

Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Brasil

Azevedo, Márcia R. de Q. A.; König, Annemarie; Beltrão, Napoleão E. de M.; Azevedo, Carlos A. V.
de; Tavares, Tatiana de L.; Soares, Frederico A. L.

Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 2, núm. 1, enero-marzo, 2007, pp. 63-68

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119017336011>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias
v.2, n.1, p.63-68, jan.-mar., 2007
Recife, PE, UFRPE. www.agrariaufrpe.com
Protocolo 27 - 08/12/2006

Márcia R. de Q. A. Azevedo²

Annemarie König³

Napoleão E. de M. Beltrão⁴

Carlos A. V. de Azevedo⁵

Tatiana de L. Tavares³

Frederico A. L. Soares⁵

Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro¹

RESUMO

Esta pesquisa, realizada com o milho forrageiro híbrido AG 1051, na Estação de Tratamento de Esgotos de Campina Grande, PB, teve como objetivo analisar os efeitos residuais da água residuária e da adubação nitrogenada, aplicadas em cultivo de algodão herbáceo anteriormente realizado na área de estudo, sobre a produção do milho com palha, sem palha e em grãos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial [(2 x 5) + 2], com os fatores: dois tipos de água de irrigação (água de abastecimento e água residuária), cinco doses de nitrogênio (0, 60, 90, 120 e 180 kg N ha⁻¹ e adubação de fundação com P e K) e duas testemunhas (água de abastecimento e água residuária), com quatro repetições. Os resultados mostraram aumento linear na produção de milho, em função do aumento das doses de nitrogênio, tendo-se verificado incremento de 21,37% entre as doses de 0 a 60 kg de N ha⁻¹ e queda de 12,47% quando se aumentou a dose de 60 para 90 kg de N ha⁻¹, aumento de 7,07 e de 19,9% entre a aplicação da dose de 90 para 120 kg de N ha⁻¹ e de 120 para 180 kg de N ha⁻¹, respectivamente e, ainda, que a irrigação com água residuária promoveu incremento na produção de 144%, em relação à produção, alcançada com água de abastecimento.

Palavras-chave: reúso, nitrogênio, produtividade

Effect of irrigation with treated wastewater on production of forage corn

ABSTRACT

The research accomplished with the hybrid forage corn AG 1051, was conducted in the Sewer Treatment station of Campina Grande city, Paraíba state, Brazil. The objective was to analyze the residual effects of wastewater and of nitrogen manuring on production of corn with straw, without straw and in grains. The experimental design was in randomized blocks with factorial scheme (2 x 5 + 2), where the factors were: two types of irrigation water (water of municipal supply and treated wastewater), five doses of nitrogen (0, 60, 90, 120 and 180 kg N ha⁻¹ and basal manuring with P and K) and two controls (water of municipal supply and treated wastewater), with four replications. The results showed that there was linear increase in corn production as a function of the increase of nitrogen doses incorporated to the soil, having verified an increment of 21.37% between doses of 0 and 60 kg N, reduction of 12.47% when the dose increased from 60 to 90 kg of N, increase of the production of 7.07 and 19.9% among the application of the dose from 90 to 120 kg N and from 120 to 180 kg N, respectively; and further the irrigation with wastewater promoted an increment in the production of 144%, compared to the production obtained with municipal supply water.

Key words: reuse, nitrogen, productivity

² Rua Oscar Guedes de Moura 70, Bodocongó, CEP 58109-115, Campina Grande, PB. Fone: (83) 3333 3860, marciarqaa@ibest.com.br

³ Departamento de Engenharia Civil/UFCG, akonig@dec.ufcg.edu.br, tatianaltavares@yahoo.com.br

⁴ Embrapa Algodão, nbeltrão@cnpa.embrapa.br

⁵ Departamento de Engenharia Agrícola/UFCG, cazevedo@deag.ufcg.edu.br, fredeantonio1@yahoo.com.br

¹ Trabalho extraído da tese de Doutorado da primeira autora

INTRODUÇÃO

Apesar da descarga de esgoto bruto representar um problema ambiental ele possui, no entanto, características agromomicamente desejáveis, devido ao seu potencial como fertilizante, rico em nutrientes, sobretudo em nitrogênio, fósforo e potássio. De acordo com Hespanhol (2003), a irrigação com esgotos domésticos tratados reduz substancialmente, ou mesmo elimina, a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais. Além dos nutrientes (e dos micronutrientes, não disponíveis em fertilizantes sintéticos), a aplicação de esgotos tratados proporciona a adição de matéria orgânica, que age como condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água.

Em geral, as águas coletadas de esgotos sanitários contêm, em grande parte, os nutrientes necessários para o crescimento de plantas, sendo os de maior interesse agrônomo o fósforo, o nitrogênio, o potássio, o zinco, o boro e o enxofre, cujos teores, nessas águas, geralmente atendem, se não a toda mas pelo menos a uma boa parte das necessidades das plantas. Dentre esses nutrientes, o nitrogênio é considerado o mais importante e alguns cuidados são oportunos em relação a sua presença em águas de irrigação. Teores excessivos deste elemento na água, apesar de aumentarem a velocidade de crescimento vegetativo, podem retardar a maturação ou provocar colheitas de baixa qualidade.

Nas plantas forrageiras o excesso de nitratos na água de irrigação pode acarretar problemas para os animais que dela se alimentam; outro nutriente significativo na agricultura, é o fósforo, porém seus teores em águas coletadas de esgotos geralmente não atendem às necessidades das plantas exigindo, portanto, uma complementação. Por outro lado, um eventual excesso desse elemento na água de irrigação não traz nenhum prejuízo às plantas (Blum, 2003).

Estudos realizados por Feigin et al. (1981), sobre a absorção de nitrogênio em folhas de milho submetido a irrigação com águas residuárias domésticas tratadas em sistemas de lagoas de estabilização, evidenciaram que a absorção de nitrogênio não foi afetada pela qualidade da água de irrigação mas sua disponibilidade no efluente foi um pouco menor que a fertilização nitrogenada incorporada ao solo. Os referidos autores atribuíram este fato às perdas por volatilização uma vez que, mediante a irrigação com efluente, os nutrientes são deixados na superfície do solo.

Uma pequena capacidade fertilizadora da água residuária tratada (particularmente como fonte de nitrogênio) pode provocar deficiência nutricional e/ou reduzir a produtividade da cultura, particularmente no milho, cujo desenvolvimento da espiga depende, acima de tudo, do armazenamento adequado de nutrientes nas folhas e colmos, para, posteriormente serem translocados às espigas (Overman et al., 1995). Por outro lado e de acordo com Vasquez-Montiel et al. (1996), a literatura pertinente tem evidenciado que a irrigação com água residuária tratada tem aumentado a absorção de nitrogênio e fósforo pelas plantas de milho e, conseqüentemente, sua produtividade.

Overman (1981) observou que o aumento na taxa de aplicação de efluente aumentou o conteúdo de fósforo e potás-

sio no solo, assim como a produtividade do milho, mas ocasionou redução na quantidade de nitrogênio recuperado.

Em outro estudo realizado por Feigin et al. (1991), desta vez cultivando algodão, os pesquisadores submeteram a cultura a duas fontes distintas de adubação nitrogenada e verificaram que, enquanto a fertilização convencional de nitrogênio para a cultura variou de 120 a 180 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, a quantidade de nitrogênio adicionado via irrigação com efluente oriundo de tratamento secundário foi superior a 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹, e resultou em um aumento da concentração desse elemento nas folhas das plantas.

Em relação à quantidade de fósforo, adicionada ao solo pela irrigação com efluente de sistemas de tratamento de esgotos domésticos, normalmente não tem sido excessiva. De acordo com Johns & Mcconchie (1994), tem-se observado, na literatura, aumentos nos teores deste elemento em solos irrigados com efluente de esgoto, em sistemas agrícolas; para o potássio, entretanto, os resultados encontrados na literatura são divergentes. Stewart et al. (1990) verificaram redução no teor de K em profundidade do solo abaixo de 100 cm, quando o irrigaram com água residuária tratada, concluindo que a lixiviação de potássio está diretamente relacionada à CTC do solo.

Se o efluente for pobre em potássio e rico em sódio, para que sua disposição no solo seja sustentável, torna-se imprescindível uma complementação potássica para manter adequadas a absorção de nutrientes e a produtividade das culturas, sobretudo na cultura do milho. Mesmo que ocorra aumento no teor de K disponível mediante a disposição de águas residuárias ao solo, a quantidade deste nutriente exigida pelas plantas é tão elevada que dificilmente apenas a irrigação com efluente poderia suprir adequadamente as plantas (Feigin et al., 1991).

O milho é uma das forrageiras mais cultivadas na região semi-árida nordestina, espaço em que predomina a agricultura familiar. Face aos problemas sócioeconômicos e ambientais da região, os agricultores não dispõem de recursos para adubar o solo. A perspectiva da utilização de esgotos tratados como aporte contínuo de água e nutrientes, apresenta-se como excelente alternativa para o aumento da produção e conseqüente melhoria da qualidade de vida das populações locais. Foi com o propósito de verificar o real aumento da produção do milho, que se desenvolveu esta pesquisa.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), localizada no bairro da Catingueira, distante 10 km do centro de Campina Grande, PB, que se encontra na latitude 7° 13' 11" S e longitude 35° 52' 31" W e a uma altitude de 550 m do nível do mar. A cidade se situa no agreste paraibano, na microrregião do Planalto do Borborema; o clima é semi-árido, com precipitação pluvial anual média de cerca de 800 mm e uma estação seca que pode atingir de 8 a 10 meses; as temperaturas médias do ar são sempre maiores que 24 °C; os solos da região são classificados como Neossolos, Planos-

solos e Vertissolos (Carvalho, 1982) e a população urbana do município é de 360.000 habitantes (IBGE, 2003).

Na área destinada ao desenvolvimento desta pesquisa já foi realizado, por Ferreira (2003), experimento no qual se cultivou algodão herbáceo, cultivar BRS 187 8H, híbrido desenvolvido pela Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, o qual consistiu de 12 tratamentos, utilizando-se de delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições e esquema fatorial misto $[(2 \times 5) + 2]$, em que os fatores são dois tipos de água de irrigação (abastecimento e residuária), cinco doses de nitrogênio (0, 60, 90, 120 e 180 kg ha⁻¹) e duas testemunhas absolutas, uma com água de abastecimento e outra com água residuária. Aplicou-se, nos tratamentos originados do fatorial (2 x 5) um lastro de adubação de fundação de P₂O₅ e K₂O, cujas as fontes desses nutrientes foram o superfosfato triplo e o cloreto de potássio (KCl) e como fonte de adubação nitrogenada, o sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄.

O experimento da presente pesquisa consistiu no plantio de milho forrageiro (*Zea mays*. L) híbrido de ciclo precoce, cultivar AG 1051 submetido a irrigação com dois tipos de água: residuária tratada pela ETE de Campina Grande, e água de abastecimento proveniente do sistema de abastecimento de água da CAGEPA. A área de plantio media 1200 m² e distava 350 m das lagoas de estabilização, que foi a mesma utilizada para o experimento de Ferreira (2003) seguindo, inclusive, a mesma distribuição dos blocos e parcelas experimentais, ou seja, área subdividida em quatro blocos medindo 240 m² (5 x 48 m), com espaçamento entre eles de 1,5 m; cada bloco, contendo 12 parcelas de 20 m² (5 x 4 m), e estas com quatro linhas de plantio, medindo 5 m de comprimento e espaçadas 1 m entre si. Para a semeadura do milho foram feitas 20 covas, espaçadas 20 cm entre si, em cada linha de plantio, onde foram semeadas três sementes; fez-se, após 20 dias do plantio, o desbaste, resultando em apenas uma planta por cova, totalizando 80 plantas por parcela. A área útil compreendia as duas fileiras centrais da parcela (20 m²), totalizando 40 plantas.

O delineamento experimental desta pesquisa foi em blocos casualizados com esquema fatorial $[(2 \times 5) + 2]$, em que os fatores foram: 2 tipos de água, 5 doses de nitrogênio (0, 60, 90, 120 e 180 kg N ha⁻¹ e adubação de fundação com fósforo e potássio), aplicadas no experimento com algodão herbáceo, realizado anteriormente por Ferreira (2003), e duas testemunhas absolutas (água de abastecimento e água residuária). Os tratamentos foram os seguintes: Testemunhas absolutas T1 (água de abastecimento) e T2 (água residuária tratada); os demais tratamentos receberam, além das doses de nitrogênio, adubação de fundação com fósforo e potássio, os quais foram: T3 – Água de abastecimento e 0 kg N ha⁻¹; T4 – Água residuária e 0 kg N ha⁻¹; T5 – Água de abastecimento e 60 kg N ha⁻¹; T6 – Água residuária e 60 kg N ha⁻¹; T7 – Água de abastecimento e 90 kg N ha⁻¹; T8 – Água residuária e 90 kg N ha⁻¹; T9 – Água de abastecimento e 120 kg N ha⁻¹; T10 – Água residuária e 120 kg N ha⁻¹; T11 – Água de abastecimento e 180 kg N ha⁻¹ e T12 – Água residuária e 180 kg N ha⁻¹.

A ETE de Campina Grande se compõe, atualmente, de duas lagoas de estabilização em série com profundidades de 3,5 m; a princípio, elas foram projetadas para serem aeradas mecani-

camente, mas problemas operacionais nos aeradores fizeram com que eles fossem desativados. Para condução da água das fontes (lagoas de estabilização e canalização pública) até as parcelas experimentais, utilizou-se uma única tubulação. Era realizada, para tanto, a lavagem da tubulação, durante 10 min, com água de abastecimento após cada evento de irrigação com água residuária. As águas utilizadas para irrigação foram submetidas a análise físico-química todos os meses em que a cultura esteve em campo, para o que se fez uma média aritmética dos resultados obtidos durante este tempo.

A cultura recebeu, em sua fase inicial, uma lâmina d'água de 4,5 mm d⁻¹, e 6,5 mm d⁻¹ na fase de enchimento dos grãos. Durante todo o experimento, a cultura recebeu uma lâmina de água de 650 mm e nos dez primeiros dias, a cultura foi irrigada apenas com água de abastecimento, independentemente do tratamento; a partir do 11º dia, iniciou-se a irrigação diferenciada, com água de abastecimento e residuária tratada, de acordo com os tratamentos previamente determinados. A lâmina de água de irrigação, tanto para a residuária quanto para a de abastecimento, variou em função do estado de desenvolvimento da cultura sendo, entretanto, a mesma para os doze tratamentos.

A colheita do milho das parcelas úteis (duas fileiras centrais de cada parcela) foi realizada aos 101 dias após o plantio. O milho colhido foi acondicionado em sacos de pano, identificados com os números de cada parcela e conduzidos à Embrapa algodão para secagem.

Realizaram-se as análises de produção após a secagem do milho com palha em câmara de ar quente, a temperatura constante de 28 °C, durante doze dias; depois da recarga, os componentes de produção por parcela útil foram determinados mediante o número de espigas, as massas das espigas com palha e dos grãos de milho; enfim, as pesagens foram realizadas em balança, marca FILIZOLA, modelo BR com capacidade para 15 kg.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise estatística, utilizando-se os softwares ESTAT – Sistema de Análises Estatísticas, versão 2.0 – UNESP e o SISVAR - versão 4.6 (Build 6.0) - Universidade Federal de Lavras. Os testes utilizados foram o de Tukey e o F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 se encontram os resultados das análises de fertilidade do solo antes do plantio.

De acordo com os resultados da análise de fertilidade do solo, pode-se observar que o solo se apresentava com elevada concentração de potássio, e níveis baixos de fósforo, nitrogênio e sódio.

Os resultados das médias das análises físico-química das águas monitoradas durante os meses em que a cultura esteve em campo, encontram-se na Tabela 2, verificando-se que a quantidade de nitrogênio aplicada via água de abastecimento e residuária, na forma de nitrato, foi de 0,1 e 0,5 mg L⁻¹, respectivamente.

Comparando-se os resultados das análises das águas de irrigação (Tabela 2), verifica-se que os dois tipos de água

Tabela 1. Fertilidade do solo (0-20cm) da área experimental, por tratamento, antes da instalação do experimento**Table 1.** Soil fertility (0-20cm) of the experimental area, in each treatment, before the installation of the experiment

Tratamentos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
pH (H ₂ O)	6,9	6,8	6,9	6,6	6,2	5,9	6,4	6,1	6,2	5,6	5,0	5,8
P (mg dm ⁻³)	3,2	4,6	8,3	7,7	6,1	8,0	6,1	11,4	8,6	7,4	7,7	16,5
K (mmol dm ⁻³)	68,2	95,1	65,9	88,2	77,5	95,9	67,5	106,3	82,8	92,8	62,9	178,9
Na ⁺ (mmol c dm ⁻³)	0,4	1,1	0,4	0,9	0,4	0,7	0,5	0,7	0,6	0,8	0,4	0,9
Ca ⁺ (mmol c dm ⁻³)	34,8	31,3	35,3	31,3	30,3	34,5	30,5	27,8	34,3	35,8	30,0	30,0
Mg ⁺ (mmol c dm ⁻³)	29,0	23,0	25,8	21,3	21,3	23,8	24,3	21,0	25,0	22,3	19,3	20,5
CTC (mmol c dm ⁻³)	132,4	150,5	127,4	141,7	129,5	154,9	122,8	155,8	142,7	151,7	112,6	230,3
M.O. (g kg ⁻¹)	10,3	13,3	10,6	13,5	10,7	11,1	11,0	12,5	10,9	12,5	11,3	15,5
N (g kg ⁻¹)	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,8

Análises realizadas no Laboratório de Solos da UFPB, Areia, 2003

Tabela 2. Valores médios das variáveis físico-químicas das águas de abastecimento e residuária tratada utilizadas na irrigação da cultura do milho no período de março a junho de 2003**Table 2.** Mean values of the physiochemical variables of the water of municipal supply and treated wastewater used in the irrigation of corn crop during the period of March to June of 2003

Variáveis	Água de abastecimento	Água residuária
Temperatura da amostra (°C)	24,5	24,2
pH	7,5	7,1
Turbidez (NTU)	0	40
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	0,7	1,5
RAS (mmol L ⁻¹) ^{-1/2}	3,59	6,22
Cálcio (mg L ⁻¹)	35	35
Magnésio (mg L ⁻¹)	250	35,5
Cloretos (mg L ⁻¹)	263	258
Carbonato (mg L ⁻¹)	0	0
Bicarbonato (mg L ⁻¹)	140	509
OD (mg L ⁻¹)	8,1	0,2
DBOs (mg L ⁻¹)	7,5	48
DQO (mg L ⁻¹)	36	565
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	0	808
Sólidos totais fixos (mg L ⁻¹)	0	618
Sólidos totais voláteis (mg L ⁻¹)	0	191
Sólidos suspensos (mg L ⁻¹)	6	37
Sólidos suspensos fixos (mg L ⁻¹)	2	3
Sólidos suspensos voláteis (mg L ⁻¹)	4	34
Sódio (mg L ⁻¹)	114	220
Potássio (mg L ⁻¹)	18	33
Amônia (mg L ⁻¹)	1,3	48
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,1	0,5
Fósforo total (mg L ⁻¹)	2,5	6,5
Ortofosfato solúvel (mg L ⁻¹)	0,3	4

Análise realizadas no Laboratório de Saneamento, DEC - UFCG, 2003

apresentaram pH dentro da faixa considerada normal para águas de irrigação (6,5 a 8,4) recomendada por Ayers & Westcott (1999). A condutividade elétrica da água de abastecimento foi baixa (0,7 dS m⁻¹); já a água residuária apresentou 1,5 dS m⁻¹,

mais que o dobro, portanto, da encontrada na água de abastecimento, o que requer cuidados com sua utilização uma vez que pode acarretar diminuição da absorção de água pelas plantas. As concentrações de cálcio, magnésio e potássio encontradas na água residuária denotam potencial e significativa capacidade de economia com o uso desta água. O teor de sódio encontrado na água residuária foi 93% maior que na água de abastecimento, apontando cuidados para com o seu uso, haja vista ser classificada como C2 (salinidade média) com valores para Na⁺, em período de estiagem, variando de 52 a 225 mg L⁻¹ (Macedo & Menino, 1998). Na forma de amônia e nitrato foram superiores na água residuária, assim como o ortofosfato, denotando a qualidade do efluente como fertilizante.

Pelos resultados da ANOVA, as variáveis doses de nitrogênio e interação entre testemunha e fatorial foram significativas em nível de 5% para a espiga de milho com palha (PM), peso da espiga sem palha (PE) e peso dos grãos (PG). Ocorreu efeito em nível de 1% de probabilidade para as demais variáveis e PM, PE e PG. A interação dose de nitrogênio e tipo de água não exerceu efeito significativo sobre o peso, em nenhuma das formas em que foi avaliado (PM, PE e PG).

Nas Tabelas 3 e 4 se encontram os resultados das análises estatísticas para o peso da espiga de milho com palha (PM), peso da espiga sem palha (PE) e peso dos grãos (PG) das 40 plantas da área útil de cada parcela experimental.

Verificou-se pelos resultados da Tabela 3, que a água residuária contribuiu para que as espigas com ela irrigadas alcançassem peso maior que as irrigadas com água de abastecimento, fato concordante com o que dispõem Vasquez-Montiel et al. (1996), quando citam resultados de pesquisa realizada com milho submetido a irrigação com água residuária e de abastecimento, quando então se verificou que a irrigação com o efluente de esgoto tratado aumentou a absorção de nitrogênio e fósforo pelas plantas de milho e, conseqüentemente, a produtividade delas. Ainda referente aos resultados dispostos na Tabela 3, observou-se que as doses de 60, 90 e 120 kg N ha⁻¹ incorporadas ao solo não diferiram entre si sobre o efeito no peso das espigas de milho.

De acordo com a análise de regressão (Tabela 4), o modelo que melhor representou o efeito residual das doses de ni-

trogênio sobre o peso das espigas de milho com palha (Figura 1A), sem palha (Figura 1B) e peso dos grãos (Figura 1C), foi o linear, muito embora os coeficientes de determinação tenham sido baixos, em virtude da dose de 90 kg de N ha⁻¹ ter sido a que menos contribuiu para o incremento do peso do milho em relação às demais doses aplicadas, seguida da dose de 120 kg de N ha⁻¹, apesar desta dose ter dado maior contribuição para o aumento da produção que a de 90 kg de N ha⁻¹.

Tabela 3. Valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN), tipo de água (TA) e testemunhas (T) para as variáveis: peso das espigas de milho com palha (PM), peso das espigas de milho sem palha (PE) e peso dos grãos de milho (PG)

Table 3. Mean values of the factors dose of nitrogen (DN), type of water (TA) and controls (T) for the variables: weight of corn-cobs with straw (PM), weight of corn-cobs without straw (PE) and weight of corn grains (PG)

Causas de variação	PM (g)	PE (g)	PG (g)
Doses de Nitrogênio (DN)			
DN ₁ (0 kg ha ⁻¹)	4845,59 b	4090,59 b	3385,59 b
DN ₂ (60 kg ha ⁻¹)	5874,50 ab	4928,25 ab	4108,63 a
DN ₃ (90 kg ha ⁻¹)	5224,96 ab	4337,46 ab	3596,21 b
DN ₄ (120 kg ha ⁻¹)	5523,40 ab	4578,78 ab	3850,40 ab
DN ₅ (180 kg ha ⁻¹)	6444,03 a	5464,28 a	4616,78 a
DMS	1243,90	1166,12	976,96
Tipo de água (TA)			
TA ₁ (água de abastecimento)	4239,98 b	3500,13 b	2897,43 b
TA ₂ (água residuária)	6925,02 a	5859,62 a	4925,62 a
DMS	555,40	520,69	436,21
Testemunhas (T)			
T ₁ (água de abastecimento)	2929,28 b	2351,78 b	1926,78 b
T ₂ (água residuária)	6581,50 a	5549,00 a	4701,50 a
DMS	1241,91	1164,25	975,39

As médias seguidas de mesma letra para cada coluna e fator não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 4. Resumo das análises de regressão referentes às variáveis: peso das espigas de milho com palha (PM), peso das espigas de milho sem palha (PE) e peso dos grãos de milho (PG) adubado com diferentes doses de nitrogênio do cultivo anterior e irrigado com dois tipos de água

Table 4. Summary of the regression analysis, for the variables: weight of corn-cobs with straw (PM), weight of corn-cobs without straw (PE) and weight of corn grains (PG) fertilized with different doses of nitrogen of the previous cultivation and irrigated with two types of water

Causas de variância	GL	Quadrado médio		
		PM	PE	PG
Doses de Nitrogênio (DN)	4	1501855,23 ^{ns}	1151700,79 ^{ns}	915846,75 ^{ns}
Regressão Linear	1	3239374,14*	2299969,76*	1943972,19*
Regressão Quadrática	1	152841,70 ^{ns}	245933,27 ^{ns}	208205,24 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	2117173,16 ^{ns}	1718330,48 ^{ns}	1220646,38 ^{ns}
Desvio da Regressão	1	498031,92 ^{ns}	342569,64 ^{ns}	290563,19 ^{ns}
Resíduo	12	485529,78	414527,08	290368,79

* Significativo em nível de 5% de probabilidade

** significativo em nível de 1% de probabilidade

^{ns} não significativo pelo teste F

Tabela 5. Peso dos grãos de milho, por tratamento, sob efeito residual da adubação nitrogenada do experimento anterior e irrigação com dois tipos de água

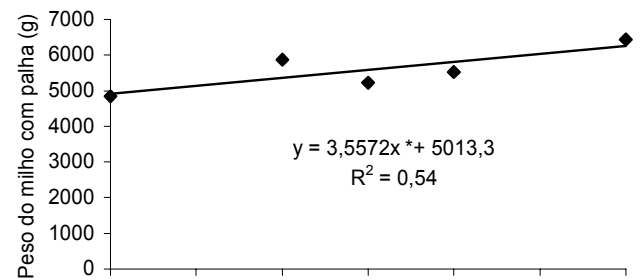
Table 5. Weight of corn grains, per treatment, under residual effect of the nitrogen manuring of previous experiment and irrigation with two types of water

Tratamentos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Doses de N (kg ha ⁻¹)	0	0	0	0	60	60	90	90	120	120	180	180
Tipos de água	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
Peso (kg)	7,71	18,8	9,06	18,02	12,57	20,29	9,8	19,02	10,41	20,39	16,14	20,79

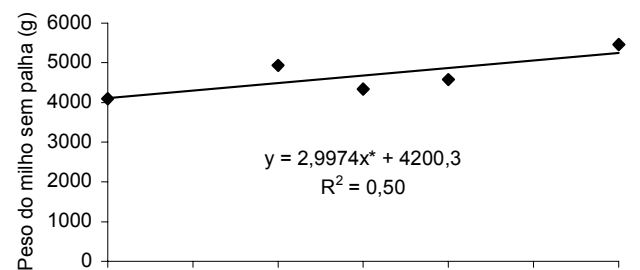
A1 - água de abastecimento; A2 - água residuária

Os resultados dos valores médios dos fatores doses de nitrogênio (DN) e tipo de água (TA), evidenciam a superioridade da irrigação com água residuária tratada sobre a água de abastecimento no peso dos grãos de milho; isto pode ser melhor observado através dos valores das médias entre as quatro repetições de cada tratamento (Tabela 5).

A.



B.



D.

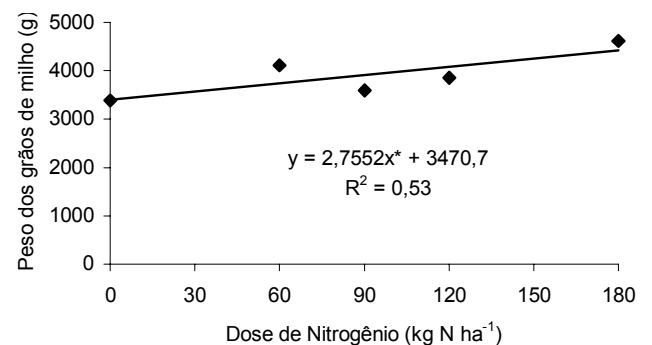


Figura 1. Relação entre as doses de nitrogênio e o peso das espigas de milho com palha (A) e sem palha (B), e peso dos grãos de milho (C)

Figure 1. Relationship between the dose of nitrogen and the weight of corn-cobs with straw (A) and without straw (B), and weight of corn grains (C)

De acordo com os resultados da Tabela 5, observa-se que, com o uso da água residuária tratada na irrigação, foi possível obter produtividade satisfatória para o milho forrageiro, chegando-se a 117,318 kg por 40 m² (29,33 t ha⁻¹); já com a utilização da água de abastecimento, a produtividade máxima foi de 65,653 kg por 40 m² (16,41 t ha⁻¹). Comparando-se apenas as testemunhas (T1 e T2) entre si, nota-se que a água residuária promoveu um incremento de 144% na produção de grãos. No tratamento T2 (água residuária e 0 kg N ha⁻¹), a produção foi superior à do tratamento T4 (água residuária, 0 kg N ha⁻¹ e adubação de fundação); consta-se ainda, que a produção aumentou em função do aumento das doses de nitrogênio, à exceção da dose de 90 kg N ha⁻¹, que apresentou produção inferior quando comparada à apresentada pela aplicação da dose de 60 kg N ha⁻¹. A água residuária tratada pode substituir a adubação nitrogenada em até 60 kg N ha⁻¹ para a cultura do milho forrageiro sob condições de clima semi-árido e solos do tipo solonetz com classificação textural franco-argilo-arenoso.

CONCLUSÕES

1. A produção do milho com e sem palha e dos grãos, aumentou linearmente em função das doses de nitrogênio residual no solo, que foram aplicadas nos tratamentos do cultivo anterior, tendo-se verificado um incremento de 21,37% entre as doses de 0 a 60 kg de N, queda de 12,47% quando se aumentou a dose de 60 para 90 kg de N, aumento da produção de 7,07 e de 19,9% entre a aplicação da dose de 90 para 120 kg de N e de 120 para 180 kg de N, respectivamente.
2. Para a produção do milho com palha (PM) e sem palha (PE), o resíduo disponível no solo pela disposição de 60 kg N ha⁻¹ exerceu o mesmo efeito que se obteve quando se adubou o solo com doses de 90 e 120 kg N ha⁻¹.
3. O efeito residual das doses de 60, 90 e 120 kg N ha⁻¹ sobre a produção do milho com palha (PM) e sem palha (PE), foi o mesmo.
4. A irrigação apenas com água residuária promoveu um incremento da produtividade de 144% em relação à produção alcançada quando se utilizou somente a água de abastecimento.

LITERATURA CITADA

- Ayers, R.S.; Westcot, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J.F.; Damasceno, F.A.V. Campina Grande. UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO – Irrigação e Drenagem, 29).
- Blum, J.R.C. Critérios e Padrões de Qualidade de Água. In: Mancuso P.C.S.; Santos H.F. dos (eds.). Reuso de Água. São Paulo: Manole, 2003. cap.5, p.125-174.
- Carvalho, M.G.R.F. de. Estado da Paraíba: Classificação Geomorfológica. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1982. 72p.
- Feigin, A.; Feigenbaum, S.; Limoni, H. Utilization efficiency of nitrogen from sewage effluent and fertilizer applied to corn plants growing in a clay soil. *Journal of Environmental Quality*, v.10, n.3, p.284-287, 1981.
- Feigin, A.; Ravina, I.; Shalhevet, J. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 233p.
- Ferreira, O.E. Água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada: Efeitos na cultura do algodão herbáceo e meio edáfico. Campina Grande: UFCG, 2003. 75p. Dissertação de Mestrado
- Hespanhol, I. Potencial de reuso no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: Mancuso, P.C.S.; Santos, H.F. dos (ed.). Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003. cap.3, p.37-96.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.
- Johns, G.G.; McConchie, D.M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent II. Effect of plant nutrients, additional elements and pesticide residue in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.45, p.1619-1638, 1994.
- Macêdo, L. de S.; Menino, I. B. Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.2, n.1, p.47-51, 1998.
- Overman, A.R. Irrigation of corn with municipal effluent. *Transaction of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, v.24, n.1, p.74-80, 1981.
- Overman, A.R.; Wilson, D.M.; Vidak, W.; Allhands, M.N.; Perry JR, T.C. Model for partitioning of dry matter and nutrients in corn. *Journal of Plant Nutrition*, v.18, n.5, p.959-968, 1995.
- Stewart, H.T.L.; Hopmans, P.; Flinn, D.W. Nutrient accumulation in trees and soil following irrigation with municipal effluent in Australia. *Environmental Pollution*, v.63, n.2, p.155-177, 1990.
- Vasquez-Montiel, O.; Horan, N.J.; Mara, D.D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. *Water Science and Technology*, v.33, n.10-11, p.355-362, 1996.