



## Níquel, chumbo e zinco em solo irrigado com água residuária da indústria petrolífera <sup>(1)</sup>.

**Rafaela Batista Magalhães <sup>(2)</sup>; Érica Costa Calvet <sup>(3)</sup>; Máira Saldanha Duarte <sup>(3)</sup>; Lindbergue Araújo Crisóstomo <sup>(4)</sup>; Mirian Cristina Gomes Costa <sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Petrobras, Furnarbe e Embrapa; <sup>(2)</sup> Mestranda em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal do Ceará; fainha@live.com; <sup>(3)</sup> Estudante de Agronomia Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, CE; ericacalvet@yahoo.com.br; moon\_msd@yahoo.com.br <sup>(4)</sup> Pesquisador da EMBRAPA Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE lindberg@cpat.embrapa.br <sup>(5)</sup> Professora da Universidade Federal do Ceará-UFC, Fortaleza, CE; mirian.costa@ufc.br

**RESUMO:** A análise de solos irrigados com água produzida é de suma importância, pois a mesma pode conter elementos-traços que serão maléficis ao meio ambiente. Tem-se como objetivo avaliar elementos-traços no solo irrigado com água produzida tratada por osmose reversa e filtração e o solo irrigado com água de um aquífero. O delineamento utilizado foi blocos casualizados (DBC), com parcelas subdivididas no tempo e com três repetições. O experimento foi conduzido na Fazenda Belém (Aracati-CE). Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. O método utilizado para extração dos elementos-traço (Ni, Pb e Zn) foi o USEPA 3051 e as leituras foram realizadas por ICP-OES. Foi utilizado o software ASSISTAT para realizar as análises estatísticas. Na primeira profundidade avaliada o Zn apresentou maior média no tratamento da osmose. O Ni apresentou maior média na água filtrada, enquanto que para o Pb não houve diferença entre tratamentos. Na profundidade de 20-40 cm o Zn apresentou maiores médias nos tratamentos com água da osmose e filtrada. Na camada de 40-60 cm, ocorreu diferença estatística somente para o Ni, que apresentou maior média no tratamento da água filtrada. Teores médios dos elementos-traço aumentaram com os ciclos de irrigação nas três profundidades avaliadas. Os elementos-traço foram detectados no solo irrigado com água produzida tratada (osmose e filtração) e no solo irrigado com água de um aquífero. Entretanto, os tratamentos com água da osmose e da filtração apresentaram maiores valores. Ocorreu acúmulo de elementos-traço com o aumento nos ciclos de irrigação.

**Termos de indexação:** água produzida; osmose; filtração.

### INTRODUÇÃO

Desde que foi descoberto o petróleo em solo brasileiro, a indústria petrolífera só cresceu e aumentou sua produção. Com o crescimento da indústria também vieram os impactos ambientais,

tanto no oceano como no solo. Um dos causadores desses impactos ambientais é a água de produção ou água produzida. Esta água está aprisionada subterraneamente e, no ato da extração, é trazida à superfície junto com o petróleo e com o gás.

As principais consequências provocadas pelo descarte da água produzida no solo são a alta salinização, a presença de metais pesados (ou de elementos-traço), presença de materiais orgânicos insolúveis e solúveis, presença de produtos químicos e radioatividade (Silva, 2000).

A concentração de elementos-traços na solução da maioria dos solos é pequena, normalmente entre 1 a 1000 µg L<sup>-1</sup>, não sendo incomum encontrar solos com a concentração menor que 1 µg L<sup>-1</sup> (McBride, 1994). Nos últimos anos, principalmente nos anos 90, a contaminação do solo por esses elementos tem merecido atenção particular, pois constitui um problema que pode vir a causar sérios danos à qualidade do ambiente e à saúde humana (Guilherme *et al.*, 2005).

Berton (2000) afirma que os elementos-traço podem estar na forma trocável, solúvel, aderente aos minerais do solo, precipitada com outros componentes, na biomassa e complexada com a matéria orgânica.

Segundo Harper e Oliveira (2006), a determinação de elementos-traço em uma análise de solo é primordial para monitorar o crescimento das plantas e a possível contaminação dos alimentos. A constância dos elementos-traço é significativamente maior no solo do que em outros locais da biosfera e a contaminação que ocorre no solo é quase permanente, sobretudo se esses elementos são perdidos lentamente por meio da erosão, lixiviação e absorção pelas plantas (Kabata-Pendias, 2011).

O presente trabalho apresenta a hipótese que o tratamento da osmose apresenta maior eficiência em remover elementos-traço em relação ao tratamento com água filtrada, fazendo com que seu uso na irrigação de dois ciclos da cultura do girassol seja equivalente a água de um aquífero. Tem-se como objetivo avaliar elementos-traços no solo irrigado com água produzida tratada por osmose



reversa e filtração e o solo irrigado com água de um aquífero.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Belém, localizada no município de Aracati-CE. Quanto aos aspectos climáticos, o município possui clima Tropical Quente Semiárido Brando, com a temperatura média variando de 26° a 28°C. O período chuvoso ocorre entre os meses de janeiro a abril e a média da pluviosidade é de 935,9 mm (Ipece, 2009). O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2013).

O estudo foi realizado a partir de um experimento com a cultura do girassol instalado com o delineamento em blocos casualizados (DBC), com parcelas subdivididas no tempo e com três repetições. Nas parcelas principais foram avaliados três tratamentos caracterizados por três tipos de água de irrigação: A – água produzida tratada por osmose reversa; B – água produzida tratada por filtração e C – água retirada do aquífero Açu. Nas subparcelas foram avaliados três ciclos: C0 – ciclo 0 (antes do cultivo do girassol e da irrigação); C2 – ciclo 2 (segundo cultivo de girassol) e C3 – ciclo 3 (terceiro cultivo de girassol).

As águas para irrigação foram conduzidas até o local onde foi instalado o experimento por meio de tubulações. Todas as amostras de água foram coletadas na casa de válvulas que possuía a tubulação de distribuição da água diretamente para o experimento, bem como um controlador automático para registro da quantidade de água aplicada na irrigação.

As coletas de solo foram realizadas ao final de cada cultivo. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm. Para digestão foi utilizado 0,500 g de cada amostra que, após pesagem, foi colocado em tubos de teflon. O método utilizado para extração foi o USEPA 3051 (USEPA, 1986). Foram adicionados 10 mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) concentrado nas amostras que, posteriormente, foram levadas para digestão no micro-ondas (marca Provecto Analítica modelo DGT 100 plus) em três tempos e potências diferentes (3 minutos a 600W, 5 minutos a 800 W e 15 minutos a 000 W).

Após a digestão, o extrato foi transferido para balão de 50 mL com o auxílio de funil. O volume dos balões foi completado com água mili-q e o extrato foi transferido para tubos falcon através de papel filtro de velocidade rápida.

Todas as leituras dos elementos-traços (Ni; Pb; Zn) foram realizadas por ICP-OES

(Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Acoplado Indutivamente).

Foi utilizado o software ASSISTAT (Silva, 2009) para realizar as análises estatísticas. A análise de variância foi realizada com o procedimento ANOVA. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira camada do solo (0-20 cm), o Zn apresentou maior média (10,74 mg kg<sup>-1</sup>) no tratamento da osmose. O Ni apresentou maior média (2,11 mg kg<sup>-1</sup>) na água filtrada, enquanto que o Pb não sofreu alteração com os tratamentos. Na camada de 20-40 os tratamentos com água da osmose e filtrada resultaram em maiores médias de Zn (6,97 e 7,25 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente). O Ni apresentou a maior média (2,01 mg kg<sup>-1</sup>) mediante aplicação da água filtrada e o Pb não apresentou diferença estatística para as médias dos tratamentos. Na camada de 40-60 cm ocorreu diferença estatística somente para o Ni que apresentou maior média (2,10 mg kg<sup>-1</sup>) no tratamento da água filtrada (Tabela 1).

Todas as médias encontradas neste estudo são menores que os valores de prevenção e investigação estabelecidos pela resolução 420/2009 do CONAMA, de modo que os resultados não são indicativos de danos ou alterações prejudiciais à qualidade do solo.

O teor de Zn encontrado neste estudo está abaixo do teor médio estimado na crosta terrestre, que é o mesmo valor para os solos do mundo, 70 mg kg<sup>-1</sup> (Kabata;Pendias, 2011).

Fadigas *et al.* (2002) obtiveram teores médios de 20 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e 14 mg kg<sup>-1</sup> de Ni para diferentes classes de solos brasileiros. Todos os teores obtidos no presente estudo são menores em relação aos encontrados pelos autores citados.

Fernandes *et al.* (2007), ao analisarem áreas olerícolas do Estado de Minas Gerais, obtiveram valores que variaram de 4,10 a 85,27 mg kg<sup>-1</sup> para Ni, 0 a 36,12 mgkg<sup>-1</sup> para Pb e 8,33 a 275,41 mg kg<sup>-1</sup> para o Zn, sendo esses valores também superiores aos encontrados no presente estudo.

Os teores médios dos elementos aumentaram com os ciclos nas três profundidades de solo avaliadas (Tabela 2). A irrigação sucessiva com água produzida pode aumentar os teores de elementos-traço, de modo que esses tornem-se prejudiciais ao solo. Estudos em que o acúmulo de elementos-traço foi avaliado em resposta à aplicação de resíduos no solo ao longo do tempo confirmam essa tendência (Silva, 2010; Giroto, 2010; Mendes *et al.*, 2010).



## CONCLUSÕES

Os elementos traços foram detectados no solo irrigado com água produzida tratada (osmose e filtração) e irrigado com água de aquífero. Entretanto, os tratamentos com água tratada resultaram em maiores valores.

O acúmulo de elementos-traço aumenta com os ciclos de irrigação.

## AGRADECIMENTOS

A Embrapa, Funarbe e Petrobras, pela infraestrutura e auxílio financeiro disponibilizados para a realização do projeto “Reuso da água produzida tratada para irrigação”.

## REFERÊNCIAS

BERTON, R.S. Riscos de contaminação do agrossistemas com metais pesados. *In*: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed) Impacto Ambiental do uso Agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna. EMBRAPA Meio Ambiente, p. 259-268. 2000.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Brasília. Embrapa, 2013. 353p.

FADIGAS, F. de S.; SOBRINHO, N. M. B. do A.; MAZUR, N.; ANJOS, L. H. C dos.; FREIXO, A. A. Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros. *Bragantia*, Campinas. v.61, n.2, p. 151-159, 2002.

FERNANDES, R. B. A.; LUIZ, W. V.; FONTES, M. P. F.; FONTES, L. E. F. Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande v.11, n.1, p.81–93, 2007.

GIROTTI, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R dos.; SILVA, L. S da.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R. C. B.; SCHUMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.34, p. 955-965, 2010.

GUILHERME.L.R.G.; MARQUES, J.J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPOS, M. L. MARCHI, G. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. *Tópicos de Ciência do Solo*, vol.4. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.345-390, 2005.

HARPER, K.; OLIVEIRA, A. P. de. Determinação de elementos-traço em solos e lodos de esgoto por ICP-

OES. *Revista Analytica*. Junho/Julho. n.23. p. 53-59. 2006.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. *Perfil Básico Municipal – Aracati*. 17p. 2009.

KABATA-PENDIAS, A. *Trace elements in soils and plants*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 505p.

McBRIDE, M.B. *Environmental chemistry of soils*. New York, Oxford University Press, 1994. 406p.

MENDES, A. M. S.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, W. A do.; LIMA, J. A. G.; MEDEIROS, A. D. L. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.14, n.8, p.791–796, 2010.

SILVA, J.P. S da. *Fertilidade dos solos e metais pesados em cultivos de mangueira em Petrolina (PE)*. 2010. 100. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Departamento de Agronomia, Universidade Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

SILVA, F. DE A. S. E. & AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. *In*: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, C.R.R. *Água produzida na extração de petróleo*. 2000. 27p Monografia. (Gerenciamento e tecnologias ambientais na indústria) Escola Politécnica.

USEPA. *Test method for evaluating solid wast*. Washington, 1986. 152p.

**Tabela 1:** Teores médios de elementos-traço em três profundidades do solo em resposta às águas de irrigação.

Tratamentos	Elementos-traços (mg kg <sup>-1</sup> )		
	Ni	Pb	Zn
<b>0-20 cm</b>			
Osmose	1,84 ab	7,32 a	10,74 a
Filtrada	2,11 a	7,86 a	8,37 ab
Aquífero	1,25 b	6,15 a	7,79 b
CV %	26,35	22,18	19,43
<b>20-40 cm</b>			
Osmose	1,64 ab	6,73 a	6,97 a
Filtrada	2,01 a	7,72 a	7,25 a
Aquífero	1,03 b	6,75 a	3,51 b
CV %	31,45	19,17	29,5
<b>40-60 cm</b>			
Osmose	1,65 ab	6,53 a	5,99 a
Filtrada	2,10 a	7,40 a	6,36 a
Aquífero	1,24 b	7,76 a	5,14 a
CV %	25,24	33,19	24,77

Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 2 :** Teores médios de elementos-traço em três profundidades do solo em resposta aos ciclos de irrigação.

Ciclos	Elementos-traços (mgkg <sup>-1</sup> )		
	Ni	Pb	Zn
<b>0-20 cm</b>			
1	0,00 c	0,00 c	4,88 b
2	1,96 b	5,43 b	11,86 a
3	3,24 a	15,91 a	10,16 a
CV %	25,21	25,12	30,23
<b>20-40 cm</b>			
1	0,00 c	0,33 c	3,33 b
2	1,77 b	5,43 b	5,69 b
3	2,92 a	15,44 a	8,70 a
CV %	28,84	22,48	34,39
<b>40-60 cm</b>			
1	0,00 c	1,44 c	3,88 b
2	1,82 b	5,15 b	5,37 b
3	3,17 a	15,09 a	8,24 a
CV %	24,89	35,52	29,81

Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.