

Avaliação das modificações nas propriedades de um solo pelo uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do coqueiro

Igor Ramos Alves
igor@rmsengenharia.com.br

Suetônio Mota
suetonio@ufc.br

André Bezerra dos Santos
andre23@ufc.br

Resumo

Este trabalho teve como objetivo estudar os impactos da irrigação com esgoto sanitário tratado sobre um solo plantado com coqueiros. O estudo foi desenvolvido em um terreno particular cujo proprietário utiliza o efluente de lagoas de estabilização na irrigação de coqueiros por aproximadamente 20 (vinte) anos. As amostras do solo irrigado foram comparadas com amostras testemunhas. O efluente foi analisado por meio dos parâmetros: pH, cloreto, cálcio, magnésio, condutividade elétrica e relação de adsorção de sódio. Já o solo, mediante: pH, cálcio, magnésio, condutividade elétrica e percentual de sódio trocável. No geral, o efluente foi classificado de ligeiro a moderado quanto ao grau de restrição de uso na irrigação. Com relação ao solo, todos os parâmetros físico-químicos indicaram uma elevação devido à irrigação com o efluente, quando comparado ao solo testemunho, porém não atingindo níveis preocupantes. Assim, o impacto em longo prazo no solo, devido ao uso de esgoto doméstico tratado, não foi significativo, e parece não comprometer a cultura do coco.

Palavras-chave: *Reúso de águas. Irrigação. Efeitos no solo.*

Abstract

This research aimed to study the possible impacts on soil due to the irrigation of coconut trees with treated wastewater. The study was conducted in a private area, in which the owner has irrigated the area with treated wastewater from a stabilization ponds system for more than 20 years. Samples of soil and irrigation water were collected. The effluent results were analyzed by the physical-chemical parameters: pH, chloride, calcium, magnesium, electrical conductivity and sodium adsorption ratio. The soil was analyzed by the parameters: pH, calcium, magnesium and exchangeable sodium percentage. The effluent was classified, in general, according to the restriction degree on irrigation, from slight to moderate. Related to the soil, all physical-chemical properties presented an increase due to the irrigation with wastewater, but they did not reach critic values to the crops. Therefore, the long-term impact on soil because of irrigation with treated wastewater was not evident, as well as the effect of the irrigation water seems not to compromise the coconut crop

Keywords: *Water reuse. Irrigation. Soil effects.*

1 Introdução

O reúso de águas constitui uma prática antiga em alguns países (por exemplo, USA, Canadá, Israel, Austrália, México e regiões secas da África e Ásia) e se difunde, em todo o mundo, cada vez mais com o passar do tempo. Dentre os diversos fins para os quais o reúso pode ser direcionado, destaca-se a irrigação, devido ao grande volume de água demandado. Em muitos lugares do mundo, usam-se águas de qualidade inferior para a irrigação, pois, freqüentemente, constituem a única fonte disponível e, mesmo que os rendimentos obtidos não sejam os máximos, representam retornos econômicos importantes. Na medida em que aumenta a concorrência (e em muitos casos chegando ao conflito) entre diferentes usos de água, muitos projetos de irrigação terão que considerar a reutilização da água para fins agrícolas (Ayers & Westcot, 1991). Em Israel, um dos países que lideram a prática de reúso, é esperado que, no ano de 2040, 70% da demanda de água para fins agrícolas serão procedente de reúso de esgotos domésticos (Haruvy, 1997).

É sabida a grande importância do reúso agrícola, pelos seus benefícios no suprimento de água, na minimização da poluição dos recursos hídricos, no aproveitamento de nutrientes para as culturas, na melhor utilização da água disponível para outros fins. Entretanto, também são conhecidas suas limitações, como a presença excessiva de nitrogênio, que pode comprometer culturas pouco tolerantes; os elevados teores de sais dissolvidos, que podem provocar a salinização do solo; a presença de íons específicos, que podem ser tóxicos a algumas culturas; e também os riscos à saúde do trabalhador e usuários dos produtos irrigados, devido à contaminação com microrganismos patogênicos presentes nos esgotos (Bastos, 2003).

É importante atentar para a questão dos riscos de salinização dos solos devido aos altos teores de sais normalmente existentes no esgoto doméstico tratado. Os solos irrigados com esse tipo de água (esgoto) passam a conter mistura de sais similares, mas, geralmente, com concentrações mais elevadas. A intensidade da acumulação de sais no solo depende, principalmente, da qualidade da água, do manejo de irrigação e da eficiência de drenagem. Tal acúmulo pode reduzir a disponibilidade de água para a cultura, devido, principalmente, à alteração do potencial osmótico, incapacitando as culturas de retirarem água suficiente através das raízes. Particularmente, a presença excessiva de sódio pode ocasionar diminuição da velocidade de infiltração da água através do solo, dificultando sua chegada à zona das raízes. Se a extração de água pelas raízes reduz-se muito, as plantas diminuem seu crescimento e chegam a apresentar sintomas tais como murchamento. Estes sintomas variam com os estados fenológicos das culturas, sendo mais notáveis durante as primeiras etapas do crescimento (Ayers & Westcot, 1991).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto, em longo prazo, do uso de esgoto doméstico tratado proveniente de um sistema de lagoas de estabilização sobre as propriedades de um solo utilizado para a plantação de coqueiros.

2 Metodologia

Localização

A pesquisa desenvolveu-se em uma área próxima à Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do bairro Conjunto Ceará, na zona oeste do município de Fortaleza, Ceará, Brasil, já no limite com o município de Caucaia. Fortaleza possui clima tropical quente e seco, com chuvas de verão e precipitação média anual de 1.338 mm. A umidade relativa do ar é em torno de 78% (IPLANCE, 2003). A Tabela 1 apresenta a distribuição mensal das precipitações no ano de 2004, ano em que foi realizada a fase de campo do estudo.

Tabela 1: Precipitação pluviométrica mensal (mm) no ano de 2004, medida no posto pluviométrico do Pici, Fortaleza, CE.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
319,6	207,7	458,9	181,7	67,0	277,9	54,4	11,2	15,3	1,5	0,2	5,2

Fonte: FUNCEME (2005).

O estudo foi desenvolvido em um terreno particular vizinho à referida ETE da CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) no Conjunto Ceará, constituída de três lagoas facultativas primárias e paralelas. O proprietário da área de estudo utiliza o efluente das lagoas facultativas para irrigação de coqueiros, em cerca de 2,0 hectares, há mais de 20 anos. No trecho entre a saída das lagoas e a disposição final, parte do efluente é desviada para tal fim por meio de uma tubulação de PVC perfurada, que interliga as caixas de saída das lagoas, sendo liberado no solo e formando um grande alagado que funciona como um reservatório (Figura 1). Do suposto reservatório, o efluente é distribuído por gravidade na área de plantio, por meio de diversos canais interligados. Os coqueiros são rodeados pelos canais, simulando a irrigação por sulcos. No final do terreno, menor cota dos canais, o esgoto é lançado no mesmo corpo receptor da ETE.

Coleta das amostras

Foram coletadas seis amostras de esgoto tratado em diferentes locais dos canais de irrigação, conforme mostrado na Figura 1. A amostra 1 foi coletada na entrada do terreno; a amostra 6 foi retirada no canal de saída do terreno, de onde o esgoto segue para o corpo receptor; as amostras 2, 3, 4 e 5 foram coletadas em pontos intermediários.

Para a coleta de amostras de solo, definiram-se cinco pontos espaçados e em diferentes locais da área. Os pontos, chamados de A, B, C, D e E, situavam-se próximos aos coqueiros, em um raio aproximado de 70 cm do tronco. De cada

ponto foram retiradas duas amostras: uma entre as profundidades de 0 a 30 cm e outra entre as profundidades de 30 a 60 cm, totalizando dez amostras.

Para fins de comparação, como um solo testemunha, selecionou-se uma pequena área afastada da influência dos canais onde não havia coqueiros plantados, devido à existência de uma linha de transmissão de energia. Foram escolhidos três pontos nessa área (Tst1, Tst2 e Tst3), onde foram feitas amostragens nas mesmas profundidades descritas anteriormente (0–30 cm e 30–60 cm).

As amostras, tanto de esgoto como de solos, foram coletadas no período de julho a setembro de 2004. Observando a Tabela 1, nota-se que as amostras foram coletadas durante e imediatamente após um longo período de chuvas intensas.

Análises laboratoriais e tratamento dos dados

As análises das amostras de solos e da água de irrigação coletadas nos canais foram realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, de acordo com a metodologia estabelecida no Manual de Métodos de Análises de Solo da EMBRAPA.

Os parâmetros analisados foram definidos considerando sua importância na avaliação dos impactos da presença de sais, tanto no solo como na cultura do coco. Na água de irrigação, foram analisados: pH, cálcio, magnésio, cloreto, condutividade elétrica e razão de adsorção de sódio. Para as amostras de solo, foram selecionados cinco parâmetros: pH, cálcio, magnésio, condutividade elétrica (CE) e percentual de sódio trocável (PST). Os resultados foram sistematizados em termos de média, desvio padrão e coeficiente de variação.

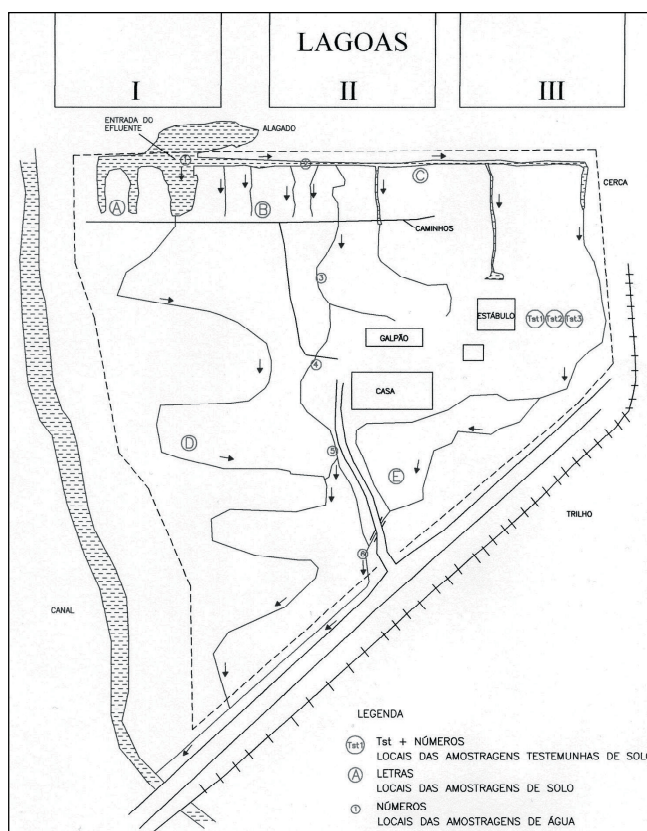


Figura 1: Croqui de localização dos pontos de coleta de amostras de água e solo. Bairro Conjunto Ceará, Fortaleza, CE.

Os resultados obtidos para os oito locais amostrados foram comparados pontualmente, e, também, por meio das médias e desvios padrões, e suas relações.

O estudo de possíveis alterações no solo devido à irrigação com esgoto tratado foi realizado usando relações entre média e desvio padrão das amostras testemunhas com os valores obtidos para as amostras do solo irrigado, como explicado a seguir.

Primeiramente, foram calculados as médias e os desvios padrões das amostras de solo, constando de três testemunhas (Tst1, Tst2, Tst3) e cinco sob influência do esgoto tratado (A, B, C, D, E), nas duas camadas analisadas (0-30 e 30-60 cm). Então, para cada camada foram identificados:

- Parâmetro estudado = X
- Série 1: área testemunha
- Média = $\overline{X_1}$
- Desvio Padrão = S_1
- Série 2: área irrigada com efluente.
- Média = $\overline{X_2}$
- Desvio Padrão = S_2

Utilizando a fórmula (1):

$$K^{(i)} = \frac{X_2^{(i)} - \overline{X_1}}{S_1} ; i = A, B, C, D, E \text{ (locais);} \quad (1)$$

Chega-se a cinco valores de K, que, finalmente, são usados na plotagem de um gráfico “K” versus “i” com a finalidade de melhor visualização dos resultados.

O valor de “K”, chamado fator de desvio, expressa quanto o valor do parâmetro encontrado para a amostra de solo irrigado (X_2) se afasta da média testemunha em números de desvios padrões. Quanto mais distante de zero, o fator de desvio vai tornando-se indicativo de alterações sofridas pelo solo; enquanto que fatores de desvio pequenos (próximos de zero) não representam diferenças consistentes entre o solo irrigado e o solo testemunha. Portanto, parâmetros com valores pequenos de K (dentro do intervalo de -1,0 a 1,0) e sem tendência para um dos quadrantes do gráfico, seja ele positivo ou negativo, não possuem indícios de que houve alteração devido à irrigação com esgoto tratado.

3 Resultados e discussão

Água de irrigação

A Tabela 2 mostra os resultados das análises do esgoto doméstico tratado utilizado na irrigação dos coqueiros. Como se pode perceber, o efluente não sofreu maiores alterações ao longo dos canais, possuindo características bem similares em toda a área amostrada, o que é comprovado pelos baixos coeficientes de variação (CV). Por conseguinte, os valores das médias de cada parâmetro podem ser considerados bem representativos e, portanto, utilizados para efeito de análise.

Observando a Tabela 3, nota-se que todas as médias encontram-se dentro do intervalo considerado normal em águas de irrigação. O efluente, então, não apresentou nenhum valor que o diferísse de uma água de irrigação classificada como normal.

Tabela 2: Características da água de irrigação (efluente de lagoa de estabilização) nos seis pontos de coleta de amostras, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), Fortaleza, Ceará, 2004.

Amostras	(mmol/L)			CE (dS/m)	RAS	pH
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻			
A1	1,8	2,0	4,2			
A2	1,8	2,1	4,2	0,8	2,8	7,2
A3	1,8	2,0	4,2	0,8	2,8	7,3
A4	2,0	1,9	4,4	0,8	2,7	7,4
A5	2,2	1,9	4,6	0,8	2,7	7,4
A6	2,2	1,9	4,4	0,8	2,7	7,3
Média	2,0	2,0	4,3	0,8	2,7	7,4
Desv.P.	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1
CV	10%	4%	4%	1%	2%	1%

Tabela 3: Valores normais dos principais parâmetros a serem analisados em água de irrigação.

Parâmetros	Símbolo	Unidade*	Valores normais em água de irrigação
Condutividade Elétrica	CEa	dS/m	0 – 3
Cálcio	Ca ²⁺	mmol/L	0 – 20
Magnésio	Mg ²⁺	mmol/L	0 – 5
Sódio	Na ⁺	mmol/L	0 – 40
Carbonatos	CO ₃ ²⁻	mmol/L	0 – 0,1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	mmol/L	0 – 10
Cloretos	Cl ⁻	mmol/L	0 – 30
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mmol/L	0 – 20
Reação	pH	-	6,0 – 8,5
Relação de Adsorção de Sódio	RAS	-	0 - 15

* dS/m = deciSiemens/metro em unidades SI (1mmho/cm = 1dS/m)

meq/L = miliequivalente/litro (meq/L = mg/L : peso equivalente). Em unidades SI, 1 meq/L = 1 milimol/litro corrigido segundo a carga eletrônica, 1 meq/L = 1 mmol/L

Fonte: Adaptado de Ayers e Westcot (1991).

Os resultados (Tabela 2) mostram que a proporção Ca/Mg apresentou um valor médio igual à unidade. E, ainda que não esteja definitivamente comprovado, pode-se inferir que as águas de irrigação com excesso de magnésio (Ca/Mg < 1) produzem sintomas de deficiência nas plantas, caso não haja no solo suficiente cálcio para contrabalançar seus efeitos (Ayers & Westcot, 1991). Entretanto, é importante notar que os potenciais efeitos da relação Ca/Mg devem ser avaliados em conjunto com os teores de Na, avaliação esta, aliás, já embutida no parâmetro RAS. A interpretação mais precisa do problema, resumidamente, seria explanada no sentido de que o efeito do excesso de Na é potencializado quando a relação Ca/Mg é menor que a unidade, porque o excesso de Mg-trocável no solo pode induzir à deficiência de Ca (Ayers & Westcot, 1991).

De acordo com Mancuso e Santos (2003), são poucas as culturas prejudicadas por níveis de cloreto equivalentes aos encontrados no efluente utilizado na irrigação dos coqueiros (4,3 mmol/L). Portanto, provavelmente, a presença do cloreto na água de irrigação não causará sérios problemas na cultura e nem no solo. Esse tipo de água somente seria prejudicial se a cultura a ser utilizada fosse muito sensível a esse elemento.

Considerando os valores de CE e RAS encontrados, 0,8 dS/m e 2,7, respectivamente, a água de irrigação foi classificada como de restrição ligeira a moderada para uso na irrigação com relação ao perigo de salinização do solo, e, como de uso irrestrito para a capacidade de provocar problemas de infiltração de água no solo e toxicidade específica para as culturas.

Portanto, a irrigação com o efluente pode ser perfeitamente realizada desde que seja possível um controle da acumulação de sais no solo, por meio da lixiviação. No caso do estudo especificamente, desconfia-se que tal nível de salinidade pode ser desprezível em virtude da boa tolerância do coqueiro aos sais e a lixiviação natural realizada pela chuva em alguns meses do ano (Ferreira, 2002), além de o solo ser protegido em vários locais por densa cobertura vegetal e grande área de sombras formadas pelos coqueiros, contribuindo para uma diminuição da evaporação.

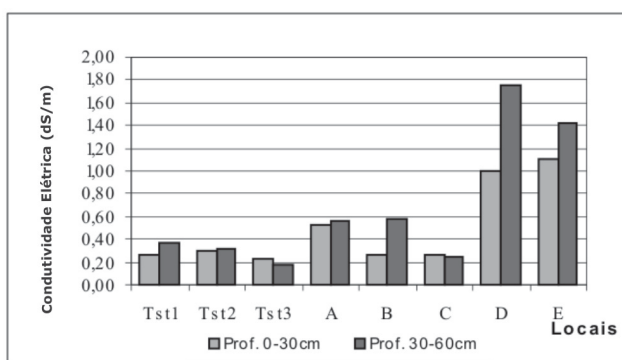
Solo

Com relação às amostras de solo, a Tabela 4 e a Figura 2 mostram os valores dos parâmetros físico-químicos pH, cálcio, magnésio, condutividade elétrica (CE) e percentual de sódio trocável (PST), obtidos nas análises de solo.

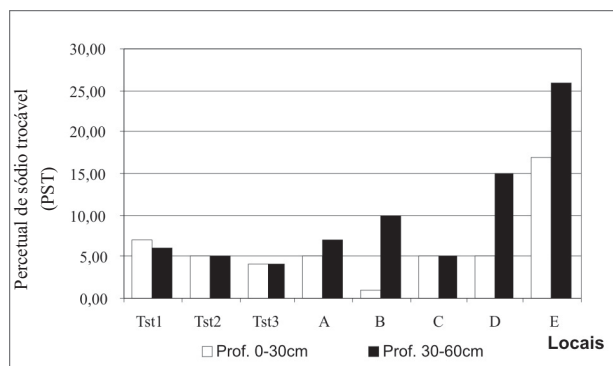
Tabela 4: Características das amostras de solo testemunha e de solo irrigado com esgoto, média e coeficiente de variação (CV), Fortaleza, Ceará, 2004.

Local		Profundidade (cm)	Parâmetro				
			pH	CE ⁽¹⁾ dS/m	Ca ²⁺ cmol/kg	Mg ²⁺	PST ⁽¹⁾
Testemunha	Média	0-30	5,6	0,3	2,0	1,0	5,3
		30-60	5,6	0,3	1,7	1,1	5,0
Irigado	CV	0-30	6%	13%	37%	22%	29%
		30-60	4%	36%	19%	10%	20%
	Média	0-30	5,8	0,6	5,2	2,3	6,6
		30-60	6,7	0,9	5,1	2,0	12,6
	CV	0-30	10%	63%	42%	52%	92%
		30-60	5%	70%	65%	46%	67%

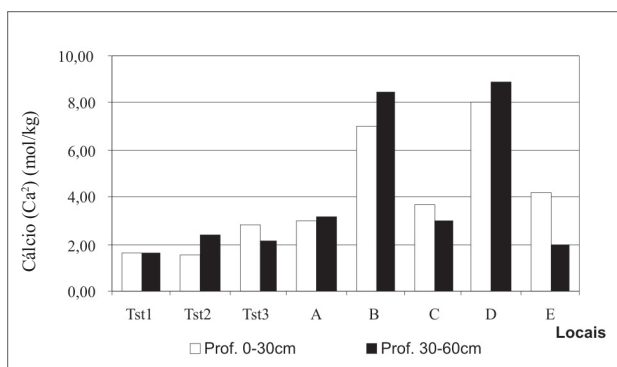
(1) CE: Condutividade Elétrica, PST: Percentual de Sódio Trocável.



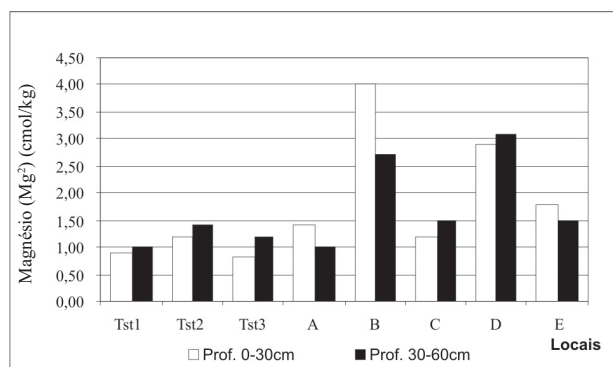
a)



b)



c)



d)

Figura 2: Valores de cálcio (a), magnésio (b), CE (c) e PST (d) do solo nos locais não influenciados pelo esgoto (Tst1, Tst2 e Tst3) e nos locais influenciados pelo esgoto (A, B, C, D e E). Fortaleza, Ceará, 2004.

Já a Figura 3 mostra as representações de “K” versus “i” dos parâmetros CE e PST para os dois horizontes do solo estudado. Observa-se que, como explicado na metodologia, “K” é o fator de desvio que expressa quanto o valor do parâmetro encontrado para a amostra de solo irrigado se afasta da média testemunha em números de desvios padrões, e “i” indica o local (A, B, C, D, E) onde foi coletada a amostra.

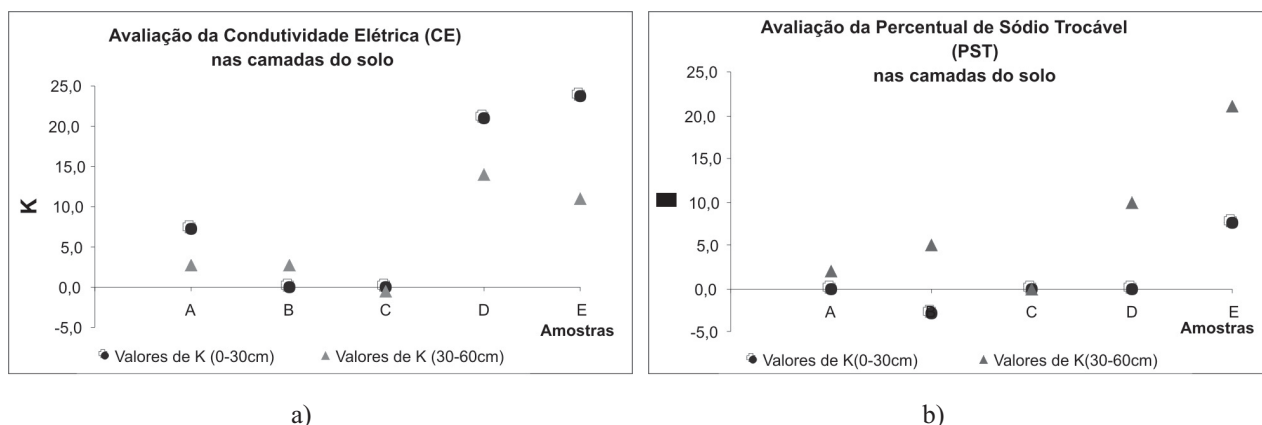


Figura 3: Representação dos valores de K (fator de desvio) da CE (a) e do PST (b) das amostras dos locais A, B, C, D e E dos horizontes 0-30 e 30-60 cm. Fortaleza, Ceará, 2004.

Na Figura 3 (a), observando os valores da camada (0-30 cm), constata-se que os locais B e C apresentaram K com valores indicativos de que não foram afetados, enquanto os demais apresentaram valores bastante elevados, principalmente os locais D e E. Portanto, apesar de os locais B e C não possuírem indícios de alteração, os resultados mostram que a camada mais superficial do solo foi normalmente afetada pela irrigação, ocorrendo um acréscimo da CE, pois os outros valores de K foram bem altos (elevando a média dos fatores para 10,4), além de haver uma tendência dos pontos ao quadrante positivo do gráfico. Na camada mais profunda, apesar de o local C ter apresentado valor de K negativo e próximo de zero, constata-se uma tendência ao quadrante positivo, e valores de K acima de 2,0, dos demais pontos. Por estas razões, o gráfico demonstra que tal camada (30-60 cm) do solo também foi afetada pela irrigação, ocorrendo um aumento da CE.

Com relação ao PST, Figura 3 (b), os valores da camada (0-30 cm) não mostram uma tendência clara a um dos quadrantes, além de o K médio situar-se dentro do intervalo de $-1,0$ a $1,0$. Por isso, apesar de o valor de K no local E ter sido elevado (7,6), foi considerado que, conjuntamente, as observações dos níveis de PST na camada (0-30 cm) do solo não permitem afirmar que houve alteração no solo devido à irrigação. Na outra camada, nota-se que o valor de K no local C não indica alteração, porém os outros pontos mostram claramente uma tendência positiva. Adicionalmente, os valores de K apresentam-se bem altos, principalmente no local E ($K = 21,0$); conseqüentemente, conclui-se que a camada 30-60 cm do solo sofreu um acréscimo no PST devido à irrigação com esgoto tratado.

Na Tabela 5, encontram-se as conclusões do estudo estatístico dos fatores de desvio para os demais parâmetros. De acordo com o estudo, praticamente todos os parâmetros apresentaram indicativo de aumento nas duas camadas, excetuando-se o pH e o PST na camada mais superficial.

Tabela 5: Resultados do estudo da ocorrência de alterações no solo devido à irrigação com esgoto tratado a partir dos valores dos fatores de desvio (K) dos parâmetros.

Parâmetro	Profundidade	
	0-30 cm	30-60 cm
pH	Incerteza de alterações	Indicativo de aumento
Cálcio	Indicativo de aumento	Indicativo de aumento
Magnésio	Indicativo de aumento	Indicativo de aumento
CE	Indicativo de aumento	Indicativo de aumento
PST	Incerteza de alterações	Indicativo de aumento

Observando as Tabela 4 e 5, percebe-se que a irrigação com esgoto tratado proporcionou um aumento no valor do pH na camada mais profunda (30-60 cm) e que não foi constatada alteração na outra camada do solo (0-30 cm). E que os valores de pH encontrados no solo irrigado encontram-se próximos dos valores ideais para cultivo, segundo Bastos (2003) e Fernandes (1993).

Para as concentrações do parâmetro cálcio, foram observados aumentos em torno de 2,6 e 3,0 vezes para as camadas de 0-30 cm e 30-60 cm, respectivamente, quando comparados com os valores obtidos para o solo original (Tabela 4).

Obteve-se, já nas amostras testemunhas, uma alta concentração do parâmetro magnésio, a qual foi aumentada em 2,3 e 1,8 vez, para as camadas de 0-30 cm e 30-60 cm, respectivamente, devido ao uso de esgoto no cultivo do coqueiro. De acordo com Fernandes (1993), quando os teores de cálcio e magnésio somam valores inferiores a 3,0 cmol_c/Kg, no caso de cultivos irrigados, é recomendado realizar a calagem do solo. A calagem nada mais é que a adição de cálcio e/ou magnésio por meio de produtos misturados ao solo. Somando-se as concentrações de cálcio e magnésio, pode-se notar que todas as amostras do solo irrigado resultam em um número superior a 3,0 cmol_c/Kg; contudo, é importante notar que, em alguns locais do solo testemunha, as concentrações de cálcio e magnésio são insuficientes (soma menor que 3,0 cmol_c/Kg). Portanto, a irrigação com o efluente corrigiu a deficiência.

No solo original (amostras testemunhas), foram obtidos valores de CE abaixo de 0,4 dS/m, com médias de 0,3 dS/m para as duas profundidades (Tabela 4). Nas áreas onde o solo foi irrigado com esgoto, os valores de CE apresentaram-se mais elevados, principalmente nos locais D e E (Figura 2 (c)). Verifica-se também que a acumulação dos sais aumentou com a profundidade e em poucos locais apresentou-se mais superficialmente. Entretanto, os aumentos de salinidade não atingiram níveis preocupantes para a cultura do coco. O maior valor de condutividade elétrica encontrado (1,8 dS/m) pode ser usualmente considerado negligenciável à resposta da maioria das culturas (Cunha 2003). Porém, Bastos (2003) registra que algumas culturas mais sensíveis podem ser afetadas por valores de salinidade entre 1,3 e 2,0 dS/m, com a conseqüente diminuição dos seus rendimentos. Entretanto, é importante salientar que, em geral, admite-se como aceitável uma queda de rendimento de até 10%. Portanto, o aumento da salinidade do solo causado pela irrigação com esgoto doméstico tratado não parece ser um real empecilho para o reúso em irrigação, mesmo no uso de culturas sensíveis, contanto que seja realizado um correto manejo da água de irrigação.

Com relação a PST, os valores situaram-se entre o mínimo de quatro e o máximo de sete para o solo original, com médias de 5,3 (0-30 cm) e 5,0 (30-60 cm). Em concordância com a maioria dos parâmetros analisados, os valores de PST apresentaram-se mais elevados nos locais onde o solo foi irrigado com esgoto, principalmente nos locais D e E (Figura 2 (d)). Foi encontrado excesso de sódio em alguns locais amostrados, podendo desencadear problemas de infiltração no solo e toxicidade para as culturas. Isto pode ter ocorrido pelo fato de o efluente possuir relação Ca/Mg igual ou inferior à unidade. É assumido que os efeitos potenciais do sódio são ligeiramente maiores quando a proporção Ca/Mg na água de irrigação é menor que a unidade. Assim, um determinado valor de RAS é ligeiramente mais perigoso quando a proporção Ca/Mg é menor que a unidade, além de que quanto mais baixa for esta proporção maior será o perigo do efeito da RAS. Além do mais, as pesquisas mostram que, com determinado valor de RAS da água de irrigação, obter-se-ão valores de PST (Percentual de Sódio Trocável) no solo além do normal, quando a proporção Ca/Mg da água aplicada é menor que a unidade (Ayers e Westcot, 1991; Bastos 2003). Por exemplo, os níveis de PST (sódio) apresentaram-se elevados no local E, num patamar que causaria toxicidade, não somente em culturas sensíveis ao sódio, mas também em algumas tolerantes. Tal fato revela a possível existência de locais onde são encontradas altas concentrações de sódio.

Na consideração dos resultados obtidos neste trabalho, deve-se atentar para o fato de as coletas terem sido realizadas durante e logo após o período de chuvas intensas no local, que promoveram forte lixiviação; além da existência de uma densa cobertura vegetal e de áreas de sombras, formadas pelos coqueiros, que amenizaram os efeitos da evaporação da água superficial e, conseqüentemente, a deposição de sal no local.

A plantação de coqueiros do local apresenta boa produção de frutos, por isso, aparentemente, a irrigação com o efluente das lagoas parece não estar comprometendo os rendimentos da cultura.

4 Conclusões

Com base nos resultados da pesquisa e nas observações feitas no local, pode-se concluir que:

1. O impacto no solo pelo uso de esgoto tratado na irrigação não foi significativo, mesmo tendo proporcionado um aumento na condutividade elétrica do solo, mas que não atingiu níveis preocupantes para a cultura do coco.
2. As concentrações de cálcio e magnésio no solo testemunha apresentaram-se abaixo dos níveis críticos em alguns locais. Porém, com a irrigação usando esgoto tratado, estas concentrações aumentaram, tornando desnecessário qualquer tipo de correção.
3. Há excesso de sódio em alguns locais da área, que pode ter ocorrido pelo fato de o efluente possuir relação Ca/Mg igual ou inferior à unidade.
4. A irrigação com o efluente das lagoas parece não comprometer os rendimentos da cultura do coco, mesmo avaliando-se um horizonte de prática de mais de vinte anos.

Referências

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande, PB: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).
- BASTOS, R. K. X. *Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura*. Rio de Janeiro: Projeto PROSAB ABES, 2003. 253 p.
- CUNHA, C. D. M. M. *Infiltração rápida para disposição de esgoto doméstico no solo: estudo em escala laboratorial*. 2003. 187 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.
- FERNANDES V. L. B. *Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará*. Fortaleza: UFC/BNB, 1993. 248 p.
- FERREIRA, MIGUEL. N. Qualidade do fruto verde de coqueiro em função da irrigação com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 6, n.1, p. 69-75, 2002.
- FUNCEME. *Gráficos de chuvas dos postos pluviométricos*. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 1 fev. 2005.
- HARUVY, N. Agricultural reuse of wastewater: nation-wide cost-benefit analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, London, v. 66, n. 3, p.113-119, 1997.
- IPLANCE. *Anuário estatístico do Ceará 2002/2003*. Disponível em: <<http://www.iplance.ce.gov.br>>. Acesso em: 1 fev. 2005.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. *Reúso de água*. São Paulo: FSP/USP, 2003. 19 p.
- MOTA, F. S. B; SANTAELLA, S. T. *Utilização de esgoto tratado em irrigação: propostas para o estado do Ceará*. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2., 1994, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza, ABRH, 1994. 1 CD-ROM.
- SANTIAGO, R. G. *Avaliação da qualidade do efluente final do sistema de lagoas de estabilização do SIDI, visando ao uso na agricultura*. 1999. 147 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

SOBRE OS AUTORES

Igor Ramos Alves

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará.

Suetônio Mota

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutor em Saúde Ambiental pela Universidade de São Paulo, Brasil. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC.

André Bezerra dos Santos

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutor em Saneamento Ambiental pela Wageningen University, Holanda. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC.