

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-060 - PRODUÇÃO DE MILHO DA VARIEDADE AG 405 EM SOLO IRRIGADO COM EFLUENTE DE LAGOA ANAERÓBIA**Saulo Bruno Silveira e Souza ⁽¹⁾**

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Mestrando em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Eng. Civil da UNICAMP. Bolsista CNPq.

Bruno Coraucci Filho ⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP; Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP; Doutor em Engenharia pela Escola Politécnica da USP; Livre Docência pela Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP. Professor Associado da UNICAMP.

Edna E. Bertoncini ⁽³⁾

Engenheira Agrônoma pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP). Doutora pela ESALQ/USP. Pesquisadora e Pós-doutoranda da UNICAMP. Bolsista CNPq.

Ronaldo Stefanutti ⁽⁴⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Doutor pela ESALQ/USP. Pesquisador e Pós-doutorando no Departamento de Saneamento e Ambiente da FEC-UNICAMP. Bolsista CNPq

Paulo Henrique Belingiere ⁽⁵⁾

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Minas Gerais / Uberlândia. Mestrando em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Eng. Civil da UNICAMP.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Cidade Universitária "Zeferino Vaz", CP 6021; Barão Geraldo – Campinas-SP. CEP.: 13083-852. Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Saneamento e Ambiente. Tel: +55(19) 3788-2381

 bruno@fec.unicamp.br ou sbsouza@fec.unicamp.br.

RESUMO

O reuso de efluentes domésticos na agricultura surge como uma ótima alternativa de destino para o efluente tratado, pois fornece água e nutrientes para as plantas, ao mesmo tempo em destina a grande quantidade de águas residuárias geradas, cujas concentrações em poluentes extrapolam os padrões de lançamento nos cursos de água. No Brasil, a necessidade da prática do reuso ganhou força a partir de 1992, com Conferência das Nações Unidas (ECO 92) e com a formulação da Agenda 21, quando a água foi considerada como um bem econômico. As preocupações com a escassez mundial de água estão aumentando, pois, as reservas hídricas não estão suportando o crescimento populacional acelerado e concentrado em algumas regiões. O presente estudo tem como proposta o reuso de um efluente doméstico oriundo de uma lagoa anaeróbia com eficiência aproximada de 50% na remoção de DBO. A área está localizada na ETE Graminha, Limeira/SP, que lança o efluente tratado no Ribeirão Graminha, afluente do Ribeirão Tatu, Bacia do Piracicaba. O reuso desse efluente foi feito por meio de um sistema de irrigação por sulcos rasos tendo como principal objetivo a determinação de taxas de aplicação no solo, que sejam convenientes do ponto de vista sanitário e agrônomo, à proteção dos aquíferos subterrâneos e à produção agrícola. Foram investigadas três lâminas hídricas correspondentes às profundidades de irrigação de 0,20, 0,40 e 0,60 m. O experimento foi conduzido no campo em três blocos casualizados, correspondentes às três lâminas hídricas, onde foi cultivado milho (*Zea mays*) durante quatro safras, em Argissolo Vermelho Amarelo, textura média. Os tratamentos constituíram de parcelas irrigadas com efluente e sem fertilização mineral e parcelas irrigadas com água limpa, fertilizadas com adubo mineral. Na 1ª e 3ª safra (inverno, seca) a maior produtividade de milho correspondeu à lâmina de irrigação de 0,60 m, tanto para as parcelas

irrigadas com esgoto quanto para água, evidenciando a necessidade de irrigação em períodos secos como única forma de aumento de produção da cultura. Enquanto que para a 2ª e 4ª safra (safra de verão, estação chuvosa) as maiores produtividades ocorreram para a profundidade de irrigação de 0,40 m. A produção das parcelas irrigadas com efluentes não apresentou valores discrepantes quando comparada a produtividade das parcelas fertilizadas com adubo e irrigadas com água, o que indica o potencial da irrigação com efluentes no fornecimento dos nutrientes essenciais às plantas de milho.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso, pós-tratamento no solo, efluente anaeróbio, sulcos rasos, milho

INTRODUÇÃO

Estudos feitos em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em solos irrigados com esgotos e efluentes urbanos, adequadamente administrados. A aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, e nutrientes para as plantas, assim como aumenta a capacidade de retenção de água do solo. Outro benefício proporcionado pela irrigação de culturas com efluentes de esgoto é a obtenção de várias colheitas ao longo do ano.

Resultados experimentais efetuados em Nagpur, Índia, pelo Instituto Nacional de Pesquisas de Engenharia Ambiental (NEERI) citado por Mancuso & Santos (2003), verificaram aumento de produtividade agrícola de culturas como o trigo, feijão, arroz, batata e algodão, irrigados com esgoto bruto e efluente, quando comparado ao tratamento com fertilização química N,P,K. Na Austrália, áreas de até 600 ha, cultivadas com cana-de-açúcar, estão sendo irrigadas com águas residuárias de tratamento de esgoto. A utilização destes efluentes tem proporcionado aumentos de 45% na produção da cultura e de 62,5% na produção de açúcar, uma vez que o uso destes proporciona o suprimento de água e de nutrientes, como o N, P, K, Ca, Mg, além de micronutrientes de plantas como o Cu e o Zn (Braddock & Downs, 2001). Estudos feitos pelo IAPAR e EMATER/PR apontam ganhos de até 60% na produtividade da cultura.

O objetivo deste estudo foi avaliar a produção da variedade de milho AG405, irrigado com efluente de filtro anaeróbio quando comparado ao cultivo convencional do milho adubado com fertilizante e irrigado com água limpa, em duas épocas distintas, no inverno e verão.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área experimental, de aproximadamente 1,0 ha de Argissolo Vermelho Amarelo, textura média, com declividade média de 4%, vizinha a Estação Tratamento de Esgoto da Graminha, pertencente à empresa Águas de Limeira S.A., em Limeira-SP, nas coordenadas 23°33' S e 47°24' W, na altitude de 570 m.

A área foi sistematizada em blocos inteiramente casualizados, correspondentes às lâminas de aplicação de efluente ou água de 0,20; 0,40 e 0,60 m. Tais valores foram escolhidos em função do cultivo, que, para o caso do milho é recomendada profundidade de irrigação de 0,40m (Vieira, 1999). A partir deste valor foi escolhida uma profundidade mais conservadora (0,20 m) e outra menos (0,60 m). Os tratamentos com efluente e a água foram dispostos em um sistema de irrigação por sulcos com parcelas de cinco linhas de plantio com 4,0 m de comprimento e quatro sulcos intermediários. A distância entrelinhas adotada foi de 1,0 m (Figura 1). Duas linhas laterais e a área entorno as parcelas foram consideradas bordadura. As parcelas constituíram dos tratamentos irrigados com efluente e sem adubação química e de tratamentos irrigados apenas com água e fertilizados com adubação química de acordo com análise de terra e recomendação de adubação para a cultura (Raij et al., 1996). Cada parcela foi repetida 3 vezes nos blocos.

O efluente aplicado no sistema provém de lagoa anaeróbia com eficiência de remoção de DBO da ordem de 50%.

A escolha do sistema de irrigação por sulcos foi feita de forma a evitar a liberação de aerossóis no ar (Figura 2). A utilização deste método de irrigação traz outras vantagens, tais como a redução de equipamentos mecânicos que possam vir a interromper o processo e a minimização dos gastos de energia.

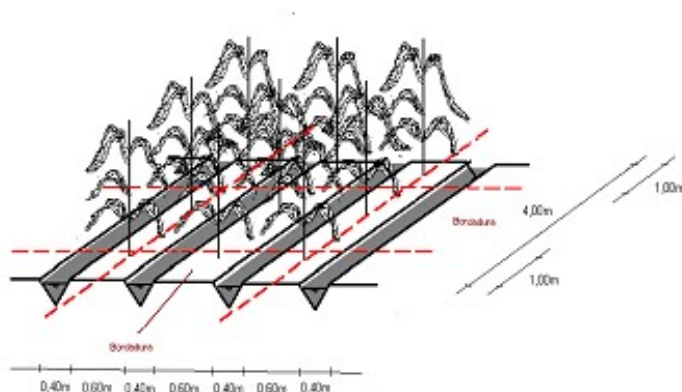


Figura 1: Esquema de uma parcela, com a identificação das linhas dos sulcos e das linhas de bordadura.



Figura 2: Cultivo do milho no sistema de irrigação por sulcos.

A variedade de milho utilizada foi a AG405, correspondente a um híbrido simples, de ciclo precoce, utilizada para grãos. A densidade de plantas utilizada foi de 45.000 plantas ha^{-1} , e a produtividade esperada de 7000 kg ha^{-1} . A Tabela 1 mostra a seqüência de cultivo e as condições hídricas e nutricionais fornecidas pelas lâminas hídricas aplicadas. A caracterização dos efluentes aplicados foi realizada a cada aplicação, de acordo com Eaton et al. (2000), e os resultados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Seqüência de cultivos na área experimental.

Março a Julho 2001	Milho (<i>Zea mays</i> – variedade AG 405) Precipitação no período= 256,9 mm Irrigação (Lâmina de 0,20m: 88,8mm; 0,40m: 130,8mm; 0,60m: 180,6mm) Nutrientes incorporados via efluente: N = 46,6 kg.ha⁻¹ P = 5,1 kg.ha⁻¹ K = 14,0 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,20 m N = 68,7 kg.ha⁻¹ P = 7,6 kg.ha⁻¹ K = 20,6 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,40 m N = 94,8 kg.ha⁻¹ P = 10,4 kg.ha⁻¹ K = 28,4 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,60 m
Outubro a Janeiro 2001	Etcmax = 9,2 mm dia⁻¹ ETCc = 4,3 mm dia⁻¹ Precipitação no período = 753,1 mm Irrigação (Lâmina de 0,20m: 29,6mm; 0,40m: 43,6mm; 0,60m: 60,2mm) Nutrientes incorporados via efluente: N = 15,5 kg.ha⁻¹ P = 1,7 kg.ha⁻¹ K = 4,7 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,20 m N = 22,9 kg.ha⁻¹ P = 2,5 kg.ha⁻¹ K = 6,9 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,40 m N = 31,6 kg.ha⁻¹ P = 3,5 kg.ha⁻¹ K = 9,5 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,60 m
Março a Agosto 2002	Etcmax = 10,2 mm dia⁻¹ ETCc = 4,8 mm dia⁻¹ Precipitação no período = 378,8 mm Irrigação (Lâmina de 0,20 m: 133,2mm; 0,40m: 145,6mm; de 0,60m: 150,0mm) Nutrientes incorporados via efluente: N = 70,0 kg.ha⁻¹ P = 7,7 kg.ha⁻¹ K = 21,1 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,20 m N = 76,5 kg.ha⁻¹ P = 8,5 kg.ha⁻¹ K = 23,0 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,40 m N = 78,8 kg.ha⁻¹ P = 8,7 kg.ha⁻¹ K = 23,7 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,60 m
Setembro a Dezembro 2002	Etcmax = 8,6 mm dia⁻¹ ETCc = 4,4 mm dia⁻¹ Precipitação no período = 712,8 mm Irrigação (Lâmina de 0,20m: 59,2mm; 0,40m: 57,6mm; 0,60m: 90,8mm) Nutrientes incorporados via efluente: N = 38,8 kg.ha⁻¹ P = 4,2 kg.ha⁻¹ K = 11,6 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,20 m N = 45,4 kg.ha⁻¹ P = 4,9 kg.ha⁻¹ K = 13,6 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,40 m N = 47,7 kg.ha⁻¹ P = 5,2 kg.ha⁻¹ K = 14,3 kg.ha⁻¹, para lâminas de 0,60 m

A frequência de irrigação foi adotada de acordo com dados do tanque Classe A e pela umidade do solo dada pelo método gravimétrico (Vieira, 1999). Para tal, trabalhou-se com a umidade do solo entre a capacidade de campo (CC), ou capacidade máxima de retenção de água no solo, acima da qual o líquido escoar para o lençol, e com a umidade crítica (UC), referente ao potencial matricial crítico da planta, abaixo da qual a planta tem que realizar esforços que comprometem o seu metabolismo. A eficiência do sistema do ponto de vista agrônomo foi observada pelo peso de grãos secos a 60° C, e pelo peso de grãos a um teor de água de 13%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se pelos dados da Tabela 1 que a aplicação de efluentes não supriu as necessidades da cultura em termos de macronutrientes durante o ciclo da cultura, uma vez que, são necessários em média 90 kg de N ha⁻¹, 90 kg de P e 70 kg de K ha⁻¹ (Raij et. al., 1996) para produtividades maiores que 6000 kg ha⁻¹. Dessa forma, o aumento de produção verificado provavelmente deve-se a incorporação de outros macronutrientes como o S, Ca e Mg e micronutrientes como o Cu, Zn e B presentes no esgoto doméstico e não incorporados nos solos adubados apenas com adubação N, P, K.

Observa-se que para a 1ª e 3ª safra (inverno, seca) ocorreu maior produção para a lâmina de irrigação correspondente a profundidade de irrigação de 0,60 m, evidenciando a necessidade de irrigação em períodos secos como única forma de

aumento de produção da cultura (Tabela 2). Porém, para a 2ª e 4ª safra as maiores produções ocorreram para a profundidade de irrigação de 0,40 m, valor adotado para o fornecimento de água para a cultura do milho (Tabela 2). A terceira safra foi caracterizada pela incidência de frentes frias que prejudicaram a expressão do potencial genético da variedade, e dessa forma, não convém a comparação dos valores de produção entre a terceira safra e as demais.

Tabela 2. Valores médios de peso de grãos secos a 60° C para os tratamentos irrigados com efluente e para os tratamentos irrigados com água + adubo.

Tratamento	Prof. de irrigação	Peso de grãos (kg ha ⁻¹)			
		1ª Safra	2ª Safra	3ª Safra	4ª Safra
Água + adubo	0,20m	22,2	2665	369,8	1710
	0,40 m	363,6	5517,5	923	3130
	0,60 m	827,8	2098,8	1122,7	2290
Efluente	0,20 m	44,4	3782,5	505,1	1810
	0,40 m	303,7	4450	876,7	2780
	0,60 m	398,8	3550	944,7	1950

A Tabela 3 apresenta os valores médios de peso de grãos de milho a 13% de umidade. Observa-se que a produção de grãos na profundidade de irrigação de 0,40 m foi maior tanto para o tratamento com efluente como para o tratamento adubado com fertilizantes minerais e irrigado com água na 2ª e 4ª safra. Assim, pode-se concluir a produção de milho irrigada pelo sistema de sulcos rasos com efluente foi praticamente equivalente a produção de milho fertilizada com adubos minerais e irrigada com água. A complementação de nutrientes que se encontram em quantidades não suficientes para atender a demanda nutricional da cultura de milho nos efluentes domésticos utilizados, pode resultar em produções maiores em áreas irrigadas com efluentes quando comparadas com áreas fertilizadas com adubo e irrigadas com água.

Tabela 3: Valores médios de peso de grãos com umidade de 13% para os tratamentos irrigados com efluente e para os tratamentos irrigados com água + adubo.

Tratamento	Prof. de irrigação	Peso de grãos (kg ha ⁻¹)			
		1ª Safra	2ª Safra	3ª Safra	4ª Safra
Água + adubo	0,20 m	-	2785,2	395,4	1870
	0,40 m	-	5754,8	991,5	3460
	0,60 m	-	2188	1197,2	2496,7
Esgoto	0,20 m	-	3962,5	541,8	1986,7
	0,40 m	-	4370,5	912,0	3053,3
	0,60 m	-	3695	1007,6	2130

(-) dados não obtidos para a primeira safra.

CONCLUSÕES

De acordo com as condições adotadas neste experimento, e com as características do efluente de esgoto doméstico tratado em lagoa anaeróbia, pode-se concluir que:

- A irrigação com efluentes proporcionou produções de grãos compatíveis com as produções irrigadas com água e fertilizadas com adubos minerais;
- para as safras de inverno, maiores produtividades foram obtidas com a maior lâmina aplicada, e para as safras de verão, a lâmina 0,40 m foi a mais eficiente, tanto para as parcelas irrigadas com efluente quanto com água;
- a complementação com adubos minerais de alguns nutrientes de planta, nos tratamentos irrigados com efluentes poderiam maximizar a produção da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRADDOCK, D; DOWNS, P. Wasterwater irrigation – A strategy for increasing suga cane production. In International Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 24. Ed. D M Hogarth. pp. 171-173. Proceedings of the XXIV Congress. ISSCT, Bribane, Austrália, 2001.
2. EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GRENNBERG, A., E. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2000. 1082p.
3. MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reuso de Água. Barueri/SP. Manole, 2003.
4. RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.A.; FURLANI, A.A.M.C. Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC-Boletim Técnico 100), 285p, 1996.
5. VIEIRA, D.B. Curs Aprofitament Agrícola dels Recursos Hidrics de Les Conques. Solsona: Universitat de Lleida, 1999.