

## FÓSFORO EM SOLO DEGRADADO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA NA REGIÃO SEMIÁRIDA

Emanoel Lima Martins <sup>1</sup>  
Francisco de Oliveira Mesquita<sup>2</sup>  
Salomão de Sousa Medeiros <sup>3</sup>

### RESUMO

Devido ao crescente aumento das áreas em processo de degradação decorrente, em sua maioria, da ação humana, faz-se necessário a utilização de alternativas, preferencialmente de baixo custo, que possibilitem o conhecimento do nível de degradação e promovam a recuperação da capacidade produtiva do solo, a fim de viabilizar um manejo adequado e a recuperação dessas áreas. Nesse sentido, o presente estudo objetivou avaliar o uso de água residuária na recuperação de um solo na região semiárida que perdeu parcialmente a camada arável. Para isso, determinou-se os teores de fósforo extraível nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de solo, após a aplicação de três volumes de água residuária: 0, 7 e 14 L semana<sup>-1</sup>, por gotejamento, durante dois anos. Os valores médios de fósforo observados na camada superficial passaram de 2,33 mg kg<sup>-1</sup> da amostragem inicial para 3,52 mg kg<sup>-1</sup> com 7 L sem<sup>-1</sup> e para 3,9 mg kg<sup>-1</sup> com 14 L sem<sup>-1</sup> após dois anos de irrigação com água residuária, constatando que a irrigação aumenta o conteúdo de fósforo no solo, tornando-se uma alternativa promissora para a recuperação de solos degradados.

**Palavras-chave:** reuso de água, recuperação de solo, fertilidade do solo.

### INTRODUÇÃO

A retirada de camadas do solo para utilização na construção civil é uma prática há muito realizada e que muitas vezes causam danos irreversíveis ao solo pela perda de suas características física, química e biológica. Essa prática se constitui uma das maiores causas de degradação em áreas periurbanas, uma vez que remove a cobertura do solo, empobrecendo-o e tornando-o mais susceptível a erosão (Doetterl et al, 2016).

Os estudos de viabilidade ambiental de mineração e extração de solo para construção civil são incipientes e geralmente não contemplam técnicas de recuperação do solo (Meyer, et al, 2014, Cruz, et al, 2014, Santos et al, 2015). Portanto, se faz necessário estudos que promovam o uso de técnicas de recuperação da degradação do solo.

Nesse sentido, a utilização de água proveniente de estações de tratamento de esgoto doméstico para irrigação tem sido uma prática interessante, uma vez que apresenta diversas

<sup>1</sup> Pesquisador/Bolsista do Núcleo de Recursos Hídricos, do Instituto Nacional do Semiárido, [emanoel.martins@insa.gov.br](mailto:emanoel.martins@insa.gov.br);

<sup>2</sup> Pesquisador/Bolsista do Núcleo de Recursos Hídricos, do Instituto Nacional do Semiárido, [francisco.mesquita@insa.gov.br](mailto:francisco.mesquita@insa.gov.br);

<sup>3</sup> Orientador, Pesquisador/Titular, Instituto Nacional do Semiárido, [salomao.medeiros@insa.gov.br](mailto:salomao.medeiros@insa.gov.br); (83) 3322.3222

vantagens para o ambiente em função da quantidade de nutrientes fornecidos bem como pela economia de água e fertilizantes (Rodrigues et al, 2009). Assim, se configura como uma alternativa bastante promissora para regiões áridas e semiáridas uma vez que promove o reuso sustentável da água proporcionando o aproveitamento dos nutrientes presentes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

O P é considerado, juntamente com o N, grande poluente de cursos de água e um elemento essencial às plantas, entretanto apresenta baixa solubilidade e baixa disponibilidade em solos intemperizados, o que torna a água de reuso uma fonte de baixo custo desse nutriente para solos degradados (Klein & Agne, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da utilização de água residuária nos teores de P em solo degradado em área periurbana em região semiárida.

## **METODOLOGIA**

O experimento foi desenvolvido em área experimental localizada nas imediações da sede do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) em Campina Grande, PB.

O local do experimento corresponde a uma área de Planossolo Nátrico, anteriormente utilizada para remoção de massame para uso na construção de civil, com dimensões de 60 m de largura por 60 m de comprimento, totalizando 3.600 m<sup>2</sup>.

A água residuária utilizada para irrigação do experimento foi obtida de uma estação de tratamento primário que trata o esgoto proveniente de banheiros e cozinha do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) e está localizada nas imediações da área experimental; a água é aplicada via sistema de irrigação por gotejamento.

### **Área experimental**

O experimento apresentou delineamento experimental em blocos completos casualizados com parcelas subdivididas; os tratamentos nas parcelas constituíram cinco combinações de tipo/volume/frequência de água aplicada (T1 2,8 L dia-1, T2 7 L sem-1 de água de abastecimento; T3, 1,4 L dia-1 de AR; T4, 7 L sem-1, T5, 14 L sem-1 de AR,) enquanto cinco espécies florestais (Freijó, Ipê roxo, Catingueira, Braúna e Aroeira branca) foram aleatorizadas nas subparcelas. A irrigação foi por gotejamento localizado a 10 cm de distância do caule de cada planta (600 mudas).

Para uma caracterização inicial da área foram definidos 80 pontos amostrais e retiradas amostras de solo nas camadas de 0-15 e 15-30 cm no ano de 2012, antes da implantação dos tratamentos..

Para o presente trabalho foram distribuídos 10 pontos amostrais nos tratamentos T2, T4 e T5 (7 L sem-1 de água de abastecimento, 7 L sem-1 de AR e 14 L sem-1 de AR, respectivamente) retirando-se amostras de solo em duas camadas, 0 a 15 cm e 15 a 30 cm. a 30 cm do caule das plantas (120 pontos amostrais). A composição química da AR utilizada no experimento foi resumida na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização da água residuária utilizada para irrigação do solo.

pH	CE	N	P	PO43-	SO43-	COT	NH4+	NO23-	Na+	K+	Ca+2	Mg+2	Cl-
-	dS m-1	----- mg L-1 -----											
8,3	13,5	26,3	14	9,4	51,9	3,7	22,3	4,5	22,3	27,6	24,5	10,7	270

#### Análise do solo

O solo da amostragem inicial foi seco e peneirado em malha de 2 mm e analisado quanto aos atributo quimicos: pH, N, P, K+, Na+2, Ca+2,, Mg+2 , Al+3, H+Al (Tabela 2) de acordo com Embrapa (2011), e físicos: granulometria de acordo com Embrapa (2011). As amostras de solo obtidas para o presente trabalho foram analisadas quanto aos teores de P extraível por Mehlich-1.

**Tabela 2.** Caracterização química do solo antes da implantação do experimento.

pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	SB	t	T	MO	N	V	m	PST
	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----									-- g kg <sup>-1</sup> --		----- % -----		
Camada de 0-15 cm															
5,86	2,33	0,14	0,51	0,22	1,52	0,25	2,64	2,3	2,6	5	2,1	0,6	40,9	15,2	7,6
Camada de 15-30 cm															
6,03	0,65	0,12	0,5	0,18	1,67	0,25	2,69	2,4	3,1	5,1	2,4	0,5	41,2	13,5	6,8

t: CTC<sub>efetiva</sub>; T: CTC<sub>pH 7,0</sub>; MO: matéria orgânica; V: saturação por bases; m: saturação por Al; PST: porcentagem de sódio trocável.

#### Análise estatística

Os dados de P extraível por Mehlich-1 foram submetidos a análise de variância e teste F ( $p \leq 0,1$ ), utilizando-se desenho em blocos completos casualizados, com quatro repetições e duas fontes de variação: qualidade/quantidade da água e camada de solo. Foi utilizado o procedimento MIXED do SAS University Edition (SAS, 2016), com Blocos como efeito

variável e declarando a autocorrelação entre as duas camadas para essa comparação específica. Na ausência de interação ( $p < 0,1$ ), foram comparadas as médias dos efeitos principais aplicando-se o teste Tukey ( $p \leq 0,1$ ).

## DESENVOLVIMENTO

Os principais fatores de degradação do solo estão associados a ações antrópicas, como o desmatamento, as queimadas, mineração, a agropecuária intensiva e a remoção de solo para a construção civil. Dessa forma, os solos antropogênicos, que sofreram grandes alterações humanas, são a classe em maior expansão no mundo (CURCIO et al, 2004). Nesses solos, a capacidade produtiva é fortemente reduzida pela alteração das características físicas, químicas e biológicas, em decorrência da remoção da cobertura vegetal e camadas superficiais (DOETTERL et al, 2016). Aliado à escassez de água e nutrientes no solo em regiões áridas e semiáridas, a degradação é uma das principais causas do processo de desertificação, que provoca mudanças na paisagem assemelhando-se aos desertos (SOARES et al, 2016).

A utilização de água pela população gera grande quantidade de águas residuárias (AR), as quais são lançadas diretamente nos recursos hídricos, levando a um processo de contaminação e diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos, bem como a deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, levantando a necessidade de um aproveitamento racional desse recurso, com o mínimo de dano ao meio ambiente (BORGHETTI et al, 2004),

Nesse sentido, em função da escassez de água que em várias regiões, o reuso de água proveniente de esgotos domésticos tem se tornado uma alternativa potencial de racionalização e reutilização da água para vários usos, inclusive a irrigação agrícola, que representa aproximadamente 70% do consumo hídrico no mundo (CHRISTOFIDIS, 2001). Dessa forma, vários são os benefícios da água residuária proveniente de tratamento de esgotos na agricultura, podendo-se mencionar a possibilidade de substituição parcial de fertilizantes químicos, com a diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação dos cursos d'água; um significativo aumento na produção, tanto qualitativo quanto quantitativo; além da economia da quantidade de água direcionada para a irrigação, que pode ser utilizada para fins mais nobres, como o abastecimento público.

A prática de reuso de água na agricultura ainda garante a recarga do lençol freático, fertirrigação de culturas, bem como auxilia na dessedentação de animais de acordo com Brega Filho & Mancuso (2002). A utilização de água proveniente de reuso é diferenciada para

irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes) e comestíveis (nas formas cruas e cozidas), necessitando essas de um nível maior de qualidade. Porém, conforme Beekman (1996), grandes volumes de águas servidas podem ser utilizadas em categorias de reuso, como agricultura irrigada e recarga de aquíferos, devendo-se atentar para suas limitações sanitárias e ambientais de aplicação. Assim, a técnica de reuso tende a ser um eficiente instrumento para a gestão dos recursos hídricos no Brasil.

A aplicação da água residuária tem apresentado efeitos positivos nas características químicas do solo, sendo que estes efeitos são regulados de acordo com a composição físico-química da água (sólidos dissolvidos, presença de íons tóxicos e concentração relativa de sódio), as condições climáticas e o tipo de solo. Neste contexto, alguns estudos reforçam a relevância da irrigação com o esgoto doméstico no fornecimento de parte dos nutrientes essenciais para as plantas como N, P, e K (HESPANHOL, 2002; KOURA et al., 2002), e para melhorar algumas propriedades físicas do solo (ALMEIDA & SILVA, 2006).

Ao comparar culturas irrigadas com água de abastecimento e adubadas com NPK, com culturas irrigadas com efluentes domésticos tratados, Sousa et. al. (2005) obtiveram produtividade de 15 a 30% superior àquelas culturas irrigadas com água de abastecimento e adubadas com NPK, o que pode comprovar a viabilidade do uso da água residuária tratada na irrigação. Grande parte dos autores relacionam o aumento de determinadas variáveis químicas do solo, e que influenciam na produção das plantas, e conseqüentemente, nos diferentes potenciais nutricionais dos efluentes.

A aplicação de água residuária doméstica eleva significativamente a concentração de nitrogênio no solo (SANTOS et al., 2006). O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ocorrem naturalmente em solos e águas, como produtos da mineralização do material orgânico. Entretanto, grandes concentrações desses íons podem ocorrer, quando há lançamento de material orgânico, ou então, aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados no solo, o que pode causar riscos à saúde da população (MUCHOVEJ & RECHIGL, 1994).

Em relação à qualidade do solo, mesmo com as vantagens da aplicação da água residuária é necessário evitar que ocorra o processo de salinização do solo, pois a irrigação é muitas vezes, a única possibilidade de garantir a produção agrícola, principalmente em regiões como o semiárido nordestino (FERREIRA NETO et al., 2010). Portanto, o conhecimento das características físicas e químicas do solo em que será aplicada a água residuária é fundamental para que não se altere a integridade dos recursos hídricos nem tampouco sature o solo com um único elemento que pode levar ao desequilíbrio nutricional das plantas (MATOS, 2005).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores P extraíveis por Mehlich-1 foram significativamente maiores nos tratamentos com aplicação de água residuária (AR), nos dois níveis de aplicação, que com a aplicação da água de abastecimento domiciliar (Tabela 3). Os valores médios observados na camada superficial passaram de 2,33 mg kg<sup>-1</sup> da amostragem inicial para 2,57 mg kg<sup>-1</sup> com água de abastecimentos, 3,52 mg kg<sup>-1</sup> com 7 L sem-1 e para 3,9 mg kg<sup>-1</sup> com 14 L sem-1 após dois anos de irrigação.

**Tabela 4** – Valores de P extraível (Mehlich-1) em solo antes (inicial) e após 3 anos de irrigação com água residuária em um solo degradado em perímetro peri-urbano no semiárido.

Tratamentos	Profundidade	
	0 -15	15 - 30
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
Abastecimento	2,57Ba	1,65Bb
AR 7 L	3,52Aa	2,86Aa
AR 14 L	3,9Aa	2,88Ab

Médias comparadas pelo teste Tukey (0,05) para tratamento, letras maiúsculas na coluna e profundidades, letras minúsculas na linha.

O aumento do teor de P no solo pode ser justificado pelo alto teor deste nutriente na AR, que foi de 14,4 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 1). O aumento significativo dos teores de P após a aplicação de AR também foram observados por outros autores (Caovilla et al, 2010; Anami et al, 2008) estudando as características químicas de solos cultivados irrigados com água residuária.

No presente estudo notou-se ocorrência de aumento de P extraível com Mehlich-1 também na camada sub-superficial, onde os valores médios observados na amostragem inicial passaram de 0,65 mg kg<sup>-1</sup> para 1,65 mg kg<sup>-1</sup> com água de abastecimentos, 2,86 mg kg<sup>-1</sup> com 7 L sem-1 e para 2,88 mg kg<sup>-1</sup> com 14 L sem-1 após dois anos de irrigação na camada dos 15 a 30 cm de profundidade.

O aumento nessa camada foi detectado ( $p < 0,05$ ) tanto em relação a água de abastecimento quanto em relação à camada superficial irrigada com água residuária. O P é considerado um ânion relativamente imóvel em solos, pois interage com a fase sólida e forma precipitados com Ca, Fe e Al (OLATUYI et al., 2009), diminuído sua mobilidade, principalmente em solos com maiores teores de argila. Por outro lado, em solos com textura arenosa a franco-arenosa como neste caso há relatos de ocorrência de transporte vertical. O transporte vertical de P no solo quando a fonte de P é um fertilizante líquido (Vitti et al, 1994)

ou quando é aplicado com fertirrigação por gotejamento (COELHO et al., 2004) e várias vezes superior que quando aplicado ao solo na forma sólida.

Por outro lado, em um latossolo vermelho irrigado com água residuária identificou-se baixa mobilidade de P no perfil do solo, mesmo irrigando por gotejamento Caovilla et al (2010). Isso coincide com os resultados de Araújo et al. (2003) e Heathwaite et al. (2000) que consideram insignificantes as perdas do elemento por lixiviação, mas vale salientar que esses autores estudaram solos com teores altos de argila.

A entrada de P no solo via irrigação por AR, pode proporcionar o aumento das concentrações de P disponível, tanto em camadas superficiais, como subsuperficiais, de acordo com Mohammad & Mazahreh (2003), uma vez que a textura do solo mais arenoso possibilita uma maior mobilidade e perdas de P pelo transporte vertical, consideradas inexistentes em solos argilosos (HEATHWAITE, 2000), devido a sua alta afinidade com os colóides do solo.

Portanto, o aumento nos teores de P constatados no presente estudo, certamente está associado a textura do solo, mais arenosa, que permitiu a movimentação vertical do P adsorvido aplicado na camada superficial para as camadas subsuperficiais.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No presente estudo, constatou-se que a irrigação com água residuária elevou a concentração de fósforo extraível nas camadas de 0 a 15 e de 15 a 30 cm, constatando que o reuso de água tratada aumenta o conteúdo de fósforo no solo, tornando-se uma alternativa promissora para a recuperação de solos degradados na região semiárida.

Apesar de ter um potencial de contaminação do solo, o uso da água residuária quando feito de forma consciente, elimina o risco de problemas ambientais e potencializa a recuperação da fertilidade do solo, possibilitando o incremento na produção agrícola na região semiárida.

## **REFERÊNCIAS**

ANAMI, M.H.; SAMPAIO, S.C.; SUSZEK, M.; DAMASCENO, S.; QUEIROZ, M.M.F. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.1, p.75-80, 2008.

ARAÚJO, C.; RUIZ, H.; SILVA, D.; FERREIRA, P.; ALVAREZ, V.; BAHIA, A. Eluição de fósforo em relação ao tempo de difusão em colunas com agregados de um latossolo vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.1, 2003.

CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; SMANHOTTO, A.; NÓBREGA, L. H. P.; QUEIROZ, M. M. F.; GOME, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.7, p.692–697, 2010

COELHO, E. F.; SANTANA, G. S.; SILVA, T. S. M.; RAMOS, M. M. Estimativa da concentração de potássio na solução do solo com base em leituras de condutividade elétrica e umidade por reflectometria no domínio do tempo. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, São Pedro. 33. Resumos, São Pedro: SBEA, CD-Rom. 2004

CRUZ, C. L.; VASCONCELOS, A. C. F.; OLIVEIRA, J. R. Situação de Impacto Ambiental: um estudo em uma Indústria de Extração Mineral. *Qualitas Revista Eletronica*, v. 15, n. 2, 2014.

DOETTERL, S.; BERHE, A. A.; NADEU, E.; WANG, Z.; SOMMER, M.; FIENER, P. Erosion, deposition and soil carbon: A review of process-level controls, experimental tools and models to address C cycling in dynamic landscapes. *Earth-Science Reviews*, v. 154, 102-122, 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011, 212 p.

HEATHWAITE, L.; SHARPLEY, A.; GBUREK, W.A. A conceptual approach for integrating phosphorus and nitrogen management at watershed scales. *Journal of Environmental Quality*, v.23, n.2, p.337-343, 2000.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente! *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Cascavel, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2012.



MEYER, M. F; SANTOS, E. N; PONTES, J. C; NASCIMENTO, P. H. M; ALMEIDA, L. E. S. Avaliação de viabilidade ambiental, técnica e econômica da atividade de extração de argila no município de Campina Grande-PB. 8 Congresso brasileiro de minas, 2014.

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, v.34, p.1281-1294, 2003.

OLATUYI, S. O.; AKINREMI, O. O.; FLATEN, D. N. & CROW, G. H. Accompanying cations and anions affect the diffusive transport of phosphate in a model calcareous soil system. Canadian Journal of Soil Science, v. 89, p. 179-188, 2009.

RODRIGUES, L. N; NERY, A. R; FERNANDES, P. D; BELTRÃO, N. E. M. Aplicação de água Residuária de esgoto doméstico e seus impactos sobre a fertilidade do solo. Revista de Biologia e Ciências da Terra, 9:2, 2009.

SANTOS, L. M. S; TAVARES, V. M. M; MEYER, M. F. Avaliação de viabilidade ambiental, técnica e econômica da atividade de extração de cascalho no município de Arês – RN. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. 2015.

SAS Institute Inc., SAS University Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2016.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: Fertilizantes fluídos. Piracicaba: Potafos, 1994. 343p.