de 40% em comparação ao tratamento não irrigado, na profundidade de 60-80.

A distribuição do carbono no perfil do solo está diretamente relacionada com o sistema radicular da cultura, sendo influenciada também pela atividade dos microrganismos do solo e pela deposição de palhada pela cultura. Além desses fatores, a dinâmica do

desenvolvimento do sistema radicular dessa cultura está associado à disponibilidade de água no solo (Smith et al., 2005). Em estudo sobre a distribuição radicular de cultivares de cana em Latossolo Vermelho-Amarelo, entre a terceira e a quinta soca, Costa et al. (2007) verificaram que o maior comprimento de raízes ocorreu na profundidade de 0-18 cm, sendo este fator relacionado com a posição em que é aplicada a adubação, bem como com o tráfego de máquinas e implementos. A concentração da massa radicular na camada superficial do solo, até 20 cm, possivelmente influenciou os maiores conteúdos de C observados neste trabalho, na camada superficial.

Os maiores estoques de N, com média de 1,3 Mg ha⁻¹ no tratamento não irrigado e média de 1,2 Mg ha⁻¹ nos tratamentos irrigados, foram observados nas camadas superficiais (0-10 e 10-20 cm) (Figuras 2b e 2d). Redução significativa no estoque de N foi observada para as maiores lâminas de irrigação (100 e 200% da ETc), em relação ao tratamento sem irrigação, representando um decréscimo de cerca de 40%. Este fato é possivelmente consequência da movimentação do nitrogênio no perfil do solo, que se acumulou na camada de 40-60 cm. Nas camadas seguintes, de 60-80 e 80-100 cm, observou-se estoques de N significativamente menores nas maiores lâminas de irrigação (100 e 200% da ETc), com média 0,5 Mg ha⁻¹ de N, de em comparação ao tratamento sem irrigação (0), com média de 0,7 Mg ha⁻¹ de N.

Diferente do encontrado neste estudo, Yadav et al. (2002) avaliando o efeito da irrigação de trigo, arroz e sorgo com esgoto bruto em Kurukshetra, na Índia, verificaram aumentos no N do solo de 53%, 71%, 74% e 68% nas camadas de 0 a 15, 15 a 30, 30 a 45 e 45 a 60 cm, respectivamente. Os aumentos foram atribuídos as concentrações de material orgânico no esgoto, ao tipo de solo (argiloso) e ao longo tempo de irrigação, cerca de 30 anos.

As diferenças de resultados encontrados em estudos sobre os efeitos da irrigação com esgoto tratado sobre a variação no conteúdo e N no solo, são principalmente atribuídas às características químicas do esgoto utilizado, do tipo de solo (e.g. características químicas, estrutura, textura e profundidade), da cultura escolhida, das lâminas de irrigação (volume) e também do tempo em que o manejo é praticado (Mohammad & Mazahreh, 2003). A produção da cana foi estimulada pela irrigação com efluente (Figura 3). A lâmina adequada para a cultura (100% Etc) diferiu significativamente dos demais tratamentos, apresentando uma produtividade 26% maior que o tratamento com o dobro da lâmina de irrigação (200% Etc) e, 38% maior que o tratamento sem irrigação.

A produtividade média da cana foi estimada em 104,52 + 9 Mg ha⁻¹. O aporte de nitrogênio na lâmina de 200 % ETc (em torno de 320 kg ha⁻¹) é muito superior à dose recomendada oficialmente para cultura (120 kg ha⁻¹) (Deon et al., 2010) e não seria esperada resposta a esse N excessivo (Vitti et al., 2008), o que

indica que a dose mais elevada não é recomendada, pois pode promover perdas de nitrogênio por lixiviação.

CONCLUSÕES

1. A lâmina de 100% da ETc é recomendada para irrigação da cultura com esgoto tratado, contribuindo para os estoques de carbono e nitrogênio do solo;
2. A irrigação com efluente mostrou-se uma prática viável para a cultura da cana-de-açúcar, possibilitando incremento significativo de produtividade.

AGRADECIMENTOS

À Fapesp pelo apoio financeiro; ao CNPq, pela bolsa PDJ.

REFERÊNCIAS

- COSTA, M.C.G.; MAZZA, J.A.; VITTI, G.C. & JORGE, L.A.C. Distribuição radicular, estado nutricional e produção de colmos e de açúcar em soqueiras de dois cultivares de cana-de-açúcar em solos distintos, R Bras Ci Solo, 31, 2007. p.1503-1514.
- DEON, M.D. ; GOMES, T.M. ; MELFI, A.J. ; MONTES, C.R.; SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana de açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. Pesq. Agropec. Bras., 45, 2010, p.1149-1156..
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24). 1977. 179p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=T&o=11>>. Acesso em: 27/10/2010
- MASTO, R., CHHONKAR, P., SINGH, D. & PATRA, A. Changes in soil quality indicators under long-term sewage irrigation in a sub-tropical environment. Environ. Geol. 56, 2009. p.1237-1243.
- MOHAMMAD, M. J. & MAZAHREH, N. Changes in soil fertility parameters in response to irrigation of forage crops with secondary treated wastewater. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v.34, 2003. p.1281-1294.
- RATTAN, R.K., DATTA, S.P., CHHONKAR, P.K., SURIBABU, K. & SINGH, A.K. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater: a case study. Agric. Ecosyst. Environ. 109, 2005. p.310-322.
- SMITH, D.M.; INMAN-BAMBER, N.G. & THORBURN, P.J. Growth and function of the sugarcane root system. Field Crops Research, v.92, 2005. p.169-183.
- VITTI, A.C. ; TRIVELIN, P.C.O. ; CANTARELLA, H. ; FRANCO, H.C.J. ; FARONI, C.E. ; OTTO, R. ; TRIVELIN, M.O. & TOVAJAR, J.G. . Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, 2008. p. 2757-2762.
- XIE, Y.X., XIONG, Z.Q., XING, G.X., 2007. Assessment of nitrogen pollutant sources in surface water of Taihu lake region. Pedosphere 17 (2), 2007. p.200-208.
- YADAV, R.K.; GOYAL, B.; SHARMA, R.K.; DUBEY, S.K. & MINHAS P.S. Post-irrigation impact of domestic sewage effluent on composition of soils, crops and ground water – a case study. Environment International, v.28, 2002. p.481-486.

Tabela 1. Concentrações de SST no esgoto tratado, frações de C e de N, aportes de C e N no solo via efluente (média de 6 amostragens), cultivado com cana-de-açúcar, no município de Piracicaba, SP.

Variáveis	ET (mg L ⁻¹)	Tratamentos (% ETc), em kg ha ⁻¹		
		50	100	200
SST ⁽¹⁾	251 ± 26,80	51,85 ± 4,79	103,71 ± 5,51	207,42 ± 20,06
Carbono				
CPT ⁽²⁾	13,68 ± 5,34	2,82 ± 0,26	5,65 ± 0,30	11,31 ± 1,09
CID ⁽³⁾	234,81 ± 89,68	48,51 ± 4,48	97,02 ± 5,16	194,04 ± 18,76
COD ⁽⁴⁾	25,62 ± 12,86	5,29 ± 0,49	10,58 ± 0,56	21,15 ± 2,05
Nitrogênio				
NPT ⁽⁵⁾	2,51 ± 1,01	0,52 ± 0,04	1,04 ± 0,06	2,07 ± 0,20
NH ₄ ⁽⁶⁾	36,14 ± 7,13	7,46 ± 0,69	14,91 ± 0,79	29,83 ± 2,89
NO ₂ + NO ₃ ⁽⁷⁾	0,33 ± 0,19	0,07 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,27 ± 0,02

(1)Sólidos Suspensos Totais (2)Carbono particulado total; (3)Carbono inorgânico dissolvido; (4)Carbono orgânico dissolvido; (5)Nitrogênio particulado total; (6)Amônio; (7)Nitrito mais nitrato.

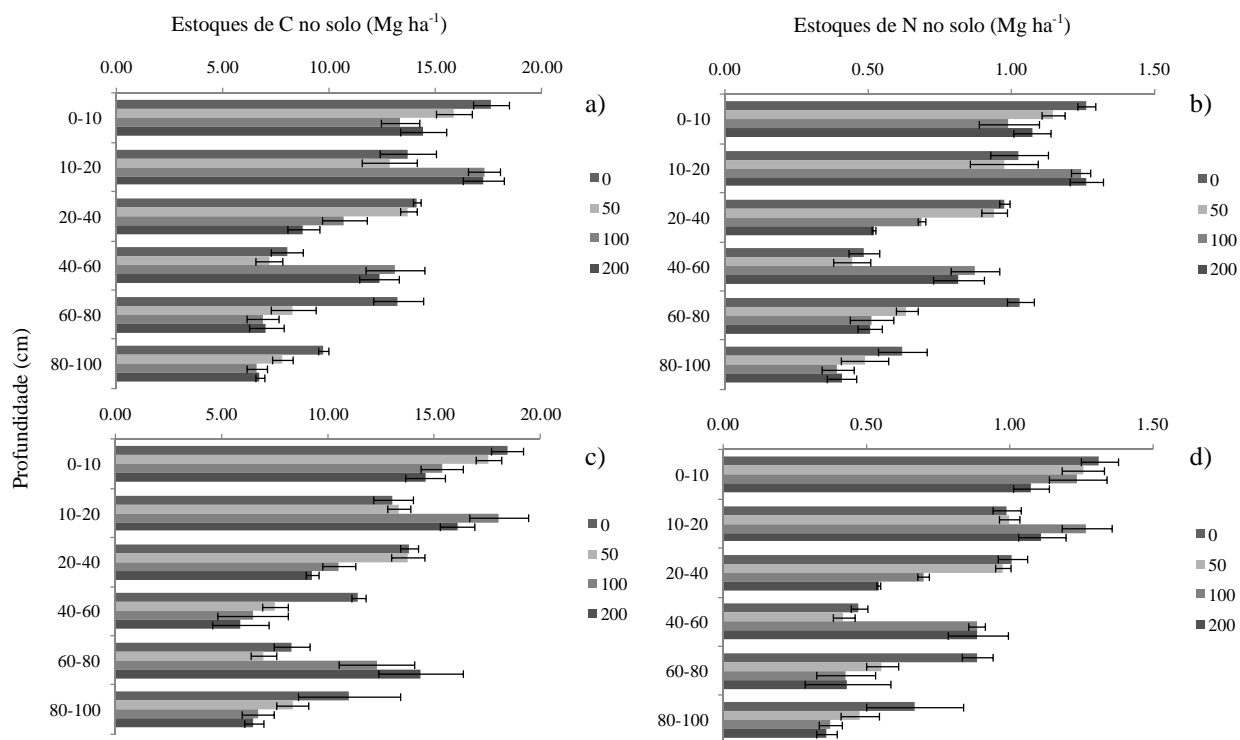


Figura 2: Estoques de Carbono (C) e Nitrogênio (N) em área de cana-de-açúcar irrigada com esgoto tratado em agosto de 2008 (figuras a e b) e em abril de 2009 (figuras c e d), no município de Piracicaba, SP.

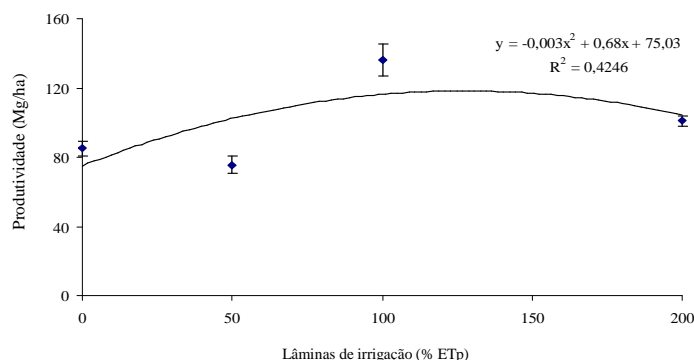


Figura 3: Produtividade da cana-de-açúcar sem queima (3º corte) cultivada sem irrigação (0) e irrigada com lâminas crescente de efluente de esgoto tratado (50, 100 e 200% da ETc), no município de Piracicaba, SP.