

## Resumo

A suinocultura é considerada pelos órgãos ambientais como uma atividade potencialmente causadora de degradação ambiental. Nos últimos anos, na região oeste do Paraná, o uso da água residuária de suinocultura (ARS) na fertirrigação de culturas tem aumentado, o que melhora as condições do solo devido ao fornecimento de nutrientes, além de economizar custos com fertilização e água potável. Um dos elementos que constituem a ARS é o fósforo que, quando em excesso, pode comprometer a qualidade do ambiente, como um contaminante da água. O objetivo deste trabalho foi avaliar a melhor lâmina de ARS, usada para fertirrigação, que ocasiona menor contaminação, por fósforo, do solo e da água que percola para o lençol freático.

Foram avaliadas cinco lâminas de ARS (0; 112,5; 225; 337,5 e 450 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> por ciclo), combinadas com duas adubações de solo (50 e 75%), em Latossolo Vermelho distroférrico cultivado com milho. Observou-se que as maiores lâminas de ARS apresentam maior acúmulo de fósforo no solo. Para o percolado, os índices de fósforo encontrados não apresentam riscos de contaminação para os mananciais.

**Palavras-chave:** efluente; irrigação; reuso.

## Acumulacion y percolación de fósforo en suelo debido a la aplicación de residuos de agua de la suinocultura en la cultura del maíz. (*Zea mays* L.)

### Resúmen

La cración de cerdos (suinocultura) es considerada por los órganos ambientalistas como una actividad potencialmente provocadora de degradación ambiental. Durante los últimos años en la región suroeste del Paraná, aumentó significativamente el uso del agua residual de la suinocultura (ARS) como fertilizador en la irrigación de culturas agrícolas contribuyendo para mejorar las condiciones del suelo una vez que le fornece nutrientes y disminuye los costos con la aplicación de fertilizantes y del agua potable. Uno de los elementos que constituyen la ARS es el fósforo que cuando en grandes cantidades, puede comprometer grandemente la calidad del ambiente ya que contamina el agua. El objetivo del trabajo es evaluar la mejor lámina de ARS utilizada como fertilizante en la irrigación. Aquella que sea capaz de reducir la contaminación por fósforo, tanto del suelo cuanto del agua que se infiltra y llega a la camada freática. Realizamos cinco evaluaciones en láminas de ARS (0; 112,5; 225; 337,5 e 450 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> por ciclo) combinadas con dos adobaciones del suelo (50 y 75%) en latossolo Vermelho Distroférrico cultivado con maíz. Observamos que las mayores láminas de ARS presentan mayor acumulación de fósforo en el suelo aunque su infiltración en los mananciales no presente riesgo alguno.

**Palabras llave:** efluente; irrigación y reaprovechamiento.

## Introdução

A suinocultura no Brasil, e principalmente no oeste do Paraná, é uma atividade predominante em pequenas propriedades rurais, de grande importância econômica e social, servindo, especialmente, como

## Acúmulo e percolação de fósforo no solo devido à aplicação de água residuária de suinocultura na cultura do milho (*Zea mays* L.)

*Maritane Prior<sup>1</sup>; Adriana Smanhotto<sup>2</sup>; Silvio César Sampaio<sup>3</sup>; Lucia Helena Pereira Nobrega<sup>3</sup>; Miguel Angel Uribe Opazo<sup>3</sup>; Jhonatan Dieter<sup>4</sup>*

instrumento de fixação do homem no campo. Entretanto, a água residuária das atividades suínícolas, se manejadas de forma inadequada, podem causar degradação do meio ambiente. A água residuária de suinocultura (ARS) possui considerável quantidade de nutrientes minerais dissolvidos, que são desperdiçados

1 Professor Adjunto, Doutor, DEA, Universidade Estadual de Maringá (UEM). Cidade Gaúcha, Paraná, Brasil. Rua Pato Branco nº 775 - Jardim Nova Yorke, Cascavel (PR). CEP: 85816510. E-mail: maritanep@yahoo.com.br

2 Professor Adjunto, Doutor, PUC, Toledo - PR

3 Professor Adjunto, Doutor, UNIOESTE, Cascavel, PR

4 Engenheiro Agrícola, Pós-Graduando, UNIOESTE, Cascavel, PR

quando a água é eliminada ou lançada em mananciais, tornando-se indesejáveis. Uma alternativa para essa prática seria a utilização desse efluente para a irrigação, sendo aplicado no solo como fonte de água e adubação, viabilizando a implantação da cultura.

Em uma granja de suínos, a quantidade diária de água residuária produzida depende, dentre outros fatores, do número e da idade dos animais; da quantidade de água utilizada na higienização das baias e bebedouros; de resíduos de ração, pelos, poeira e outros materiais decorrentes do processo criatório (CORRÊA e CORRÊA, 2003; OLIVEIRA et al., 2000). Esses fatores, associados, definem a concentração de sólidos na água residuária, os custos com estruturas de tratamento ou de armazenamento e a necessidade de área para recebimento dessas águas, como forma de adubação orgânica, caso seja esta a maneira escolhida para a disposição da água residuária (OLIVEIRA et al., 2000).

O fósforo é um dos elementos que integram a composição da ARS e que, em altas dosagens, pode causar contaminação do solo e de águas superficiais e subterrâneas Oliveira (1993). Salieta-se o fato de que os acúmulos de fósforo, em várias décadas de aplicação, podem causar desbalanço de nutrientes.

Aproximadamente dois terços do P presente no esterco líquido de suínos está numa forma não solúvel em água, fazendo parte de estruturas orgânicas (BARCELLOS, 1992), as quais propiciam efeito residual ao esterco. Aplicações sucessivas de esterco podem causar acúmulo de fósforo no solo, conforme observou Pratt (1979). A maior presença na camada superficial do solo de fósforo é indesejável, pois favorece as perdas por escoamento superficial que, juntamente com o seu movimento no perfil do solo, podem causar eutrofização da água, conforme Giusquiani et al. (1998). Tal fato foi demonstrado por Hountin et al. (2000), que verificou incrementos de 16, 26, 33 e 50% em todas as formas de fósforo, até a profundidade de 1m, após aplicação de 30, 60, 90 e 120m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de águas residuárias de suinocultura, respectivamente.

Freitas et al. (2004), com a adição de águas residuárias da suinocultura, observou que os valores de fósforo apresentaram pequena concentração desse nutriente no lixiviado dos lisímetros, em decorrência de sua baixa mobilidade no solo, ficando grande parte

retida na camada de zero a cinquenta centímetros de profundidade.

O fósforo pode seguir quatro caminhos após a aplicação da ARS no solo: fixação pelas partículas; absorção pelas plantas; percolação através do perfil do solo; e precipitação (SCALOPPI e BAPTISTELLA, 1986). Freitas (2001), utilizando água residuária de suinocultura na irrigação de milho, observou que as concentrações de fósforo no percolado foram na faixa de 0,69; 0,84 e 0,58mg L<sup>-1</sup>, ficando grande parte retida na camada de solo de 0 a 50cm de profundidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso da ARS como fonte de nutriente, observando o problema da contaminação de fósforo, para definir manejos adequados, visando reduzir o impacto ao ambiente.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel (PR), em Latossolo Vermelho distroférico.

Construiu-se 24 lisímetros, espaçados 0,40 x 0,50m, com 1,20m de profundidade. A metodologia usada para a construção dos lisímetros foi a descrita pela FAO (1986). Cada lisímetro constituía um volume igual a 1m<sup>3</sup>, com profundidade de 1,10m e diâmetro de 1,43m, totalizando uma área de 1,60m<sup>2</sup>.

As coletas do solo foram realizadas na profundidade de zero a sessenta centímetros, uma antes da aplicação da ARS e da semeadura, aos sessenta e 120 DAS, e a última, após a retirada da cultura. As amostras de solo para avaliação dos teores de fósforo no solo foram analisadas no laboratório do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, da UNESP/Botucatu (SP), segundo Rajj et al. (2001).

O híbrido de milho utilizado foi o CD 705, semeado em 23 de março de 2006, com densidade de semeadura de 45.000 plantas ha<sup>-1</sup>, mantendo-se uma planta por cova. Na semeadura todos os tratamentos receberam adubação com 600kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-20-20. O controle de plantas invasoras foi feito por capinas manuais e o de *Spodoptera frugiperda* com inseticida Deltametrin (Desis), na concentração

de 0,2L ha<sup>-1</sup>, 30 dias após a semeadura, usando-se pulverizador costal.

A ARS usada foi coletada em uma granja de produção de suínos em fase de terminação, no município de Cascavel (PR), a qual já se encontrava em lagoa de descarga por quarenta dias. A ARS foi levada ao local do experimento e depositada em tanque impermeabilizado por 150 dias, durante o desenvolvimento da cultura.

As taxas de ARS foram estimadas em função da quantidade de nitrogênio disponível, encontrada na análise físico-química (Tabela 1).

Também foi considerada a demanda de N pelo milho, conforme Fancelli e Dourado Neto (2000), de 80kg N ha<sup>-1</sup>, parcelado em doses de 30kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e 50kg ha<sup>-1</sup> em adubação de cobertura. Desse modo, realizou-se a adubação na semeadura, de 30kg N ha<sup>-1</sup>, e a adubação de cobertura referente aos 80kg N ha<sup>-1</sup>, que foram distribuídas ao longo do desenvolvimento da cultura. Baseadas na quantidade de N presente na ARS, as aplicações resultaram em taxas que foram de 100, 200, 300 e 400kg N ha<sup>-1</sup>, estabelecidas a partir da adubação de cobertura (50kg N ha<sup>-1</sup>). As doses de adubo químico foram de 15 e 22,5kg N ha<sup>-1</sup>, referentes a 50 e 75 % da adubação utilizada na semeadura (30kg N ha<sup>-1</sup>). Sendo que a combinação dos fatores ARS, AD e DAS resultou em dez tratamentos, descritos na tabela 2.

Utilizou-se as mesmas quantidades de ARS em todos os tratamentos, durante todo o período de aplicação, pois verificou-se que não houve alterações significativas na concentração do nitrogênio na respectiva água residuária. As aplicações de ARS foram realizadas em intervalos quinzenais, alternadas com irrigação, ou seja, sete dias após as aplicações da ARS aplicava-se a irrigação, segundo as médias históricas de precipitação da região, avaliadas por Longo et al. (2006).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema trifatorial, com parcelas subdivididas no delineamento bloco ao acaso, com três repetições e sub-parcelas no tempo, ou seja, foram usadas cinco taxas de ARS (0; 112,5; 225; 337,5 e 450m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ciclo); dois níveis de adubação (50 e 75%); e períodos de coleta; sendo cinco coletas para o solo e sete para o percolado. As coletas do solo foram realizadas uma antes da aplicação da ARS, uma depois da colheita e as demais em intervalos de trinta dias durante o desenvolvimento da cultura. Para o percolado foram realizadas coletas de acordo com a aplicação da ARS, com três repetições cada, totalizando 24 parcelas. Procedeu-se análise de normalidade dos dados, sendo que para os que não apresentaram normalidade foram submetidos às transformações sugeridas por Banzatto e Kronka (1989). Os dados foram submetidos à análise de

**Tabela 1.** Caracterização físico-química da água residuária utilizada durante o experimento.

Parâmetros	Resultados
pH	7,70
DBO	2406 mg.L <sup>-1</sup>
DQO	3048 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrato	35 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrito	2,78 mg.L <sup>-1</sup>
Amônia	1073 mg.L <sup>-1</sup>
Fósforo total	171 mg.L <sup>-1</sup>

Nota: Análise realizada no Laboratório Solanálise, de acordo com a metodologia de APHA (1995).

**Tabela 2.** Tratamentos aplicados no experimento.

Tratamento	Adubação		Taxa de aplicação de ARS (L lisímetros <sup>-1</sup> aplicação <sup>-1</sup> )
	Química (kg ha <sup>-1</sup> )	ARS (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	
T1	15	112,5	3
T2	22,5	112,5	3
T3	15	225	6
T4	22,5	225	6
T5	15	337,5	9
T6	22,5	337,5	9
T7	15	450	12
T8	22,5	450	12
T9	15	-	-
T10	22,5	-	-

variância para verificação de sua significância, sendo que nas interações significativas realizou-se respectivo desdobramento e teste de médias. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (STORCK, ESTEFANEL e GARCIA, 1995).

Avaliou-se, ao longo do experimento, cinco coletas do percolado (87, 102, 117, 132, 147 DAS) para determinação do fósforo, de acordo com a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

## Resultados e discussão

Na tabela 3 são apresentados os valores da análise de variância para os teores de fósforo no solo e no percolado.

Nota-se, pela tabela 3, que os valores de F foram significativos para a causa de variação DAS no percolado e no solo. Observando os valores de coeficiente de variação, também nota-se que os dados de percolado apresentaram-se homogêneos, em função do baixo valor do coeficiente de variação, abaixo de 20 % (GOMES, 1987). Para os dados de fósforo no solo, nota-se que os valores de F foram significativos para o fator DAS, a interação AD x DAS e ARS x DAS. Com relação a homogeneidade dos dados, observa-se que para os dados de fósforo no solo, apresentaram dados de pouca homogeneidade, de acordo com os intervalos sugeridos por Gomes (1987).

Na tabela 4 são apresentados os valores médios de fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ) determinados no material

percolado coletado ao longo do desenvolvimento da cultura do milho, nos lisímetros, sob tratamento com ARS.

Observa-se que a maior média foi observada aos 135 DAS, a qual não diferiu apenas da média observada aos 150 DAS. As menores médias foram observadas aos 75 e 105 DAS, as quais foram iguais estatisticamente e diferiram das demais.

Nota-se, pela tabela 4, que a lixiviação do fósforo no perfil do solo após a aplicação da água residuária é pequena. Eghball et al. (1997), aplicaram  $60\text{kg ha}^{-1}$  de fósforo em faixas e observaram que a descida do fósforo foi de apenas 4cm em três diferentes tipos de solo. Contudo, a movimentação em profundidade do elemento pode ser maior quando se associa altas doses de fertilização mineral com adição de resíduos orgânicos. Alguns trabalhos indicam que a lixiviação do fósforo, com a aplicação de fertilizantes e resíduos orgânicos, apresenta maior mobilidade do fósforo no solo na forma orgânica. Os teores de fósforo encontrados no percolado indicam maior concentração do elemento ao final do período analisado. As concentrações de fósforo no material percolado foram baixas, não indicando problemas com relação a esse elemento no percolado, pois todas as doses de ARS apresentaram concentrações abaixo das indicadas pelo CONAMA (2005), que é de  $0,025\text{mg L}^{-1}$  para águas superficiais. Baixas concentrações de fósforo em águas residuárias devem-se à baixa mobilidade deste nutriente no solo, sendo

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância de fósforo no solo e no percolado.

Causas de variação	Fósforo no percolado		Fósforo no solo	
	Gl	F	Gl	F
Bloco	2	3,20 <sup>ns</sup>	2	3,91 <sup>ns</sup>
ARS	3	0,84 <sup>ns</sup>	4	1,91 <sup>ns</sup>
Erro I	6		8	
AD	1	0,14 <sup>ns</sup>	1	3,04 <sup>ns</sup>
ARS x AD	3	1,08 <sup>ns</sup>	4	1,75 <sup>ns</sup>
Erro II	8		10	
DAS	6	8,06*	4	16,02*
ARS x DAS	18	1,27 <sup>ns</sup>	16	2,68*
AD x DAS	6	1,74 <sup>ns</sup>	4	3,68*
ARSx ADxDAS	18	1,11 <sup>ns</sup>	16	1,54 <sup>ns</sup>
Bloco x DAS	84	3,65*	8	1,66 <sup>ns</sup>
Erro III	12		72	
Total	167		149	
CV (%)		16,18		47,92
CV II (%)		15,02		36,97
CV III (%)		4,99		27,07

DAS: dias após a semeadura; ARS: água residuária da suinocultura; CV: coeficiente de variação; \*efeito significativo ao nível de 5 % de significância; ns: não significativo ao nível de 5 % de significância.

este provavelmente adsorvido pelas partículas do solo, pelas plantas e o restante precipitado (BASSO, 2003).

A aplicação de águas residuárias aumentou os níveis de fósforo no solo, porém em pequenas quantidades. Esse fato provavelmente ocorreu por ser a água residuária de suinocultura fonte rica nesse nutriente, aliado a pouca mobilidade do fósforo no solo. Além disso, a matéria orgânica ajuda a manter este nutriente disponível, na forma trocável. Resultados semelhantes foram encontrados por Chateaubriand (1988), Oliveira e Parizotto (1994) e Campelo (1999), em trabalhos com águas residuárias de suinocultura.

Na tabela 5 são apresentados os desdobramentos da interação das taxas de aplicação de ARS x períodos de coleta para os valores de fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ), determinados no solo coletado ao longo do desenvolvimento da cultura do milho, nos lisímetros, sob tratamento com ARS.

Nota-se, na tabela 5, que o fósforo apresentou aumento nas concentrações no solo em função do período, sem porém apresentar diferença estatística. Para a taxa de  $0\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , percebe-se que não ocorreram alterações ao longo do tempo, ou seja, as médias não apresentaram diferença significativa ao longo do estudo. Para a taxa de  $112,5\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , nota-se que a maior média foi observada aos 95 DAS, a qual diferiu das demais. Para os demais períodos, em função dessa lâmina de aplicação, não foram observadas diferenças estatísticas. Para a taxa de  $225\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , as maiores médias foram observadas aos 95 e 200 DAS, as quais não diferiram das demais. Já a taxa de  $337,5\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , apresentou a maior média aos 95 DAS, sem diferir estatisticamente das médias apresentadas aos 70 e 200 DAS. Para a maior dosagem de aplicação de ARS ( $450\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ), as médias mais elevadas foram observadas aos 90 DAS, a qual diferiu das demais. Os

**Tabela 4.** Valores médios de fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ) determinados no material percolado coletado ao longo do desenvolvimento da cultura do milho, nos lisímetros, sob tratamento com água residuária de suinocultura.

Parâmetro	Períodos (DAS)						Média	
	60	75	90	105	120	135		150
P	0,00236c	0,00058d	0,00233c	0,00078d	0,03317b	0,05346a	0,04453ab	0,01960

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância. Para a análise de variância dos dados foi utilizada a transformação  $\sqrt{x + 1}$ .

**Tabela 5.** Desdobramentos da interação das taxas de aplicação de ARS x períodos de coleta para os valores de fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ), determinados no solo coletado ao longo do desenvolvimento da cultura do milho, nos lisímetros, sob tratamento com água residuária de suinocultura.

Taxas ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ )	Períodos (DAS)					Médias
	AS	40 DAS	70 DAS	95 DAS	200 DAS	
0	14,62aAB	14,66aA	14,79aA	14,06aC	14,26aB	14,47
112,5	13,40bB	13,89bA	13,93bA	21,98aB	14,38bB	15,51
225	16,85bA	16,27bA	17,03bA	26,24aAB	22,64aA	19,80
337,5	11,22bB	13,99bA	17,43abA	24,63aAB	17,05abAB	16,86
450	13,57bAB	15,83bA	19,22bA	29,70aA	16,73bAB	18,95
Médias	13,93	14,93	16,48	23,32	17,01	

AS = antes da semeadura, DAS = dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância. Para a análise de variância dos dados foi utilizada a transformação  $\sqrt{x + 1}$ .

demais períodos apresentaram médias sem diferenças significativas.

Para períodos, observa-se que, para a testemunha, a maior média foi verificada para a taxa de  $225\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , a qual diferiu das demais médias. Aos 40 e 70 DAS não foram observadas diferenças significativas para as taxas de aplicação. Já para o período de 90 DAS, a menor média foi observada para a taxa de  $0\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , a qual diferiu das demais, e a maior para a taxa de  $450\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , a qual diferiu da taxa de  $112,5\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ . Aos 200 DAS, a maior dosagem foi verificada para a taxa de  $225\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , a qual não diferiu estatisticamente das doses de 337,5 e  $450\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ . As menores dosagens foram verificadas para as taxas de 0 e  $112,5\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ .

À medida que foi realizada a aplicação da ARS, os índices do elemento no solo apresentaram indicativos de aumento. Para a taxa de aplicação de  $0\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  e para as amostras realizadas antes da semeadura, os índices de solo mantiveram-se baixos. Com o aumento das taxas de aplicação, as concentrações de fósforo no solo também foram aumentando, sendo que aos 95 DAS verificou-se as maiores médias. Os índices de fósforo no solo estão na faixa considerada média para o solo e para a cultura do milho (COELHO e FRANÇA, 1995), os quais especificam limites compreendidos entre  $16 - 40\text{mg L}^{-1}$ .

Os dados observados no estudo estão de acordo com Berwanger (2006), que verificou aumento nos índices de fósforo no solo em função do aumento de aplicação de doses de ARS. O autor, utilizando lâminas de  $480$  e  $960\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , verificou que a migração do fósforo foi observada em todas as profundidades, ficando mais evidente na profundidade de 15cm. O autor relata, ainda, que aplicações de ARS na dosagem 960

$\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , durante quatro anos, supre a necessidade da cultura, conforme a Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), e a quantidade excedente aplicada com dejetos vai acumulando no solo. A continuidade das aplicações de dejetos líquido de suíno nesta área provavelmente elevará cada vez mais os teores de fósforo no solo. Aplicando uma quantidade acumulada de  $560\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , durante 4 anos, Ceretta et al. (2003), obteve-se  $1.664\text{mg L}^{-1}$  de fósforo disponível em solo na camada de 0 – 2,5cm,

em área de pastagem natural, sobre a qual Durigon et al. (2002) relatam que a quantidade de fósforo absorvida pelas plantas da pastagem natural é muito pequena em relação à aplicada pelo dejetos, tanto que o máximo encontrado de P acumulado em plantas de pastagem natural foi de 8,1 % do total de P aplicado, com uma quantidade acumulada de dejetos de suíno de  $560\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , durante 4 anos, o que justificaria o acúmulo no solo no presente trabalho.

A mobilidade de fósforo no solo é muito pequena e por isso as perdas por lixiviação em solos agricultáveis são consideradas insignificantes (BASSO, 2003; LOPES, 1995; STEFANUTTI et al., 1995). Devido a isso, observa-se baixas concentrações do elemento no percolado. Nesse sentido, Kao e Blanchar (1973), observaram que após 82 anos de contínua aplicação de esterco e fertilizantes há uma quantidade significativa de fósforo disponível a uma profundidade de 1,0 a 1,4m. Comparando-se a lixiviação de fósforo com a aplicação de fertilizantes e resíduos orgânicos, alguns autores verificaram que ocorre maior mobilidade de fósforo no solo na forma orgânica (MOZAFFARI e SIMS, 1994, EGHBALL et al.;1996).

O tipo de solo é um importante fator que controla a movimentação vertical do fósforo no perfil do solo, pois dependendo desse, pode-se ter uma maior interação entre o solo e a solução que percola no perfil, aumentando assim a possibilidade de adsorção do fósforo.

Stefanutti et al. (1995) observaram que o teor de P disponível no solo aumentou consideravelmente com a aplicação da ARS ao longo do tempo. Aos 8,3 meses de aplicação de esterco, o aumento na quantidade de P disponível na camada 0-10cm foi de 242 % e 580 %, com aplicação de 20 e  $40\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , respectivamente; aos 48 meses. O incremento foi de 3,94 % e 6,71 %, com as doses de 20 e  $40\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , respectivamente, atingindo teores extremamente altos de P disponível no solo, uma vez que, para esta condição de solo, teores de P acima de  $24\text{mg L}^{-1}$  são considerados altos (CQFS-RS/SC, 1995).

Esses resultados evidenciam que se deve atentar para o potencial poluente do P no ambiente, evitando-se a aplicação de altas doses de água residuária em pequenas áreas; adotando-se medidas técnicas que permitam uma maior taxa de

infiltração da água no solo; e sistemas de culturas que proporcionem a produção e manutenção de altas quantidades de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, a fim de diminuir o escoamento superficial. Embora em alguns casos as perdas de P sejam pequenas, mesmo concentrações relativamente baixas ( $0,01\text{mg L}^{-1}$  de P solúvel ou  $0,02\text{mg L}^{-3}$  de P total) são suficientes para causar eutroficação (SHARPLEY e REKOLAINEN, 1997).

Doblinski et al. (2007), trabalhando com lixiviação de N, P e K na cultura do feijão irrigado com ARS, verificaram que ocorreu aumento gradativo de fósforo nas camadas mais superficiais do perfil, conforme a dose de água residuária aplicada (50, 100, 150 e  $200\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ). Também se observou que a partir da testemunha esta quantidade foi aumentando linearmente.

Na tabela 6 são apresentados os desdobramentos da interação porcentagem de adubação química aplicada no solo x períodos de coleta para os valores médios de fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ) determinados no solo coletado ao longo do desenvolvimento da cultura do milho, nos lisímetros, sob tratamento com ARS.

Observa-se, pela tabela 6, que as concentrações de fósforo no solo diferiram entre as fontes de adubação química usadas. A dosagem de 75 % de adubação química demonstrou maior concentração do elemento para o solo, sem, no entanto, diferir estatisticamente da dosagem de 50 %. Para períodos, as médias gerais demonstram que a maior concentração do elemento foi verificada aos 90 DAS, a qual diferiu

das demais. Já a menor média foi verificada antes da semeadura e também diferiu das demais médias. Os períodos referentes a 40, 70 e 125 DAS não apresentaram diferença entre si e foram diferentes da menor e maior média.

Para desdobramentos, nota-se que a adubação de 50 % apresentou maior média aos 90 DAS, a qual diferiu da menor, observada aos 0 DAS. Para os demais períodos as médias foram estatisticamente iguais. Para AD de 75 %, a maior média também foi observada aos 90 DAS, a qual diferiu das demais. Embora o menor valor tenha sido verificado para a testemunha, estatisticamente as médias foram iguais para os demais períodos. Analisando períodos, nota-se que apenas a testemunha apresentou diferença significativa para as médias, sendo a maior observada para a taxa de 75 % de AD. Nos demais períodos não foram observadas diferenças entre médias. Apesar de terem apresentado essas diferenças, nota-se que as concentrações do elemento no solo podem ser consideradas baixas quando comparadas aos valores médios citados por Stefanuti et al. (1995), o qual ressalta que concentrações de  $24\text{mg L}^{-1}$  originam problemas de contaminação no solo. Aos 90 DAS foram observadas as maiores médias ( $24,47\text{mg L}^{-1}$ ), o que, segundo o autor, indica problemas de contaminação no solo, porém, aos 200 DAS, quando foram cessadas as aplicações de ARS, esses valores voltaram a reduzir. A igualdade das médias observadas para a porcentagem de adubação química pode estar relacionada ao fato da proximidade das dosagens usadas, ou seja, o intervalo usado entre as

**Tabela 6.** Desdobramento da interação porcentagens de adubação química aplicada no solo x períodos de coleta para os valores médios de fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ) determinados no solo coletado ao longo do desenvolvimento da cultura do milho, nos lisímetros, sob tratamento com as taxas de aplicação de água residuária de suinocultura.

AD (%)	Períodos (DAS)					Médias
	0	40	70	90	125	
50	11,39bB	14,93abA	17,50abA	22,17aA	15,46abA	16,29
75	13,87bA	14,93bA	15,46bA	24,47aA	18,57bA	17,46
Médias	12,63c	14,93b	16,48b	23,32a	17,01b	

AD = Doses de adubação química. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância. Para a análise de variância dos dados foi utilizada a transformação  $\sqrt{x + 1}$ .

diferentes adubações pode ter sido muito próximo, originando a igualdade nas informações.

De forma geral, Sherer et al. (1995), trabalhando com ARS e observando níveis de elementos no solo, constataram que os teores e formas de nutrientes variaram conforme a forma de estocagem e, no caso de esterqueiras, ocorre muita variabilidade de elementos. As formas de fósforo encontradas nas bioesterqueiras ou esterqueiras estão relacionadas com a dieta fornecida aos animais (SHERER et al., 1995; DOURMAD et al., 1999; KLEINMAN et al., 2005). Devido a isso e outros fatores, existe uma grande variação nos teores de nutrientes encontrados nos dejetos e esta variação pode ser até mesmo dentro da própria granja (PERDOMO et al., 2001). Portanto, é difícil a caracterização dos dejetos de suínos, uma vez que

as diferentes formas, sólida, líquida ou pastosa, podem variar consideravelmente conforme o grau de diluição.

### **Conclusões**

O uso continuado da ARS elevou principalmente os teores de P no solo. A elevada concentração de P na camada mais superficial do solo adubado com ARS mostrou que estes elementos podem comprometer a qualidade do ambiente, especialmente como contaminantes da água.

Com relação às doses de adubação química, não foram observadas diferenças entre as aplicações nas proporções de 50 e 75 %.

### **Referências**