

## ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA SOBRE A PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO SEGUNDA SAFRA: USO E VIABILIDADE ECONÔMICA

Alfredo José Alves Neto<sup>1</sup>; Maria do Carmo Lana<sup>1</sup>; Leandro Rampim<sup>2</sup>; Luis Antônio de Mendonça Costa<sup>3</sup>; Jéssica Caroline Coppo<sup>1\*</sup>; Alvaro Guilherme Alves<sup>4</sup>

SAP 14155      Data envio: 15/05/2016      Data do aceite: 12/08/2016  
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 3, jul./set., p. 350-357, 2016

**RESUMO** - Existe urgência na condução de pesquisas para recomendação de doses, épocas e formas de aplicação de água residuária de suinocultura (ARS), a qual é composta de resíduos orgânicos e elementos minerais, que podem ser absorvidos pelas plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar análise econômica e o efeito de ARS associada à fertilizante mineral nas culturas de soja e milho segunda safra em sistema de plantio direto em LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico no município de Cafelândia, oeste do Paraná. De setembro de 2013 a agosto de 2014 foi conduzido um experimento com cinco doses de ARS (0, 35, 70, 135 e 140 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e dois níveis de adubação mineral (ausência e presença). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais alocou-se o fator ARS e nas subparcelas o fator adubação mineral. Foram avaliadas as variáveis biométricas, produtividade e determinou-se a análise econômica com as receitas líquidas das culturas. As doses de água residuária de suinocultura causaram aumento na massa de mil grãos e redução no número de nódulos das plantas de soja. Houve incremento linear no teor de umidade de grãos e na produtividade da cultura do milho em sucessão à cultura da soja, adubada com ARS. A dose calculada que apresentou os maiores índices de receitas líquidas foi o tratamento com 70 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com R\$ 3.221,43 e R\$ 3.114,25 para as distâncias de 5.000 e 10.000 metros respectivamente.

**Palavras-chave:** adubação orgânica, análise econômica, ciclagem de nutrientes, nitrogênio.

## SWINE WASTEWATER ON SOYBEAN AND SECOND CROP CORN YIELD: USE AND ECONOMIC VIABILITY

**ABSTRACT** - There is urgency in researches for recommendation doses, timing and methods of swine wastewater (SW) application, which is made up of organic waste and minerals, which can be absorbed by plants. The objective was to evaluate economic viability and the effect of swine wastewater associated with mineral fertilizer in succession soybean crop and second crop corn under no tillage system in Oxisol on West of Paraná State, Brazil. From September 2013 to August 2014, an experiment was conducted with five doses of swine wastewater (0, 35, 70, 135 and 140 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>), and two levels of mineral fertilizer (absence and presence). Treatments arranged in a completely randomized split-plot blocks with four replications, allocated to plots the factor doses of swine wastewater and the subplot factor mineral fertilizer. Biometric variables, yield and economic analysis from the net income of the soybean crop and second crop corn were evaluated. There was a linear increase in grain moisture content and in corn productivity in succession of soybean, fertilized with SW. The calculated dose that showed the highest rates of net revenues was treating as 70 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, with R\$ 3221.43 and R\$ 3114.25 for distances of 5000 and 10000 meters, respectively.

**Key words:** organic fertilizer, economic analysis, nutrient cycling, nitrogen.

### INTRODUÇÃO

A região oeste do Paraná detém o maior plantel de suínos do estado, com alta disponibilidade de matéria prima para rações, oriundas dos cultivos de soja e milho segunda safra, com regularidade e crescimento na produtividade nos últimos anos (SMANHOTTO et al., 2010).

No cultivo de milho segunda safra, os investimentos em fertilidade do solo normalmente são inferiores quando comparados aos do milho na “safra principal”, devido à instabilidade climática (NASCIMENTO et al., 2011). Este fato implica na necessidade de adoção de práticas que melhorem a

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Centro de Ciências Agrárias, Rua Pernambuco 1777, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. E-mail: [alfredo.alves.neto@hotmail.com](mailto:alfredo.alves.neto@hotmail.com)\*; [mariac.lana@hotmail.com](mailto:mariac.lana@hotmail.com); [coppojessica@gmail.com](mailto:coppojessica@gmail.com). \*Autor para correspondência

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Campus Cedeteg, Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Departamento de Agronomia, Rua Simeão Varela de Sá 3, Vila Carli, CEP 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: [rampimleandro@yahoo.com.br](mailto:rampimleandro@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Pesquisador CNPq RHA, Rua Di Cavalcanti 283, Jardim Vitória, CEP 85.813-000, Cascavel, Paraná, Brasil. E-mail: [lmendo@ig.com.br](mailto:lmendo@ig.com.br)

<sup>4</sup>União Educacional de Cascavel, CEP 85420-000, Corbélia, Paraná, Brasil. E-mail: [alvaroguilhermealves@hotmail.com](mailto:alvaroguilhermealves@hotmail.com)

disponibilidade de nutrientes, com custo reduzido e maior sustentabilidade (PANDOLFO; CERETTA, 2008).

Neste sentido, aplicações de água residuária de suinocultura (ARS), surgem como alternativa aos agricultores. A quantidade total de esterco produzida por um suíno varia de acordo com seu desenvolvimento ponderal, mas apresenta valores decrescentes de 8,5 a 4,9% em relação ao seu peso vivo por dia, para a faixa de 15 a 100 kg. Cada suíno, em média, produz de 7 a 8 litros de ARS por dia, ou, 0,21 a 0,24 m<sup>3</sup> de ARS por mês. Para determinar a quantidade de ARS produzida numa criação, sugere-se utilizar os dados médios de produção de dejetos líquidos diários, considerando o número de suínos presentes, nas diferentes fases produtivas (DIESEL et al., 2002).

Todavia, este resíduo possui alta demanda bioquímica de O<sub>2</sub> (DBO), alta concentração de N, P, Cu e Zn, e coliformes fecais (CAOVILLA et al., 2010), podendo trazer efeitos deletérios ao meio ambiente (AITA; GIACOMINI, 2008).

Por outro lado, segundo SBCS-CQFS-RS/SC (2004), a utilização continuada de adubos orgânicos pode melhorar as propriedades físicas do solo e melhorar os atributos químicos como a matéria orgânica, capacidade de troca de cátions (CTC) e teor de P.

Para auxiliar o produtor rural na tomada de decisão, a análise econômica da receita líquida das aplicações de ARS pode ser realizada de maneira simplificada, considerando os custos, distância da lagoa até a área de cultivo e demais despesas para aplicação (PANDOLFO; CERETTA, 2008; MEOTTI et al., 2012). Estudos de análise econômica são incipientes e escassos para ARS, no entanto, são de suma importância, visto que o aspecto econômico é o principal balizador para o produtor rural adotar recomendações técnicas, iniciar uma nova atividade ou abandonar algum setor produtivo (ALTMANN; OLTRAMARI, 2004).

Neste contexto, o objetivo foi avaliar o efeito de ARS associado à fertilizante mineral nas culturas de soja e milho segunda safra, em sistema de plantio direto e da variabilidade das receitas líquidas das aplicações das doses ARS entre distâncias da lagoa de estabilização anaeróbia, em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, no oeste do Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro de 2013 a setembro de 2014, no município de Cafelândia, região oeste do Paraná, no Centro de Pesquisa Agrícola da Cooperativa Agroindustrial Consolata (CPA COPACOL), localizado a 24° 37' 18,77" S e 53° 18' 17,63" O, a 590 m de altitude.

O experimento foi conduzido em uma gleba com declividade de 2,5%, manejada sob sistema de plantio direto por 15 anos e rotação de culturas de soja no verão e trigo, milho segunda safra e aveia-preta no inverno, adubadas exclusivamente com fertilizantes minerais.

A camada de 0-0,20 m do solo, classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (EMBRAPA, 2013), apresentou as seguintes

características: pH = 4,5 (em CaCl<sub>2</sub>); Al<sup>3+</sup> trocável = 0,1 (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); Ca<sup>2+</sup> = 4,8 (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); Mg<sup>2+</sup> = 1,3 (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); P = 17,0 (mg dm<sup>-3</sup>); K<sup>+</sup> = 0,4 (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); matéria orgânica = 20,4 (g dm<sup>-3</sup>); V = 47,6 (%); Zn, Cu, Fe, Mn, B, S = 10,9; 14,5; 18,5; 17; 0,5; 4,4 (mg dm<sup>-3</sup>), respectivamente. Argila (g kg<sup>-1</sup>) = 720; Areia (g kg<sup>-1</sup>) = 130; Silte (g kg<sup>-1</sup>) = 150.

Os teores dos elementos no solo foram determinados segundo Lana et al. (2010). P, K<sup>+</sup>, Cu, Zn, Fe e Mn – Mehlich-1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> – KCl; M.O – Walkey Black; pH – Cloreto de Cálcio; H + Al – Tampão SMP; S(SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> – Fosfato Monocálcico; B – Cloreto de Bário.

A dose calculada foi de 3.630 kg ha<sup>-1</sup>, de calcário dolomítico com um PRNT de 85% para elevar saturação por bases (V%) para 70%, e, devido ao sistema de cultivo ser implantado em sistema de plantio direto, a dose aplicada foi de 50% do cálculo da necessidade de calagem 1.810 kg há<sup>-1</sup> aplicada em superfície sem incorporação (EMBRAPA, 2014).

O resíduo ARS foi obtido em lagoa de estabilização anaeróbia em uma granja de terminação de suínos de Cafelândia, PR. Amostra em quadruplicata de ARS foi encaminhada ao laboratório de análise química e física seguindo metodologia proposta por Lana et al. (2010). O resultado médio de cada atributo da amostragem encontra-se descrito na Tabela 1.

A semeadura da cultura da soja foi realizada em 08/10/2013, sendo adicionado ao sulco de semeadura o fertilizante 04-24-16, em dose equivalente a 12; 72 e 48 kg há<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente.

A cultivar de soja utilizada foi Syn 1059 RR. A inoculação foi realizada no momento da semeadura com *Bradyrhizobium japonicum* (Masterfix<sup>®</sup>, 250 ml kg<sup>-1</sup>). A semeadura da soja foi realizada com densidade populacional de 300 mil sementes viáveis há<sup>-1</sup> em um espaçamento de 0,45 m.

A cultura do milho segunda safra foi semeada em 28/02/2014, com o fertilizante 10-15-15, na dose equivalente a 30, 45 e 45 kg há<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. A adubação nitrogenada em cobertura no milho foi realizada manualmente no estádio V4, com 30 kg há<sup>-1</sup> de N na forma de ureia, em todas as parcelas. O híbrido de milho utilizado foi Pioneer 3161H com densidade populacional de 68 mil sementes viáveis há<sup>-1</sup> e espaçamento de 0,8 m.

Os tratos culturais foram efetuados durante o ciclo das culturas, levando em conta os níveis de dano econômico para realização de controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas. Foram alocados nas parcelas o fator ARS e nas subparcelas o fator adubação mineral com quatro repetições, correspondendo a cinco doses de água residuária de suinocultura (0; 35; 70; 105 e 140 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) na presença e ausência de adubação mineral.

**TABELA 1.** Atributos físico e químicos da água residual de suinocultura (ARS) e quantidade de nutrientes aplicados com as doses testadas no experimento.

Nutriente	Teor	Dose aplicada ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )			
		35	70	105	140
	$\text{kg m}^{-3}$	$\text{kg ha}^{-1}$			
N	1,91	66,85	133,7	200,55	267,4
P	0,15	5,25	10,5	15,75	21
K	4,19	146,65	293,30	439,95	586,60
Ca	0,096	3,36	6,72	10,08	13,44
Mg	0,064	2,24	4,48	6,72	8,96
S	0,048	1,68	3,36	5,04	6,72
C	1,24	43,4	86,8	130,2	173,60
	$\text{mg m}^{-3}$				
Cu	1,24	0,0434	0,0868	0,1302	0,1736
Zn	2,84	0,0994	0,1988	0,2982	0,3976
Fe	8,69	0,30415	0,6083	0,91245	1,2166
Mn	1,68	0,0588	0,1176	0,1764	0,2352
B	2,21	0,07735	0,1547	0,23205	0,3094
pH	7,29				
Densidade ( $\text{kg m}^{-3}$ )	1006				

As parcelas principais foram alocadas na gleba medindo 13 m de comprimento x 11 m de largura ( $143 \text{ m}^2$ ), com subparcelas alocadas dentro da parcela principal, tendo 13 m de comprimento x 5 m de largura ( $65 \text{ m}^2$ ).

As doses de ARS foram aplicadas com o conjunto trator e tanque distribuidor nas parcelas antes da semeadura do cultivo de verão (cultura da soja) na área. A cultura do milho não recebeu aplicações de ARS, sendo avaliado nas parcelas o efeito residual de ARS aplicada anteriormente à semeadura da soja.

As avaliações da soja consistiram inicialmente na determinação do número de nódulos no sistema radicular de 10 plantas aleatoriamente no estádio V6. No momento da colheita, avaliou-se aleatoriamente em 10 plantas, a altura de plantas, sendo determinada a partir da medição da distância entre o solo e a última vagem.

A massa de mil grãos foi determinada a partir da pesagem em balança de precisão de 1.000 grãos colhidos por subparcela. Quanto à produtividade de grãos de soja foi determinado com colhedora de parcelas experimentais marca Wintersteiger, nas três linhas centrais das parcelas, desprezando-se 0,50 m de cada extremidade. A umidade gravimétrica foi determinada a partir da utilização do equipamento marca Dickey Jhon, modelo "MINI GAC PLUS".

As avaliações realizadas na cultura do milho consistiram na determinação da altura de plantas, realizada no momento da colheita com auxílio de uma régua graduada. Também foi avaliada a massa de mil grãos e umidade seguindo descrição para a soja. A produtividade de grãos de milho foi determinada a partir da colheita de

espigas em 10 m de linha espaçada de 0,80 m, totalizando  $8 \text{ m}^2$  de subparcela útil. As espigas foram trilhadas em batedor de parcelas e pesadas em balança de precisão, padronizando para umidade de 13%.

Os aspectos econômicos do uso de ARS envolveram a análise de receita líquida para cada tratamento aplicado, descontando-se das receitas brutas o custo de produção (custos da aplicação de cada dose de ARS e os custos variáveis de cada cultura) para cada tratamento nas subparcelas.

Com multiplicação da produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das culturas de soja e milho segunda safra, considerando os preços de R\$ 50,00 e R\$ 21,00 para 60 kg de soja e milho, respectivamente, na data de 28/02/2015 (obtidos na COPACOL, Cafelândia, PR), determinou-se a receita bruta de cada tratamento.

Para determinação dos custos da aplicação de ARS, primeiramente, determinou-se o valor da hora trabalhada de um trator John Deere modelo 6415, de 106 CV, com base nos preços de serviços em 2014 (SEAB, 2015), sendo considerado valor anual com depreciação.

O tempo gasto para encher o tanque de 4.000 L, utilizado para aplicação dos tratamentos, e percorrer com o conjunto trator tanque distribuidor, para aplicar às distâncias de 5.000 e 10.000 m da lagoa de estabilização anaeróbia até a área de cultivo foram de 35 min e 65 min, respectivamente.

Para compor os custos da cultura da soja e do milho, foram levantados todos os insumos e demais custos pertinentes à cada cultura, com base nos valores do ano de

2014. Para levantamento dos preços baseou-se na tabela de custos disponibilizados pela SEAB (2015).

Para os tratamentos das subparcelas que receberam a complementação com fertilizante mineral, foram utilizados os valores médios praticados na região oeste do Paraná no período de condução do experimento obtidos na COPACOL em 28/02/2015.

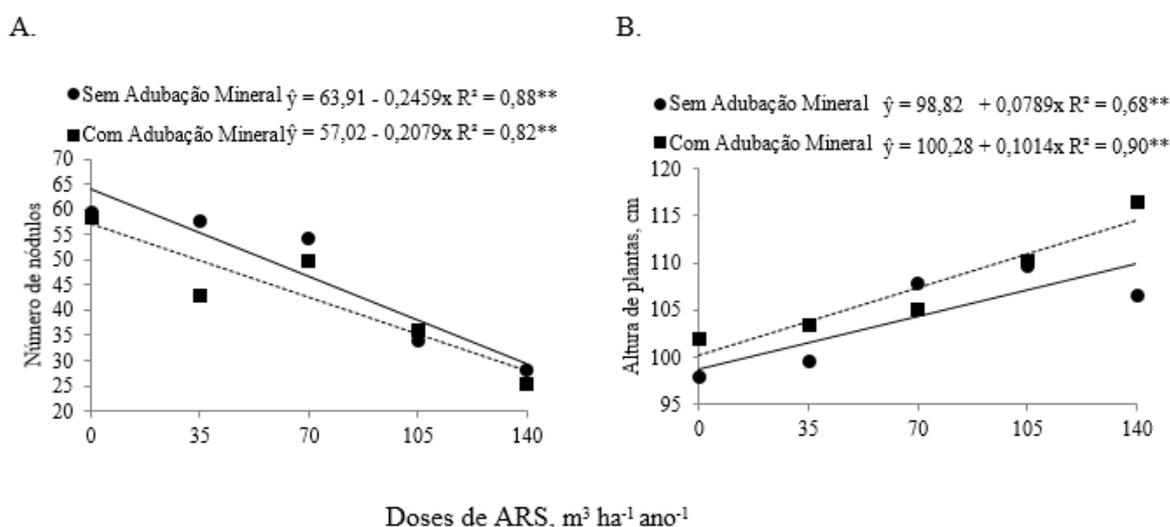
Para determinação da análise econômica, foi considerada a média da receita líquida de cada tratamento com ausência e presença de adubação mineral, para cada dose de ARS utilizada. As somatórias dos custos variáveis com as despesas fixas determinaram os custos de cada subparcela.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Com constatação de efeito significativo da adubação mineral para determinada variável, as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para as médias das doses ARS foram selecionados modelos de regressão com base na significância pelo teste F, considerando os níveis de 5 e 1% de probabilidade de erro e no maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Na análise estatística foi utilizado o programa estatístico Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável número de nódulos, é possível observar interação entre as doses de ARS e a adubação mineral no sulco de semeadura ( $p < 0,01$ ) (Figura 1A). A menor nodulação ocorreu no tratamento onde houve a maior dose de ARS,  $140 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  com adubação mineral. Estudos realizados por Stefens e Neyra (1983), em plantas de soja com adição de doses crescentes de N na forma de  $\text{KNO}_3$  causaram redução em mais de 50% na atividade da nitrogenase, devido ao comportamento do nitrato e nitrito de se acumularem na região dos nódulos, diminuindo a disponibilidade de energia ao bacteróide. Em contrapartida, tratamentos que receberam as menores doses de N, apresentaram maior desenvolvimento de rizóbios. Quando houve a adição no sulco de  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, a redução média no número de nódulos por planta foi maior, sendo observadas interações entre as doses de ARS e a adubação mineral no sulco de semeadura (Figura 1A).



**FIGURA 1** - Nodulação (A) e altura de plantas (B) da cultura da soja em razão de doses de água residuária de suinocultura (ARS) com e sem adubação mineral. \*\*: significativo ( $p < 0,01$ ).

Segundo recomendação de Embrapa (2014), o aumento nas taxas de N via fertilizante mineral na cultura da soja, causa redução na nodulação e na eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN), além de não favorecer aumento na produtividade em presença de adubação nitrogenada, tanto na base ou em cobertura, em qualquer fase fenológica. Os autores ressaltam que uso de fertilizantes que possuam nitrogênio (N) em sua formulação apresentem custos menores, podem ser utilizados desde que não ultrapassem  $20 \text{ kg ha}^{-1}$ . Os dados obtidos comprovam estas informações.

Também foi observado interação entre as doses de ARS e a adubação mineral para altura de plantas (Figura 1B) com nível de significância ( $p < 0,01$ ) em função das doses de ARS aplicadas. A adubação nitrogenada reduziu a nodulação da soja, porém favoreceu o desenvolvimento vegetativo das plantas. Tal resultado corrobora com Nogueira et al. (2010), os quais verificaram que houve

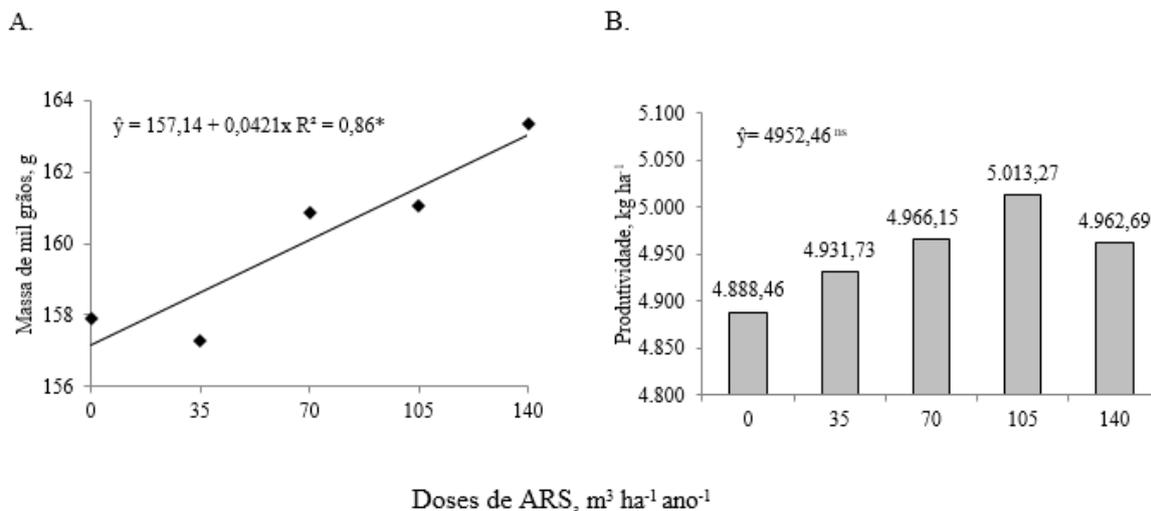
redução na nodulação em função de doses crescentes de N em cobertura, porém, incrementou o desenvolvimento vegetativo das plantas.

Para massa de mil grãos (MMG) houve resposta linear nas doses ARS estudadas, independente de utilizar o fertilizante mineral. Para cada  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  adicionados, houve aumento de  $0,0421 \text{ g}$  para MMG (Figura 2A), com aumento de  $157,88 \text{ g}$  no tratamento testemunha, para  $163,36$  na dose de  $140 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Esse dado demonstra a boa nutrição da planta, proporcionada pela adubação orgânica, principalmente no período de enchimento dos grãos (VIEIRA et al., 2005).

A variável MMG tem variação para as diferentes variedades de soja, entretanto, essa característica varia de acordo com diferentes tratamentos nutricionais e fitotécnicos, sofrendo ainda, interferência do ambiente aos quais a cultura da soja é submetida (SILVA et al., 2011). Porém, no presente estudo, a influência dos tratamentos

neste componente de produção não implicou em aumento na produtividade ( $p < 0,05$ ) (Figura 2B). Contudo, o uso de 35, 70 e 105  $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$  de ARS incrementou 1%, 2%

3% a produtividade de soja, resultados estes que podem ser mais elevados em solos com menor fertilidade do que o solo do experimento (NOGUEIRA et al., 2010).



**FIGURA 2** - Massa de mil grãos (A) e produtividade (B) em razão de doses de água residuária de suinocultura (ARS). \*: significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup>: não significativo.

Para Sartor et al. (2012), estudando doses de ARS de 0 a 60  $m^3 ha^{-1}$  em aplicações semestrais em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, observaram efeitos benéficos na produtividade da cultura da soja, com ganho de 25% em relação à testemunha, sendo a produção com 50  $m^3 ha^{-1}$  de ARS equivalente ao tratamento com adubação mineral, de 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação NPK 04-30-10, devido ao acúmulo de K, P, Ca e Mg e aumento de pH no solo.

Efeitos prejudiciais de doses crescentes de N (forma amídica) em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico foram obtidos por Bahry et al. (2013), na cultura da soja, ocorrendo redução do número de vagens. Os autores relacionaram este efeito à redução na simbiose e excesso de N, causando desbalanço nutricional na planta que, sob estresse, tende ao abortamento de estruturas reprodutivas.

Houve aumento de 124,81 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade da soja em relação à testemunha até a dose de 105  $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$  (Figura 2B), porém na dose de 140  $m^3 ha^{-1}$ , houve tendência à redução de 50,58 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade quando comparada à dose de 105  $m^3 ha^{-1}$ . Neste contexto, somado a alta carga de N, esta dose deve ser evitada.

Doses altas de ARS devem ser evitadas antes da cultura da soja devido à alta carga de N e menor demanda de N com relação ao milho. A ARS possui em média cerca de 70% do N na forma amoniacal, sendo que após 20 dias da aplicação, uma grande fração deste N é oxidado a nitrato (SEIDEL et al., 2010). Devido a este comportamento, o nitrato no solo, ocorre em uma quantidade superior à absorção pelos microorganismos e pelas plantas, podendo haver lixiviação e, em alguns casos,

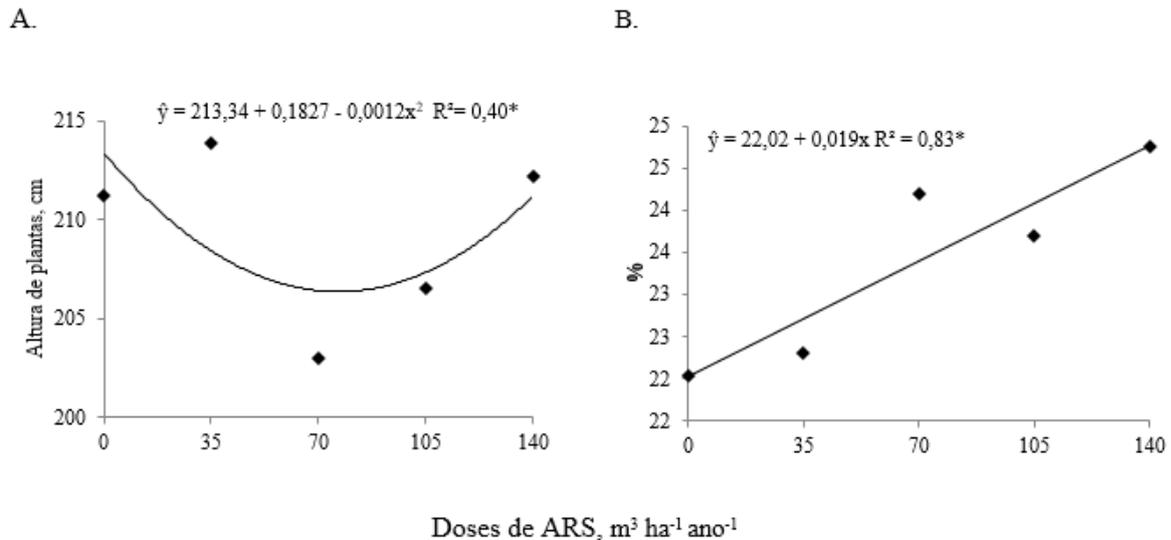
contaminação dos cursos d'água e lençóis freáticos (AITA; GIACOMINI, 2008).

Na cultura do milho, a altura de plantas, apresentou respostas quadráticas, sem interferência ao sistema de adubação no sulco de semeadura (Figura 3A). Os valores de altura de plantas são de grande importância, devido estar correlacionado com produção de matéria seca (NOGUEIRA et al., 2010).

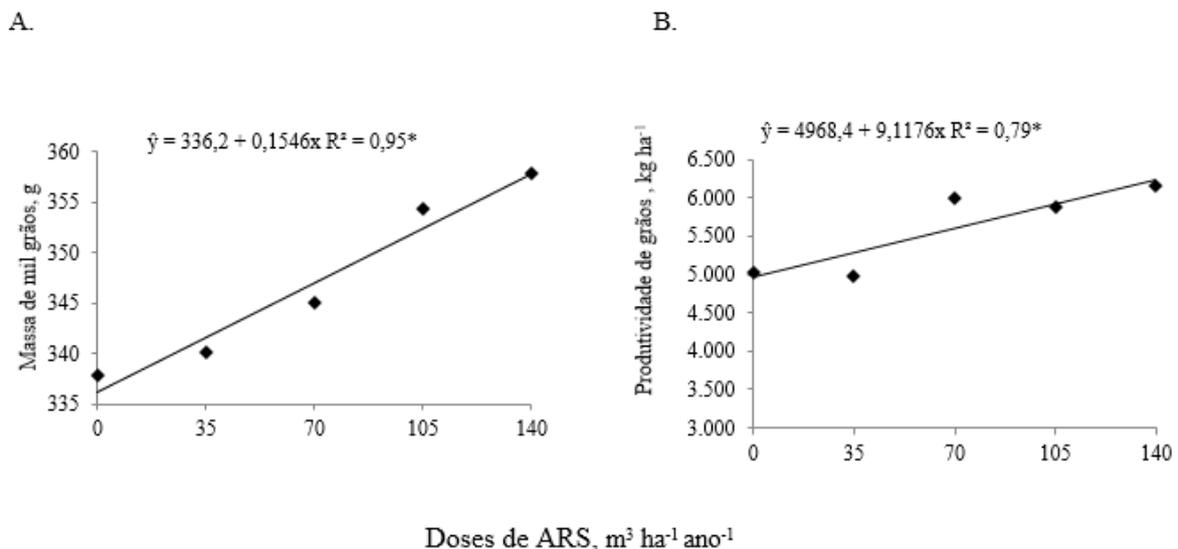
Estudando aplicações de ARS nas doses de 50, 100 e 150  $m^3 ha^{-1}$ , Cesarino (2006) observou efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) (Figura 3A) para altura de plantas, com amplitude de 1,98 m (150  $m^3 ha^{-1}$ ), obtendo maior amplitude quando foi adicionada a adubação química, chegando a 2,10 m. O modelo de regressão escolhido foi o quadrático, pois foi o que apresentou maior porcentagem ( $R^2$  40%). O autor comprovou que a ARS aumentou a fertilidade do solo, refletindo nas variáveis biométricas e na qualidade do milho para ensilagem.

A umidade de grãos de milho aumentou 0,0019% para cada  $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$  de ARS (Figura 3B). Tal fato pode estar associado ao desenvolvimento mais lento da cultura devido ao suprimento extra de nutrientes provenientes da ARS. A implicação deste fato é a retardação da colheita e o desenvolvimento e o ciclo do milho seriam maiores. Segundo Constantin et al. (2009), quando o milho é cultivado em ambiente com boa quantidade de matéria orgânica, o desenvolvimento da cultura é retardado, aumentando o teor de umidade de grãos.

Porém, para MMG e produtividade do milho em função das doses de ARS houve aumento de 0,1546 g para cada mil grãos e 9,11 kg ha<sup>-1</sup> para cada  $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$  adicionado, respectivamente (Figura 4).



**FIGURA 3** - Altura de plantas de milho (A) e unidade de grãos de milho (B) em função de doses de água residuária de suinocultura (ARS). \*: significativo ( $p < 0,05$ ).



**FIGURA 4** - Massa de mil grãos (A) e produtividade de milho (B) em função de doses de água residuária de suinocultura (ARS). \*: significativo ( $p < 0,05$ ).

Em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, Seidel et al. (2010) avaliando doses de ARS de 20, 30, 40 e 50 m³ ha⁻¹, verificaram que as parcelas que receberam adubação em cobertura de N na forma de ureia, obtiveram maior produtividade em relação aos adubados somente com ARS. Os autores ressaltam que cerca de 30% do N está presente na forma orgânica, estando disponível às culturas em longo prazo. Esta constitui uma das razões da necessidade da adubação nitrogenada em cobertura.

Na dose de 140 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ obteve-se a maior produção na cultura do milho segunda safra (Figura 4). Porém, esta dose possui uma carga muito alta de N (267,40 kg ha⁻¹) (Tabela 1), e como já demonstrado, causou redução no número de nódulos na cultura da soja, além de frações deste de N estarem presentes na forma de NO<sup>3-</sup>. Deve-se levar em conta que a produção agrícola busca a sustentabilidade dos agroecossistemas e, sendo assim,

apesar do grande potencial de carga de nutrientes dos dejetos e da sua capacidade de incorporação direta no solo, estes podem contaminar ou poluir o sistema de produção quando utilizados em doses muito altas (SEIDEL et al., 2010; SCHIRMANN et al., 2013).

Os valores de receita líquida total e produção de grãos total do sistema de soja e milho segunda safra, não apresentaram diferença significativa no primeiro ano de utilização da ARS para a região oeste do Paraná. A dose calculada que apresentou os maiores índices de receitas líquidas foi o tratamento com 70 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, com R\$ 3.221,43 e R\$ 3.114,25 para as distâncias de 5.000 e 10.000 m, respectivamente, porém não ocorreram diferenças significativas das demais receitas (Tabela 2).

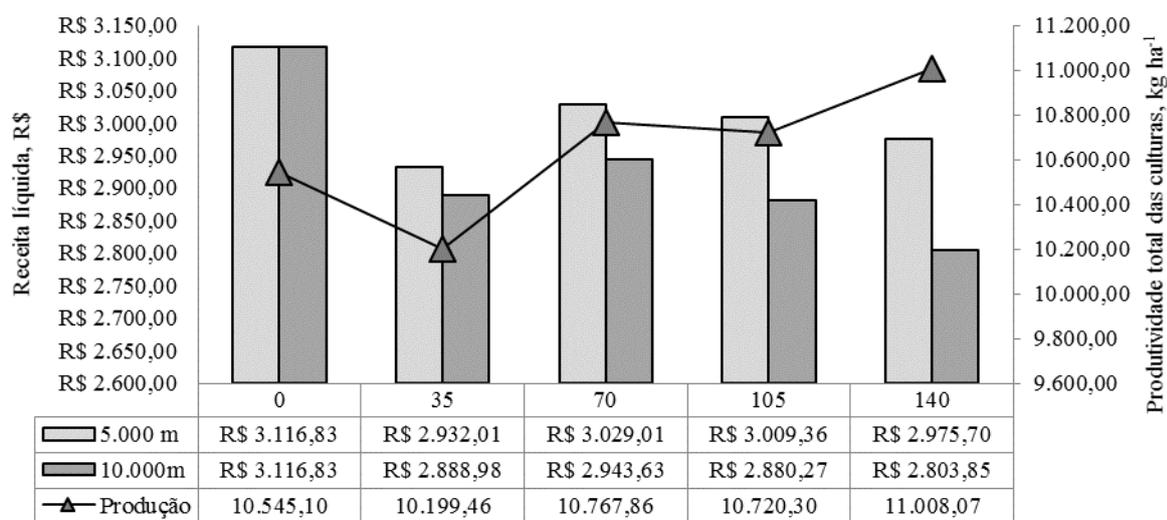
A maior produtividade total de grãos foi obtida na dose de 140 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, produzindo 11,00 t ha⁻¹ ano⁻¹, produzindo 0,46 t ha⁻¹ ano⁻¹ acima da ausência de

aplicação (Figura 5), em contrapartida, apresentando a menor rentabilidade, além do alto potencial em causar

efeitos deletérios ao meio ambiente ao longo dos anos, em repetidas aplicações.

**TABELA 2.** Análise econômica de água residuária de suinocultura (ARS) para as distâncias de 5.000 e 10.000 metros, da lagoa de estabilização anaeróbia até o local de aplicação.

Distâncias	Doses ( $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ )	Custos aplicações (R\$)	Custo distâncias (R\$)	Cultura da soja		Cultura do milho		Total (R\$)		
				Custo fixo (R\$)	Receitas (R\$)		Custo fixo (R\$)		Receitas (R\$)	
					bruta	líquida			bruta	líquida
5.000 m	0	0,00	1.467,7		4.073,72	2.605,95	1.979,83	510,89	3.116,83	
	35	84,76	1.552,5	1.467,77	4.109,78	2.557,25	1.843,70	374,76	2.932,01	
	70	169,52	1.637,3		4.138,46	2.501,17	1.997,46	528,52	3.029,69	
	105	254,28	1.722,0		4.177,72	2.455,67	2.022,63	553,69	3.009,36	
	140	339,05	1.806,8		4.135,58	2.328,76	2.115,88	646,94	2.975,70	
10.000 m	0	0,00	1.467,8		4.073,72	2.605,95	1.979,83	510,89	3.116,83	
	35	127,79	1.595,5	1.467,77	4.109,78	2.514,22	1.843,70	374,76	2.888,98	
	70	255,58	1.723,3		4.138,46	2.415,11	1.997,46	528,52	2.943,63	
	105	383,37	1.851,1		4.177,72	2.326,58	2.022,63	553,69	2.880,27	
	140	511,17	1.978,9		4.135,58	2.156,64	2.115,88	646,94	2.803,58	



**FIGURA 5** - Receita líquida de doses de água residuária de suinocultura (ARS) para as distâncias de 5.000 e 10.000 metros e produção total de grãos do sistema soja - milho segunda safra.

Além do N, outros elementos podem contaminar os solos e os cursos de água, além do acúmulo de nutrientes poder causar toxicidade às plantas. Diante do exposto, existe a necessidade do reuso dos nutrientes contidos na ARS, porém sem que isto signifique prejuízo ao ambiente em curto ou longo prazo (BASSO et al., 2005; SILVA et al., 2014).

A dose de  $70 m^3 ha^{-1} ano^{-1}$  pode ser alternativa para reciclagem de ARS e para maior liquidez financeira para produtores vizinhos em até 5.000 m das granjas de suínos, auxiliando na diluição do potencial poluente deste resíduo. No Estado de Santa Catarina, o produtor deve comprovar área de terra suficiente para reciclar no máximo de  $50 m^3$

$ha^{-1} ano^{-1}$ , para obter licenciamento ambiental (GATIBONI et al., 2008).

Outro fator de extrema importância é o sistema de preparo do solo na determinação das receitas líquidas. Um estudo feito por Pandolfo e Ceretta (2008) concluiu que o desempenho foi dependente das formas de preparo do solo, onde foi no sistema de plantio direto, todas as fontes de nutrientes apresentaram os melhores índices de produtividade e receita líquida. Estes autores levaram em conta cinco sistemas de preparo de solo: plantio direto, preparo reduzido, preparo convencional, preparo convencional com resíduos queimados e preparo convencional com resíduos retirados; combinados com

quatro fontes de nutrientes testemunha, sem aplicação de nutrientes, adubação mineral de acordo com a recomendação para cada cultura, 5 t ha<sup>-1</sup> de matéria úmida de cama de frango, 60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de bovinos e 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos.

## CONCLUSÕES

O cultivo de soja com ARS proporcionou aumento na massa de mil grãos e altura de plantas e redução na nodulação da cultura.

A aplicação de ARS na soja causou efeito no milho cultivado em sucessão (segunda safra), acarretando maiores teores de massa de mil grãos e produtividade de milho.

Devido à alta carga de N e menor rentabilidade, a dose de 140 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> deve ser evitada antes da cultura da soja.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2101-2111, 2008.
- ALTMANN, R.; OLTRAMARI, A.C. **A agricultura orgânica na região da Grande Florianópolis**: indicadores de desenvolvimento. Florianópolis: Instituto Cepa/SC, 2004. 181p.
- BAHRY, C.A.; VENSKE, E.; NARDINO, M.; FIN, S.S.; ZIMMER, P.D.; SOUZA, V.Q.; CARON, B.O. Características morfológicas e componentes de rendimento da soja submetida à adubação nitrogenada. **Revista Agrarian**, v.6, p.281-288, 2013.
- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; POLETTI, N.; GIOTTO, E. Dejetos líquidos de suínos II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, p.1305-1312, 2005.
- CAOVILLA, F.A.; SAMPAIO, S.C.; SMANHOTTO, A.; NÓBREGA, L.H.P.; QUEIROZ, M.M.F.; GOMES, B. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residual da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.692-697, 2010.
- CESARINO, R.O. **Milho fertirrigado com dejetos de suíno para ensilagem**. 2006. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, MG, 2006.
- CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R.S.; INOUE, M.H.; ARANTES, J.G.Z.; CAVALIEIRI, S.D. Sistemas de dessecação antecedendo a semeadura direta de milho e controle de plantas daninhas. **Ciência Rural**, v.39, p.971-976, 2009.
- DIESEL, R.; MIRANDA, R.M.; PERDOMO, C.C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos**. Boletim Informativo de Pesquisa, Embrapa Suínos e Aves e Extensão, EMATER-RS ANO 10, BIPERS 14, 2002.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2013. 3.ed., 353p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção n.16**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 265p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.35, p.1039-1042, 2011.
- GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1753-1761, 2008.
- LANA, M.C.; FEY, R.; FRADOLOSO, J.F.; RICHART, A.; FONTANIVA, S. **Análise química de solo e tecido vegetal**: práticas de laboratório. UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2010. 129p.
- MEOTTI, G.V.; BENIN, G.; SILVA, R.R.; BECHE, E.; MUNARO, L.B. Épocas de semeadura e desempenho agrônomo de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.14-21, 2012.
- NASCIMENTO, F.M.; BICUDO, S.J.; RODRIGUES, J.G.L.; FURTADO, M.B.; CAMPOS, S. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, v.58, n.2, p.193-201, 2011.
- NOGUEIRA, P.D.M.; SENA JUNIOR, D.G.; RAGAGNIN, V.A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. **Global Science Technology**, v.3, p.117-124, 2010.
- PANDOLFO, C.M.; CERETTA, C.A. Aspectos econômicos do uso de fontes orgânicas de nutrientes associadas a sistemas de preparo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, 2008.
- SARTOR, L.R.; ASSMANN, A.L.; ASSMANN, S.T.; BIGOLIN, P.E.; MIYAZAWA, M.; CARVALHO, P.C.F. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.661-669, 2012.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO - SEAB - **Custos de produção**. Departamento de Economia Rural. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=228>>. Acesso em: 24 fev. 2015.
- SEIDEL, E.P.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; VANIN, J.P.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; NACKE, H. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Technology**, v.32, p.113-117, 2010.
- SCHIRMANN, J.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; PUJOL, S.B.; GIACOMINI, D.A.; GONZATTO, R.; OLIVO, J. Inibidor de nitrificação e aplicação parcelada de dejetos de suínos nas culturas do milho e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37 p.271-280, 2013.
- SILVA, A.F.; CARVALHO, M.A.C.; SCHONINGER, E.L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P.A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, v.27, p.404-412, 2011.
- SILVA, R.F.; BASSO, C.J.; BERTOLLO, G.M.; CORASSA, G.M.; COCCO, L.B.; STEFFEN, R.B. Doses de dejetos líquidos de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciência Rural**, v.44, p.418-424, 2014.
- SMANHOTTO, A.; SOUZA A.P.; SAMPAIO, S.C.; NÓBREGA, L.H.P.; PRIOR, M. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residual de suinocultura em solo cultivado com soja. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.346-357, 2010.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO CQFS RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- STEPHENS, B.D.; NEYRA, C.A. Nitrate and nitrite reduction in relation to nitrogenase activity in soybean nodules and *Rhizobium japonicum* bacteroids. **Plant Physiology**, v.71, p.731-735, 1983.
- VIEIRA, R.F.; TANAKA, R.T.; TSAI, S.M.; PÉREZ, D.V.; SILVA, C.M.M.S. Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.919-926, 2005.