



## Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante

Juarez R. Cabral<sup>1</sup>, Paulo S. L. de Freitas<sup>2</sup>, Roberto Rezende<sup>2</sup>,  
Antonio S. Muniz<sup>2</sup> & Altair Bertonha<sup>2</sup>

### RESUMO

A água residuária de suinocultura (ARS) possui características que possibilitam sua disposição no solo como fertilizante. Esta é uma alternativa para o não acúmulo desse material na propriedade, além de proporcionar redução de custos com fertilizantes químicos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de água residuária de suinocultura sobre as propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e sobre a produção do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). O experimento foi realizado em condições de campo, com os tratamentos definidos como segue:  $T_0 = 0$  (testemunha),  $T_1 = 150$ ,  $T_2 = 300$ ,  $T_3 = 450$ ,  $T_4 = 600$  e  $T_5 = 750$   $m^3$   $ha^{-1}$  de ARS, aplicada durante o ciclo da cultura do capim elefante. A aplicação de ARS contribuiu para o aumento do magnésio e do fósforo e a redução do alumínio no solo. Não houve efeito significativo das doses de água residuária de suinocultura em relação à altura das plantas e massa seca, enquanto a relação folha/colmo apresentou diferença estatística a nível de 5% de probabilidade.

**Palavras-chave:** efluente, impacto ambiental, lixiviação

## Impacts of pig farming wastewater on elephant grass production and on soil

### ABSTRACT

Intensive pig farming concentrates a great number of animals per area generating high volume of wastewater, which requires correct disposal since it might cause environmental imbalance. Pig farming wastewater (PFW) can be used as fertilizer due to its characteristics. This study aimed to evaluate the effect of applying pig farming wastewater on chemical properties of Dystric Nitosol and on elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) production. An experiment was carried out in field conditions consisted of five treatments plus control.  $T_0 =$  without PFW application (control),  $T_1 = 150$   $m^3$   $ha^{-1}$ ,  $T_2 = 300$   $m^3$   $ha^{-1}$ ,  $T_3 = 450$   $m^3$   $ha^{-1}$ ,  $T_4 = 600$   $m^3$   $ha^{-1}$ ,  $T_5 = 750$   $m^3$   $ha^{-1}$  PFW applied during elephant grass crop cycle. P,  $K^+$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  concentrations were obtained in the soil before and after PFW application. Phosphorus concentration in the soil increased as a function of PFW application rates increase.  $Al^{+3}$  concentration decreased. PFW application did not influence plant height and dry mass production of the grass.

**Key words:** effluent, environmental impact, leaching

<sup>1</sup> DEA/UEM; Cidade Gaúcha, Fone: (44) 3675-1879. E-mail: [jucacabral@yahoo.com.br](mailto:jucacabral@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> DAG/ UEM, Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR. Fone: (44) 3011-8916. E-mail: [pslfreitas@uem.br](mailto:pslfreitas@uem.br); [rrezende@uem.br](mailto:rrezende@uem.br); [asmuniz@uem.br](mailto:asmuniz@uem.br); [abertonha@uem.br](mailto:abertonha@uem.br)

## INTRODUÇÃO

A inserção da indústria no processo produtivo da suinocultura contribuiu para melhoramento das raças de suínos e consequente tecnificação do sistema de manejo, empregando-se altas tecnologias nas áreas de nutrição, sanidade e ampliação da escala de produção gerando, como efeito colateral, grande produção de dejetos. Dado ao seu potencial poluidor esses resíduos requerem tratamentos específicos estabelecidos por leis de proteção ambiental que, em algumas situações e dada à inadequada capacitação dos próprios produtores para gerenciamento desses resíduos, são simplesmente tratados como agentes poluidores.

Apesar do potencial poluidor da água residuária de suinocultura (ARS), ela contém macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, cobre e outros, que podem contribuir para redução da aplicação de fertilizantes nas lavouras. A utilização da ARS poderá ser eficaz como biofertilizante se realizada de maneira adequada. Registro de uso de ARS como fertilizante tem sido feito, normalmente, em culturas anuais mas sua aplicação em pastagens perenes surge como alternativa de maximização do seu uso (Vielmo, 2008).

Estudos têm focado impactos no solo e na planta, com observações diversas pelos vários autores. Bosco et al. (2008), verificaram as alterações químicas de um Latossolo Roxo distroférico na região oeste do Paraná decorrentes da aplicação durante oito anos consecutivos, de ARS, a uma taxa de 99 Mg ha<sup>-1</sup> por ano. Os resultados mostraram que a aplicação de ARS aumentou a concentração de cálcio, magnésio e fósforo no solo, de 641,3 mg L<sup>-1</sup> para 1242,5 mg L<sup>-1</sup> na camada de 0-30 cm enquanto a concentração de magnésio aumentou de 243,1 para 449,7 mg L<sup>-1</sup>. A concentração de fósforo, que antes da aplicação de ARS era de 33,7 mg L<sup>-1</sup> na camada de 0-30 cm e 3,8 mg L<sup>-1</sup> na camada de 30-60 cm, aumentou para 51,1 mg L<sup>-1</sup> (0-30 cm) e 5,4 mg L<sup>-1</sup> (30-60 cm) após a aplicação.

Por outro lado, Aguiar et al. (2006) verificaram, após a aplicação de resíduos bovinos e palha de arroz, perdas de nutrientes por lixiviação com destaque para o P e que a presença de matéria orgânica na forma de esterco bovino favoreceu a lixiviação dos nutrientes.

Caovilla et al. (2005), estudando a percolação de nutrientes em colunas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária de suinocultura, verificaram que o nitrato apresentou maior mobilidade no processo de lixiviação seguido da concentração de sais totais e, posteriormente, do potássio, proporcionalmente aos tratamentos avaliados. De modo geral, o tratamento que apresentou 75% de água residuária também apresentou, nos lixiviados, os maiores níveis de concentração de nitrato, potássio e sais.

Barros et al. (2005), avaliando as características químicas de solo em função da adição de água residuária de suinocultura observaram, em solos sem e com ARS, que aos 96 dias de incubação a ocorrência de decréscimo do pH com o aumento da temperatura até 30 °C.

Queiroz et al. (2004), aplicando ARS a uma taxa de 800 kg de DBO<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> durante quatro meses em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com gramíneas (quicuío da Amazônia,

braquiária, coastcross e tifton 85), constataram que sua aplicação não causou problemas ao desenvolvimento das gramíneas. Ocorreu aumento nas concentrações P disponível, K e Na trocáveis e acúmulo de zinco trocável no solo, indicando riscos potenciais de contaminação. Os autores concluíram que, embora tenham sido incorporadas grandes quantidades de macro e micronutrientes com a aplicação da ARS, não houve saturação do complexo de troca do solo e ocorreu aumento na capacidade de troca catiônica (CTC).

Segundo Vielmo (2008), as forrageiras são exigentes em fertilidade necessitando de reposição de nutrientes para que tenham níveis elevados de produção, principalmente os de maior mobilidade, como o N e K. Esses nutrientes exercem maior impacto sobre a produção e se encontram em grandes quantidades na ARS.

Freitas et al. (2004), observaram o efeito da aplicação de ARS na produção de milho para silagem; esses autores aplicaram lâminas correspondentes de 0,0 a 1,5 vez a evapotranspiração da cultura de referência (ET<sub>0</sub>) e concluíram que a aplicação de ARS aumentou a altura de plantas, o índice de espigas e o peso das espigas do milho.

O conhecimento que possibilite a utilização das águas residuárias geradas nos processos produtivos em áreas agrícolas reduzindo o impacto ambiental e aumentando a produtividade, é de fundamental importância. Em face disto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o impacto da aplicação de diferentes doses de água residuária de suinocultura nos componentes de produção do capim elefante e nas características químicas do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o experimento no Campus do Arenito – Universidade Estadual de Maringá, município de Cidade Gaúcha, Paraná, latitude 23° 22' 30" Sul, longitude 52° 56' 00" Oeste e altitude média de 404 m.

O clima da região é subtropical úmido mesotérmico, conforme classificação de Köppen, com verões quentes e tendência de concentração de chuvas, temperatura anual média de 22 °C, invernos com geadas pouco frequentes e sem estação seca definida.

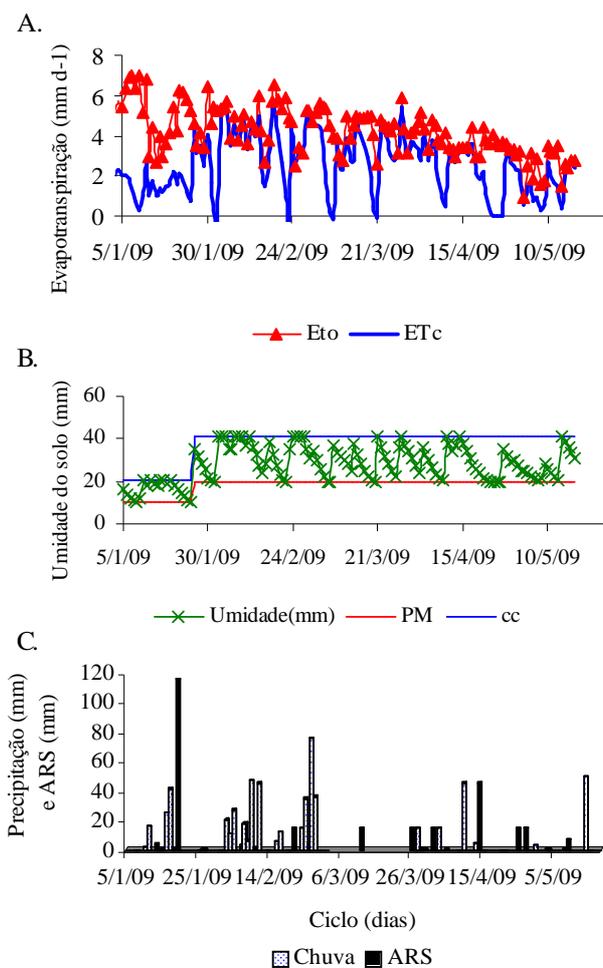
O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, originado do arenito Caiuá, com 830 g kg<sup>-1</sup> de areia, 10 g kg<sup>-1</sup> de silte e 160 g kg<sup>-1</sup> de argila.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao caso, com quatro repetições. Em terreno arado e gradeado foram delimitados quatro blocos, com seis parcelas de 15 m<sup>2</sup> (3,30 x 5,0 m) em cada bloco, separadas por ruas de 1 m de largura. O plantio do capim elefante foi realizado no dia 05/01/2009 em sulcos, sem adubação, em três linhas espaçadas 1,10 m. A distribuição dos tratamentos nos respectivos blocos foi definida por sorteio, da seguinte forma: T<sub>0</sub> - Testemunha (sem aplicação de ARS), T<sub>1</sub> a T<sub>5</sub> com aplicação de doses de água residuária de suinocultura, sendo: T<sub>1</sub> - 150 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, T<sub>2</sub> - 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, T<sub>3</sub> - 450 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, T<sub>4</sub> - 600 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e T<sub>5</sub> - 750 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Na área experimental instalou-se um sistema de irrigação por aspersão convencional com a finalidade de manter a

umidade do solo em condições adequadas para o crescimento da cultura, a fim de que a água não fosse fator limitante.

As irrigações foram realizadas conforme o balanço hídrico climatológico calculado, utilizando-se dados obtidos de uma estação meteorológica automática, instalada perto da área experimental. Pela Figura 1 (A, B e C) pode-se conferir os valores da evapotranspiração da cultura da umidade de precipitação do solo; utilizando metodologia proposta pela FAO visando calcular a evapotranspiração da cultura, utilizaram-se os dados climáticos coletados em estação automática instalada próximo ao experimento.



**Figura 1.** Evapotranspiração (A), umidade do solo (B) e chuva ocorrida no período e água residuária de suinocultura (ARS) aplicada (C)

A água residuária de suinocultura (ARS) foi proveniente de criação de suínos nas fases de gestação e maternidade da suinocultura do Campus do Arenito – Universidade Estadual de Maringá, município de Cidade Gaúcha.

As aplicações da ARS foram realizadas manualmente com recipientes plásticos com capacidade de 10 L. Cada aplicação correspondeu a uma taxa de  $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ : no tratamento 1 ( $T_1$ ) recebeu apenas uma aplicação de ARS enquanto o tratamento 2 ( $T_2$ ) recebeu duas aplicações, até o tratamento 5 ( $T_5$ ), que recebeu cinco aplicações. No momento da aplicação procurou-se distribuir água residuária o mais uniforme possível.

A água residuária foi amostrada em todas as aplicações (cinco amostras). Dois litros de ARS foram coletados em

recipientes plásticos e enviados ao laboratório de caracterização e reciclagem de resíduos do departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, localizado na cidade de Maringá, PR; para a caracterização da ARS foram realizadas análises de  $\text{Ca}^{2+}$ , N, P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{N}_{\text{total}}$ . Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados por espectroscopia de absorção atômica, os de  $\text{K}^+$  por fotometria de emissão de chama e os teores de P foram determinados por calorimetria, pelo método azul-molibdato e os teores de N pelo método de Kjeldahl.

Na Tabela 1 pode-se conferir as características químicas da ARS em cada aplicação e as datas em que foram realizadas e, pela Tabela 2, observa-se a quantidade de cada nutriente aplicado no solo em cada tratamento.

**Tabela 1.** Características químicas da água residuária de suinocultura, obtidas em cada aplicação

Data	Ca	Mg	K	P	Na	N (total)
	mg L <sup>-1</sup>					
23/02	212	31	108	73	47	266
14/03	211	53	253	168	99	749
28/03	166	54	279	171	104	786
03/04	332	121	507	137	148	1.183
27/04	405	124	474	127	146	1.299

**Tabela 2.** Quantidade de nutrientes fornecidos ao solo em cada tratamento

Trat.	Dose (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	K	P	Na	N (total)
		kg ha <sup>-1</sup>					
$T_0$	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$T_1$	150	31,8	4,7	16,2	11,0	7,1	39,9
$T_2$	300	63,5	12,6	54,2	36,2	21,9	152,3
$T_3$	450	88,4	20,7	96,0	61,8	37,5	270,2
$T_4$	600	138,2	38,9	172,1	82,4	59,7	447,6
$T_5$	750	198,9	57,5	243,2	101,4	81,6	642,5

A altura média das plantas, expressa em metros, foi determinada em seis plantas ao acaso da linha central de cada parcela e medidas antes de cada aplicação de ARS. Em cada planta a altura corresponde ao comprimento do nível do solo à curvatura da última folha completamente expandida.

A colheita foi realizada 133 dias após o plantio e desconsiderado um metro em cada extremidade da linha central de cada parcela, colhendo-se os 3 m restantes. No momento da colheita, que foi manual, o material foi fracionado em folhas e colmos e pesados separadamente com balança analítica com precisão de 1 g obtendo-se, assim, a relação entre folhas e colmos.

Com vista à determinação da massa verde realizou-se a pesagem das folhas + colmos (do material já colhido) e, após a pesagem dos componentes em balança analítica com precisão de 1 g, retiraram-se três amostras de aproximadamente 1 kg de colmos e três amostras de aproximadamente 0,5 kg de folhas de cada parcela, para a determinação da massa seca (MS) em estufa a 65 °C por 72 h e posterior estimativa da matéria seca na parcela e por hectare.

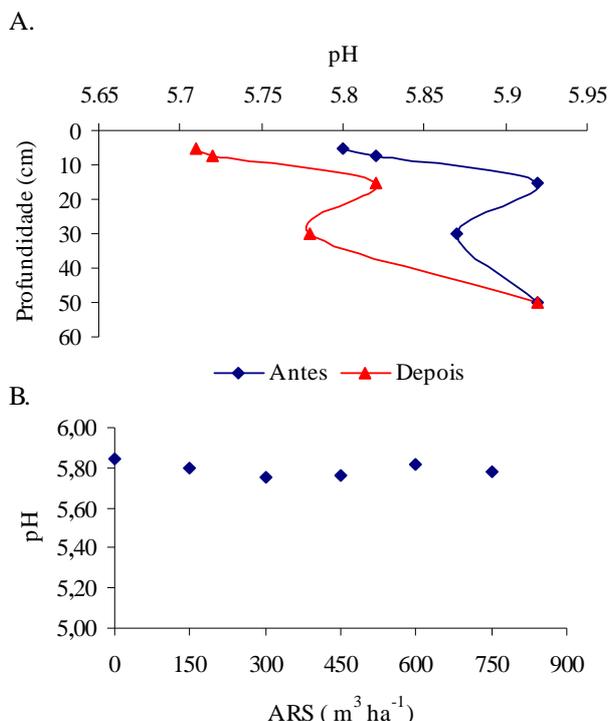
Para a avaliação do efeito da aplicação da ARS no solo foram retiradas amostras deformadas de solo em todas as parcelas, antes da implantação do capim elefante e após a

colheita nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. As amostras foram coletadas no dia 03/12/2008 e no 21/05/2009 enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, localizado na cidade de Maringá, PR, procedendo-se à determinação de pH,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , P e C, H +  $\text{Al}^{3+}$ .

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as variáveis que se mostraram significativas foram submetidas, por meio do teste Tukey, à comparação de médias utilizando-se o nível de 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos foram realizadas análises de regressão entre as variáveis independentes com as demais variáveis dependentes, buscando-se o modelo que melhor expressasse esta relação, para o que se utilizou o sistema para análise estatística SAEG 4.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da aplicação dos tratamentos os valores do pH no perfil do solo não foram estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade, ocorrendo o inverso após aplicação nas camadas de 0-5, 20-40 e 40-60 cm, através do teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade (Figura 2 A); contudo, não houve relação de dependência de pH para doses de ARS (Figura 2B). Resultados obtidos neste trabalho corroboram com os obtidos por Peles (2007) que não observou variações significativas nos valores de pH do solo para diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (0, 30, 60 e 90  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ); Duarte et al. (2008), também avaliaram o efeito da aplicação de efluente doméstico tratado e água de abastecimento público na cultura do pimentão e concluíram que o uso da água residuária não provocou

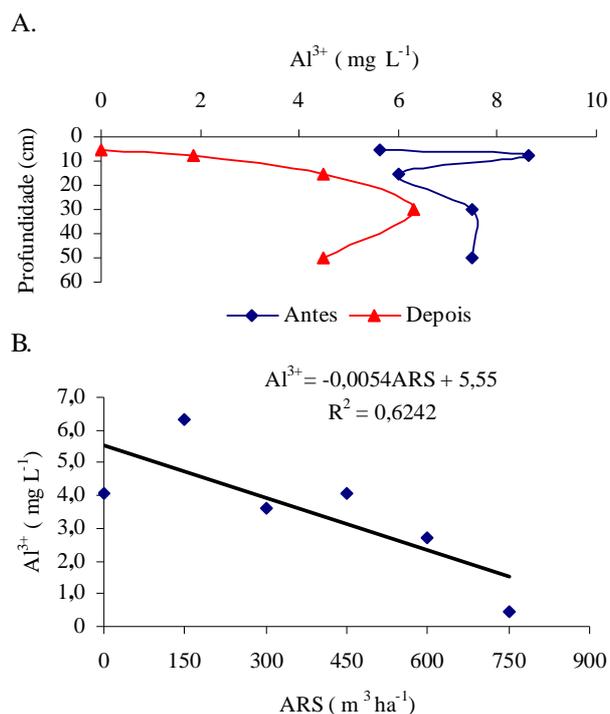


**Figura 2.** Valores do pH no perfil do solo antes e depois da colheita (A) e em função da dose de água residuária de suinocultura (ARS) (B)

alterações significativas no pH. Resultados semelhantes foram encontrados por Caovilla et al. (2005) e Gomes et al. (2004), que não observaram diferenças significativas nos valores de pH no percolado, em função dos tratamentos com ARS, enquanto Smanhotto et al. (2010), encontrou que os valores médios do pH do extrato aquoso do solo, aos 59 DAS, foram maiores para a maior taxa de ARS (300  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), a qual diferiu significativamente da testemunha (0  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) e da taxa de 100  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ .

Antes da aplicação dos tratamentos os valores do  $\text{Al}^{3+}$  no perfil do solo não foram estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade, ocorrendo o inverso após aplicação nas camadas de 0-5, 20-40 cm, através do teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. O valor médio do  $\text{Al}^{3+}$  do solo antes de se aplicar os tratamentos foi de 7,0  $\text{mg L}^{-1}$  e, após sua aplicação, o valor foi de 3,5  $\text{mg L}^{-1}$  (Figura 3A); mesmo assim, em todas as camadas ocorreram reduções na concentração de  $\text{Al}^{3+}$ , resultados que corroboram com os obtidos por Bosco et al. (2008), que observaram diminuição da concentração de alumínio nas camadas de 0-30 e 30-60 cm, quando foi aplicada ARS.

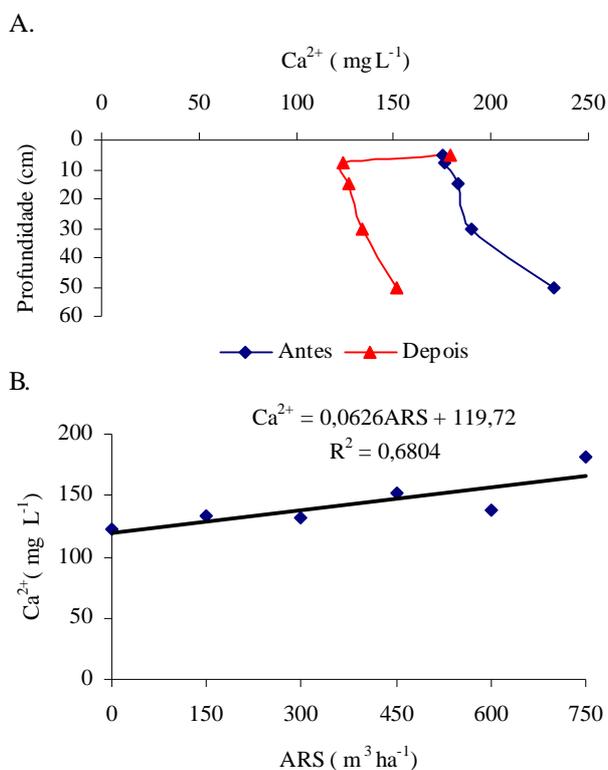
Os teores de  $\text{Al}^{3+}$  no solo decresceram linearmente com o aumento das doses (Figura 3B).



**Figura 3.** Valores de alumínio no perfil solo (A) e em função da dose de água residuária de suinocultura (ARS) (B)

Antes da aplicação dos tratamentos os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  no perfil do solo não apresentaram diferenças estatísticas a nível de 5% de probabilidade mas se apresentaram menores após a aplicação da água residuária (Figura 4 A). O valor médio de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo antes de se aplicar os tratamentos foi de 191,4  $\text{mg L}^{-1}$  e, após aplicação dos tratamentos, o valor foi de 143,3  $\text{mg L}^{-1}$ . Ocorreu diferença estatística dos valores de  $\text{Ca}^{2+}$  em todas as camadas exceto para a camada de solo de 40-60 cm,

utilizando-se o teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade. Embora apenas na camada de 0-5 cm não tenha ocorrido redução da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$ , após a aplicação dos tratamentos. Esses resultados são discordantes dos de Freitas et al. (2004) que registraram aumento na concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  de 35,1 para 324,6  $\text{mg L}^{-1}$  no solo quando aplicaram ARS na cultura do milho,



**Figura 4.** Valores de cálcio no perfil do solo (A) e em função da dose de água residuária de suinocultura (ARS) (B)

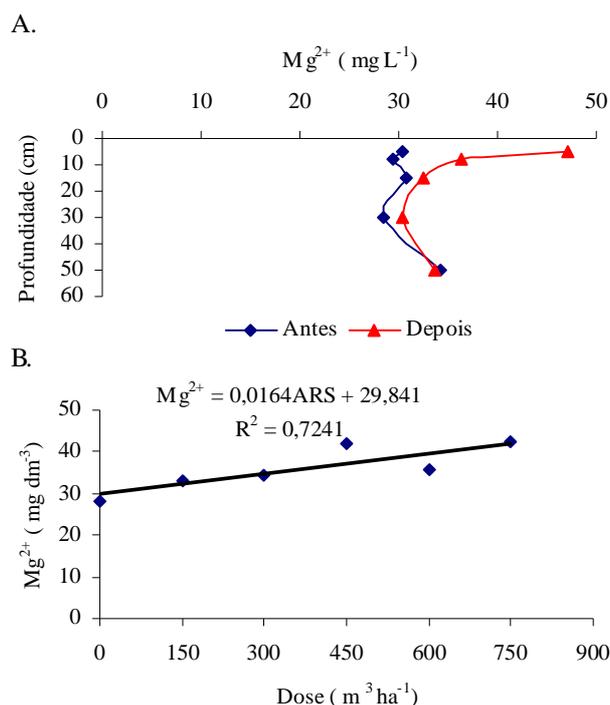
Estudos conduzidos por Mendonça & Rowell (1994), demonstraram que pequenas variações dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo podem ocorrer em função da baixa concentração do elemento  $\text{Ca}^{2+}$  na água residuária ou pela maior retenção de  $\text{Ca}^{2+}$  pela matéria orgânica. Maior retenção do elemento  $\text{Ca}^{2+}$  no solo também foi observada por Melo et al. (2006); utilizando manipueira, esses autores verificaram que em solos argilosos ocorreu maior retenção dos cátions  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ; portanto, referidos elementos foram influenciados pela textura do solo.

Queiroz et al. (2004), por outro lado, não observaram variações nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo com a aplicação de água residuária. Entretanto, os resultados deste trabalho divergem dos encontrados por Bosco et al. (2008), que constataram aumento nos teores de 288  $\text{mg L}^{-1}$  para 558  $\text{mg L}^{-1}$  na camada de 0-30 cm, em um Latossolo Roxo distroférrico na região oeste do Paraná, que recebeu aplicação durante oito anos consecutivos, de ARS, a uma taxa de 99  $\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ; neste solo eram cultivados milho na safra de verão e trigo e milho safrinha, na safra de inverno.

Quando se avalia o efeito de doses tem-se, no entanto, que os teores de cálcio no solo aumentaram com a aplicação das doses de ARS, como se observa na Figura 4B. É possível,

então, que os menores teores de  $\text{Ca}^{2+}$  após a aplicação se devam à maior extração, possibilitada pela aplicação da ARS.

Observa-se, na Figura 5A, que os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos, não apresentaram diferenças estatísticas; após a aplicação, os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  aumentaram com diferenças significativas, a nível de 5% de probabilidade. O valor médio de  $\text{Mg}^{2+}$  no solo antes de se aplicar os tratamentos foi de 31  $\text{mg L}^{-1}$  e, após sua aplicação, foi de 36  $\text{mg L}^{-1}$ , ocorrendo diferença estatística dos valores de  $\text{Mg}^{2+}$  para todas as camadas. O aumento dos teores de  $\text{Mg}^{2+}$  após a aplicação corrobora com os obtidos por Freitas et al. (2004).



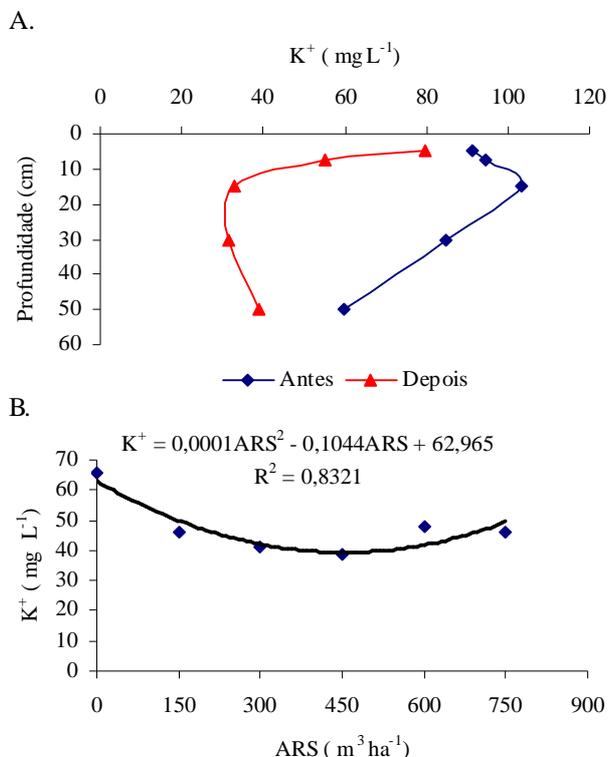
**Figura 5.** Valores de magnésio no perfil solo (A) e em função da dose de água residuária de suinocultura (ARS) (B)

Resultados discordantes dos obtidos neste trabalho foram encontrados por Queiroz et al. (2004) que, utilizando água residuária de suinocultura para quatro espécies de forrageira, verificaram que os teores de magnésio no solo foram influenciados pelo tempo de aplicação sendo estatisticamente maiores no início do experimento do que no final indicando que houve extração pelas plantas em quantidades maiores que as adicionadas pela ARS; do mesmo modo, Fonseca (2001) constatou que a disposição de efluente tratado no solo adubado promoveu decréscimo de magnésio, independente da água de irrigação utilizada (potável ou efluente tratado).

Os teores de magnésio no solo aumentaram linearmente ( $p < 0,05$ ) com a aplicação das doses de ARS, como se observa na Figura 5B.

Os teores de  $\text{K}^+$  no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas; após a aplicação da ARS os teores de  $\text{K}^+$  diminuíram significativamente (Figura 6A). O valor médio de  $\text{K}^+$  no solo antes de se aplicar os tratamentos era de 86,8  $\text{mg L}^{-1}$ , e após, o valor diminuiu para 47,7  $\text{mg L}^{-1}$ ; depois da aplicação dos tratamentos ocorreu

diferença estatística dos valores de  $K^+$  nas camadas de 0-5 cm e de 5-10 cm e para as demais camadas o decréscimo do teor de potássio é discordante do observado por Freitas et al. (2004), que registraram aumento na concentração de K na camada de 0-50 cm de 5,1 para 143,1  $mg L^{-1}$  após aplicação de ARS.



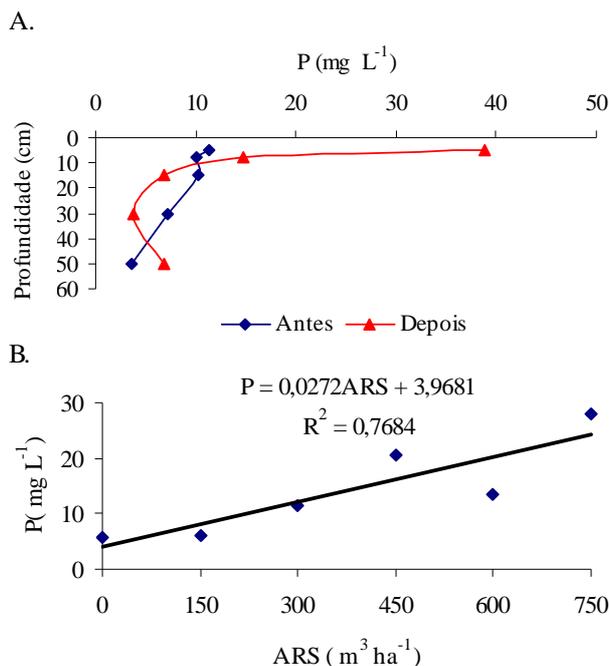
**Figura 6.** Valores de potássio no perfil solo (A) e em função da dose de água residuária de suinocultura (ARS) (B)

O comportamento dos valores das concentrações de potássio no solo com a aplicação das doses de ARS, como pode ser observado na Figura 6B, foi quadrático, com a análise de regressão significativa a nível de 5%.

As quantidades de K aplicadas nos tratamentos 5, 4, 3 e 2 foram 15,0; 10; 6; 5,9 e 3,3 vezes maiores que as aplicadas no tratamento 1, respectivamente (Tabela 2). Para os tratamentos 5 e 4, nos quais se aplicaram 750 e 600  $m^3 ha^{-1}$  de ARS, que apresentaram menores produtividades de massa seca de capim elefante (Figura 9), aplicou-se mais  $K^+$  e teve menor crescimento, que resultou em menor quantidade extraída e, consequentemente, maior remanescente no solo.

Os teores de P no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos apresentaram diferenças estatísticas a nível de 5% de probabilidade e as camadas de 20-40 e 40-60 cm diferiram das demais. Após a aplicação da ARS o teor médio de P aumentou de 8,49 para 14,2  $mg L^{-1}$  (Figura 7A) e apresentou diferenças a nível de 5% de probabilidade diferindo, ainda, na camada de 0-5 cm a qual, por sua vez, diferiu estatisticamente das demais camadas ( $p < 0,05$ ). O aumento dos teores de P corrobora com os obtidos por Freitas et al. (2004) ao encontrarem aumento na concentração de P de 0,4 para 115,0  $mg L^{-1}$  na camada de 0-50 cm, após aplicação de ARS.

Os teores de fósforo no solo aumentaram linearmente ( $p < 0,05$ ) com aplicação das doses de ARS, conforme se observa na Figura 7B.



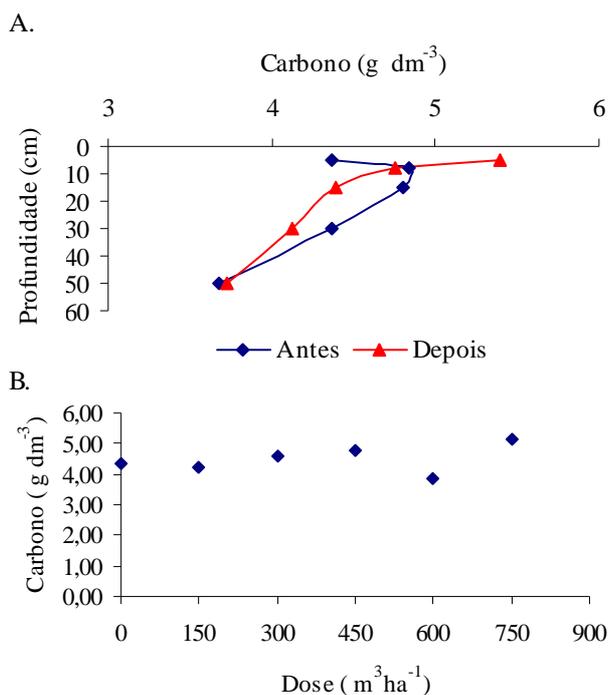
**Figura 7.** Valores de fósforo no perfil solo (A) e em função da dose de água residuária de suinocultura (ARS) (B)

Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com Prior (2008) e Berwanger (2006), que verificaram aumento na concentração de fósforo no solo em função do aumento da aplicação de taxas de ARS. O comportamento também observado por Queiroz et al. (2004), ao notarem aumento no teor de P disponível em relação à condição inicial, com a aplicação de ARS, indica um acúmulo desse macronutriente no solo. Ceretta et al. (2003), também verificaram que o teor de fósforo disponível no solo aumentou consideravelmente com a aplicação de ARS, ao longo do tempo.

Os valores de carbono no solo não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) com a aplicação dos tratamentos. O teor médio de carbono no solo antes de se aplicar os tratamentos, foi de 4,49  $g dm^{-3}$  e, após sua aplicação, o valor foi de 4,48  $g dm^{-3}$  (Figura 8A). Do mesmo modo, os valores de carbono no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas a nível de 5% de probabilidade, porém após a aplicação dos tratamentos ocorreram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) dos valores de carbono nas camadas de 0-5 cm (5,39  $g dm^{-3}$ ) e 5-10 cm (4,75  $g dm^{-3}$ ). Observa-se aumento no teor de carbono na camada de 0-5 cm, embora esta diferença não tenha sido estatisticamente diferente a nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Nota-se, na Figura 8B, que não houve relação entre teores de carbono no solo e as doses aplicadas e não foi possível ajustar equação de regressão. Resultados obtidos neste trabalho corroboram com os obtidos por Ceretta et al. (2003) os quais, trabalhando com aplicações de dejetos líquidos em pastagens, também não constataram aumento no teor de C orgânico no solo, após 48 meses de aplicações sucessivas.

Ellerbrock et al. (1999), também não encontraram alteração no conteúdo total de C no solo, o que poderia ser explicado pelos baixos teores de matéria seca dos dejetos ou pelas próprias características do C dos dejetos líquidos de suínos,



**Figura 8.** Valores de carbono no perfil solo (A) e em função da dose de água residuária de suinocultura (ARS) (B)

ricos em polissacarídeos, proteína, lipídeos e outros compostos que podem ser considerados de fácil degradação. Resultado diferente foi obtido por Cavallet et al. (2006), ao avaliarem o valor fertilizante de água residuária de uma indústria de enzimas em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com milho e verificaram que a concentração de carbono orgânico no decorrer do experimento diminuiu em todos os tratamentos, quando se considera o início do experimento, e cinco meses após, no seu final. Esta diminuição é comum em solos agrícolas em virtude da biodegradação da matéria orgânica em consequência de vários fatores, principalmente dos tratos culturais, que promovem maior aeração e, em contrapartida, maior atividade microbiana.

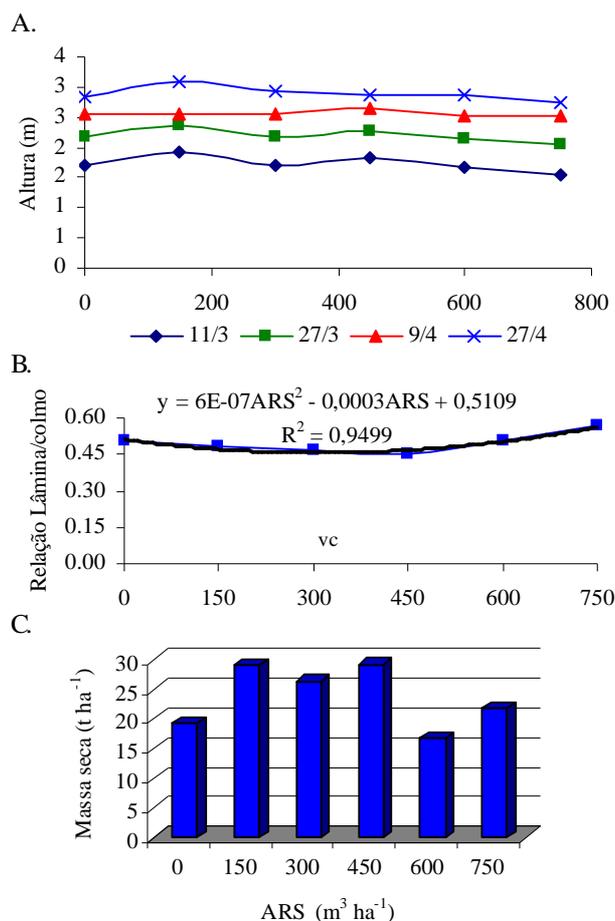
Observando a Figura 9A, os valores das alturas das plantas de capim elefante foram próximos aos encontrados por Dall'agnol et al. (2004), que registraram valor médio de 3 m de altura. Análises de regressão dos dados não apresentaram significância a nível de 5%, para todas as datas em que foram aferidas as alturas das plantas.

Os dados de massa seca (MS) da parte aérea (Figura 9C) não apresentaram significância a nível de 5% de probabilidade enquanto a relação lâmina/colmo foi significativa a nível de 5%.

Os valores obtidos de 0,50 a 0,57 para relação lâmina/colmo (Figura 9B) foram próximos daqueles observados por Andrade et al. (2000) que encontraram, para a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>, o valor de 0,68.

Botrel et al. (2000), ao testarem vinte clones de capim-elefante com o cv. Cameroon, obtiveram produção de matéria de seca na estação das águas, de 24,26 MS ha<sup>-1</sup>.

Andrade et al. (2000), avaliaram os efeitos das adubações nitrogenadas e potássicas nos componentes de produção do capim elefante cv. Napier cultivado em um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, aplicaram sete doses de N (20, 50, 100, 200,



**Figura 9.** Altura das plantas medidas em diferentes datas (A), relação lâmina/colmo (B) e massa seca do capim elefante, em função das doses de água residuária de suinocultura (ARS) (C)

300, 350 e 380 kg ha<sup>-1</sup> de N) e sete de K (16, 40, 80, 160, 240, 280 e 304 kg ha<sup>-1</sup> de K), cortaram o capim aos cinquenta e quatro dias e concluíram que a produção de MS aumentou com a adubação nitrogenada e potássica em 86%, com valores variando de 2.560 a 4.730 kg ha<sup>-1</sup>, com as doses recomendadas para atingir a produção máxima sendo 365 kg ha<sup>-1</sup> de N e 192 kg ha<sup>-1</sup> de K.

Observa-se, na Tabela 3, os valores das relações Mg/K, Ca/K, Ca/Mg e das saturações de Ca, Mg e K no solo, esses não foram significativos estatisticamente a nível de 5%.

Observa-se, na Tabela 2, que as quantidades desses elementos aplicadas para dose de 600 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, seriam suficientes para atingir a produção máxima.

Na Tabela 3 pode-se conferir os valores das relações entre os nutrientes no solo após aplicação dos tratamentos. Análises

**Tabela 3.** Relação entre os nutrientes no solo após aplicação dos tratamentos

Dose	Mg/K	Ca/K	Ca/Mg	Saturação de		
				K	Ca	Mg
0	1,12	4,51	3,95	16,47	62,31	16,34
150	1,17	5,19	4,32	14,54	63,40	15,03
300	1,15	4,76	4,00	16,97	64,44	16,54
450	1,24	4,52	3,69	14,51	56,67	16,17
600	1,18	4,24	3,73	16,01	59,96	16,49
750	1,61	5,69	3,54	13,10	65,40	18,84

de regressão dos dados apresentaram significância a nível de 5%, somente para as relações Ca:Mg e Mg:K, mas não apresentaram correlação com a produção matéria seca do capim elefante. Esses resultados corroboram com os obtidos por Oliveira & Parra (2003) que avaliaram a aplicação de uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ , calculada para manter uma relação molar entre Ca e Mg de 1/2, 1, 2, 4, 6 e 8 e verificaram que a relação Ca:Mg no solo não influenciou significativamente os rendimentos de matéria seca das plantas do feijoeiro no estádio de florescimento e de grãos. Entretanto, Moreira et al. (2005), avaliaram cinco relações Ca:Mg: 1:0; 1:1; 2:1; 3:1 e 4:1 em solo cultivado com alfafa e concluíram que os resultados mostraram que as saturações de K, Ca e Mg estão diretamente relacionadas com a produção de matéria seca total.

### CONCLUSÕES

1. O efeito da aplicação sobre os teores dos elementos no solo foi influenciado pelo efeito fonte das doses e dreno da planta.
2. A água residuária de suinocultura contribuiu para o aumento do magnésio e fósforo e para diminuição do alumínio no solo.
3. Não houve efeito significativo das doses de água residuária de suinocultura em relação à altura das plantas, massa verde e massa seca, enquanto a relação folha/colmo apresentou diferença estatística a nível de 5% de probabilidade.

### LITERATURA CITADA

- Aguiar, M. I.; Lourenço, I. P.; Oliveira, T. S.; Lacerda, N. B. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.811-819, 2006.
- Andrade, A. C.; Fonseca, D. M.; Gomide, J. A.; Alvarez, V. H.; Martins, C. E.; Souza, D. P. H. Produtividade e valor nutritivo do capim elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 6, p.1589-1595, 2000.
- Barros, F. M.; Martinez, M. A.; Neves, J. C. L.; Matos, A. T.; Silva, D. D. Características químicas do solo influenciado pela adição de água residuária da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.47-51, 2005.
- Berwanger, A. L. Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos. Santa Maria: UFSM, 2006. 102p. Dissertação Mestrado
- Bosco, T. C.; Iost, C.; Silva, L. N.; Carnellosi, C. F.; Ebert, D. C.; Schreiner, J. S.; Sampaio, S. C. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola - Estudo de caso. *Irriga*, v.13, p.139-144, 2008.
- Botrel, M. A.; Pereira, A. V.; Freitas, V. P.; Xavier, D. F. Potencial forrageiro de novos clones de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.334-340, 2000.
- Caovilla, F. A.; Sampaio, S. C.; Pereira, J. O.; Vilas Boas, M. A.; Gomes, B. M.; Figueiredo, A. C. Lixiviação de nutrientes proveniente de águas residuárias em colunas de solo cultivado com soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.283-287, 2005.
- Cavallet, L. E.; Lucchesi, L. A. C.; Moraes, A.; Shimidt, E.; Perondi, M. A.; Fonseca, R. A. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.724-729, 2006.
- Ceretta, C. A.; Durigon, R.; Basso, C. J.; Barcellos, L. A. R.; Vieira, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.729-735, 2003.
- Dall' Agnol, M.; Scheffer-Basso, S. M.; Nascimento, J. A. L.; Silveira, C. A. M.; Fischer, R. G. Produção de forragem de capim elefante sob clima frio: curva de crescimento e valor nutritivo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, p.1110-1117, 2004.
- Duarte, A. S.; Airoidi, R. P. S.; Folegatti, M. V.; Botrel, T. A.; Soares, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.302-310, 2008.
- Ellerbrock R. H.; Höhn, A.; Rogasic, J. Functional analysis of soil organic matter as affected by long-term manurial treatment. *European Journal of Soil Science*, v.50, p.65-71, 1999.
- Fonseca, A. D. Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado. Piracicaba: ESALQ, 2001. 126p. Dissertação Mestrado
- Freitas, W. S.; Oliveira, R. A.; Cencon, P. R.; Pinto, F. A.; Galvão, J. C. C. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura sobre a produção de milho para silagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, p.120-125, 2004.
- Gomes, E. R. S.; Sampaio, S. C.; Corrêa, M. M.; Vilas Boas, M. A.; Alves, L. F. A.; Sobrinho, T. A. Movimento de nitrato proveniente de água residuária em colunas de solos. *Engenharia Agrícola*, v.24, p.557-568, 2004.
- Melo, R. F.; Ferreira, P. A.; Matos, A. T.; Ruiz, H. A.; Oliveira, L. B. Deslocamento miscível de cátions básicos provenientes da água residuária de mandioca em colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.456-465, 2006.
- Mendonça, E. S.; Rowell, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sobre cerrado e soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.295-303, 1994.
- Moreira, A.; Carvalho, J. G.; Evangelista, A. R. Relação cálcio e magnésio na fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico cultivado com alfafa. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, p.786-794, 2005.

- Oliveira, E. L.; Parra, M. S. Resposta do feijoeiro a relações variáveis entre cálcio e magnésio na capacidade de troca de cátions de Latossolos. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.27, p.859-866, 2003.
- Peles, D. Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquidos de suínos. Curitiba: UFPR, 2007. 97p. Dissertação Mestrado
- Prior, M. Efeito da água residuária de suinocultura no solo na cultura do milho. Botucatu: UNESP, 2008. 120p. Tese Doutorado
- Queiroz, F. M.; Matos, A. T.; Pereira, O. G.; Oliveira, R. A. Características químicas de solo submetidos ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivados com gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, v.34, p.1487-1492, 2004.
- Smanhotto, A.; Sousa, A. P.; Sampaio, S. S.; Nóbrega, L. H. P.; Prior, P. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.347-357, 2010.
- Vielmo, H. Dejetos líquidos de suínos na adubação de pastagem de tifton 85. Curitiba: UFPR, 2008. 125p. Tese Doutorado