

COMPORTAMENTO DAS FORMAS DE NITROGÊNIO EM SOLO CULTIVADO COM MILHO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA

SILVIO C. SAMPAIO¹, MARCIANE G. S. FIORI², MIGUEL A. U. OPAZO³,
LÚCIA H. P. NÓBREGA⁴

RESUMO: A utilização de água residuária com características químicas capazes de complementar ou substituir a adição de fertilizantes químicos tem beneficiado amplamente, tanto em regiões onde ocorre a necessidade de se fazer uso de irrigação, quanto em solos que necessitam de fertilizantes. Porém, uma preocupação ambiental e agrônômica deve sempre persistir no uso dessa técnica. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento das formas de nitrogênio no material percolado e no solo quando cultivado com milho (*Zea mays* L.) irrigado com água residuária da suinocultura (ARS), em quatro taxas de aplicação (112,5; 225; 337,5 e 450 kg N ha⁻¹) e adubação convencional (AD), em dois níveis (15 e 25 kg N ha⁻¹). O trabalho foi desenvolvido com a implantação de lisímetros, posterior à realização das irrigações com ARS, e coleta das amostras de solo nas profundidades 0-20; 20-40 e 40-60 cm. A partir dos resultados encontrados, concluiu-se, que no solo, houve tendência de aumentar a concentração do nitrogênio inorgânico em função da taxa de ARS e do tempo. No material percolado, observou-se maior concentração de nitrato proporcional às taxas de ARS.

PALAVRAS-CHAVE: efluente, meio ambiente, contaminação.

BEHAVIOR OF THE FORMS OF NITROGEN IN SOIL GROWN WITH CORN IRRIGATED WITH SWINE WASTEWATER

ABSTRACT: The use of wastewater with chemical characteristics capable of replacing the addition of chemical fertilizers has widely benefited regions where it is necessary to use irrigation and in soils that require addition of fertilizer. However, an environmental and agronomic concern must always persist in the use of this technique. Thus, the present study has the objective of evaluating the development of the corn crop (*Zea mays* L.) irrigated with swine wastewater on four charges of application (112.5; 225; 337.5 and 450 kg N ha⁻¹) and conventional fertilization (AD) in two levels (15 and 25 kg N ha⁻¹), evaluating the performance of nitrogen forms in the water and soil. The work was developed with the implementation of lysimeters, after completion of irrigation with swine wastewater, and collecting samples of soil at depths 0-20; 20-40 and 40-60 cm. From the results it was concluded that the soil had a tendency to increase the concentration of inorganic nitrogen as a function of the wastewater and time. In the percolated water there was a higher concentration of nitrate in proportion to the rates of wastewater.

KEYWORDS: effluent, environmental, contamination.

¹ Pesquisador em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UNIOESTE/CASCAVEL/CCET/PGEAGRI/RHESA, Cascavel - PR, Fone: (0XX45) 3220.3262, ssampaio@unioeste.br.

² Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UNIOESTE/CASCAVEL/CCET/PGEAGRI/RHESA, Cascavel - PR, Fone: (0XX45) 3220.3262, mgsilvestro@yahoo.com.br

³ Pesquisador em Engenharia de Sistemas Agroindustriais, UNIOESTE/CASCAVEL/CCET/PGEAGRI/ESA, Cascavel - PR, Fone: (0XX45) 3220.3228, mopazo@unioeste.br

⁴ Pesquisadora em Engenharia de Sistemas Agroindustriais, UNIOESTE/CASCAVEL/CCET/PGEAGRI/ESA, Cascavel - PR, Fone: (0XX45) 3220.3195, lhpn@unioeste.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 8-4-2008

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 12-12-2009

INTRODUÇÃO

A irrigação com água residuária da suinocultura, dependendo do manejo utilizado, pode propiciar sobrecarga de dejetos de suínos no solo. Dependendo da capacidade de biossorção do solo, alguns desses nutrientes podem atingir eventualmente as águas subterrâneas ou superficiais, acarretando problemas de contaminação.

Um dos principais problemas ambientais encontrados com a aplicação de águas residuárias na agricultura refere-se ao aumento da presença de nitratos nas águas subterrâneas, em níveis até dez vezes superiores à quantidade inicial, em função do excesso de nitrogênio disposto no solo (PELISSARI et al., 2009; ANAMI et al., 2008; DAL BOSCO et al., 2008; ANAMI et al., 2007; BAUMGARNTER et al., 2007; SAMPAIO et al., 2007; FRIGO et al., 2006; CAOVIALLA et al., 2005; SUSZEK et al., 2005; GOMES et al., 2004).

Assim, para que a disposição de efluentes líquidos no solo não produza riscos de salinização e de contaminação ambiental, torna-se necessário o conhecimento da capacidade de suporte de cada sistema solo-planta para que se possa estabelecer a taxa de aplicação mais adequada, de forma a resguardar a integridade dos recursos naturais.

Em suas diferentes formas, o nitrogênio tem sido considerado um dos principais poluentes químicos das águas superficiais e subterrâneas.

O nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+) ocorrem naturalmente em solos e águas, como produtos da mineralização do material orgânico. Entretanto, grandes concentrações desses íons podem ocorrer quando há lançamento de material orgânico ou da aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados no solo, o que pode causar riscos à saúde da população (MATOS et al., 2004).

Trabalhos de RABALAIS et al. (2002), SCOTT et al. (1998), KANWAR et al. (1997) e OLSEN et al. (1970) demonstraram a importância ambiental e agrônômica de se avaliar o ciclo do nitrogênio e, conseqüentemente, as respectivas formas de apresentação desse elemento quando se introduz água residuária agroindustrial. Entretanto, SCOTT et al. (1998) observaram que, infelizmente, a maioria dos estudos realizados não se preocupa em avaliar os efeitos a longo prazo da aplicação da água residuária da suinocultura em relação às formas de nitrogênio, em regiões que priorizam ou não a rotação de cultura.

Outro ponto importante, em virtude de os fertilizantes orgânicos não serem nutricionalmente balanceados, é a necessidade de correção com fertilizantes químicos e ainda os teores de nitrogênio ou fósforo do resíduo e da cultura em questão.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento das formas de nitrogênio (orgânica, inorgânica, amoniacal, nitrato e total) no solo e na água, devido à irrigação com água residuária da suinocultura na cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março a agosto de 2006, no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Câmpus de Cascavel, localizado na BR 467, km 16, sentido Cascavel-Toledo, com localização geográfica definida pelas coordenadas 24° 48' de latitude sul e 53° 26' de longitude oeste, e 760 m de altitude.

A área experimental apresenta solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico, com relevo suave a ondulado e textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999). Construíram-se 24 lisímetros em ambiente protegido, feito de armação de madeira e revestimento com polietileno transparente, com dimensões de 14 x 6 m, espaçados de 0,4 x 0,5 m, com 1,2 m de profundidade.

O híbrido de milho usado no experimento foi o COODETEC - OC-705, recomendado para a região, ciclo precoce, com população de 45.000 plantas por ha. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação da Água Residuária da Suinocultura (ARS), em quatro taxas de aplicação (112,5;

225; 337,5 e 450 kg N ha⁻¹), e adubação convencional (AD), em dois níveis, 50% e 75% da quantidade recomendada para aplicação no plantio (15 e 25 kg N ha⁻¹).

A partir dos teores de nitrogênio total encontrados na ARS, no adubo químico, na análise de solo e na demanda nutricional da cultura do milho, estimaram-se as respectivas lâminas de ARS e as quantidades de adubo químico (AD) para compor os tratamentos, além das testemunhas, conforme Tabela 1.

TABELA 1. Especificações dos tratamentos usados no experimento. **Specifications of the treatments used on the experiment.**

Tratamento	Taxas de N aplicadas (kg N ha ⁻¹)		Taxa de Aplicação de ARS (L lisímetros ⁻¹ aplicação ⁻¹)
	AD	ARS	
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	-	-

Análises físico-químicas do solo ao longo do eixo longitudinal da área protegida indicaram a necessidade de controle local (blocos) na experimentação. A adubação química aplicada seguiu a recomendação de FANCELLI & DOURADO NETO (2000).

A ARS foi coletada em propriedade rural, na localidade de Alto Bom Retiro, Cascavel - PR, em granja de produção de suínos em fase de terminação, que se encontrava em lagoa de descarga por um período de 40 dias, sendo sua caracterização físico-química apresentada na Tabela 2.

TABELA 2. Características físico-químicas da ARS. **Physical-chemical characteristics of swine wastewater.**

Parâmetro	Resultado
pH	7,70
NTK (mg L ⁻¹)	1.745
Nitrato (mg L ⁻¹)	35
Nitrito (mg L ⁻¹)	2,78
Amônia (mg L ⁻¹)	1.073
Potássio (mg L ⁻¹)	150
Fósforo total (mg L ⁻¹)	171
Condutividade (uS cm ⁻¹)	6.770
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	5.950
Sólidos totais fixos (mg L ⁻¹)	3.100
Sólidos dissolvidos fixos (mg L ⁻¹)	1.780
Sólidos dissolvidos voláteis (mg L ⁻¹)	2.340
Turbidez (UT)	940
DBO (mg L ⁻¹)	2.406
DQO (mg L ⁻¹)	3.048
Magnésio (mg L ⁻¹)	7,50
Cálcio (mg L ⁻¹)	34,50
Cobre (mg L ⁻¹)	0,06
Zinco (mg L ⁻¹)	0,38

Realizaram-se irrigações suplementares, com água de poço artesiano, a cada 15 dias, durante o ciclo vegetativo e até o início do ciclo reprodutivo da cultura. As lâminas de irrigação estimadas para a região seguiram a metodologia de LONGO et al. (2006), totalizando 483 mm no período. Durante o ciclo vegetativo da cultura, foram realizadas cinco coletas do percolado nos lísímetros e do solo (nas profundidades de 0,0 - 0,20; 0,20 - 0,40 e 0,40 - 0,60 m); a primeira foi realizada antes da aplicação de ARS, e a última, após a colheita, sendo as demais aos 40; 70 e 95 Dias Após a Semeadura (DAS). Nas análises, seguiram-se as metodologias encontradas em TEDESCO et al. (1995) e apresentadas pela APHA (1998). Ressalta-se que os ácidos utilizados na extração foram: ácido sulfúrico, ácido nítrico e ácido perclórico.

O teor de nitrogênio total e a altura das plantas de milho foram determinados ao final do experimento, visando a avaliar o efeito na cultura das formas de nitrogênio no solo e do percolado.

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, com esquema trifatorial, tendo como fatores as épocas de amostragens, a água residuária da suinocultura e a adubação química. As épocas de amostragens foram consideradas como fator, com o objetivo de avaliar o efeito temporal dos tratamentos, sendo contadas a partir do DAS, que constituem em cinco datas para a avaliação dos parâmetros químicos do solo (0; 40; 70; 95 e 125 DAS).

Os níveis da Água Residuária da Suinocultura (ARS) e os níveis de Adubação Química (AD), combinados entre si, e contabilizando as duas testemunhas para os níveis de adubação, totalizam dez tratamentos. A análise estatística dos dados foi realizada a partir de análises de variância, consequentes desdobramentos de interações significativas, determinando-se modelos de regressão lineares, de modo a verificar os respectivos efeitos dos fatores. Destaca-se que são apresentados apenas os modelos que foram significativos com nível de confiança mínimo de 95%; os demais não apresentaram efeitos dos tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, são apresentados os resultados das análises de variância, considerando o esquema experimental fatorial. Nota-se que, de modo geral, o fator ARS apresentou maior influência em todas as formas de nitrogênio avaliadas, quer seja isolado, quer seja nas respectivas interações.

Observa-se que os coeficientes de variação para o nitrogênio total e nitrato no material percolado são elevados em virtude da facilidade dinâmica dos processos de nitrificação e desnitrificação em água.

Ressalta-se que os resultados apresentados são aqueles em que se observaram diferenças significativas na respectiva análise de variância.

TABELA 3. Níveis de significância das análises de variância para as formas de nitrogênio no solo, percolado e planta, nos fatores ARS, AD e DAS. **Significance levels of variance analysis for forms of nitrogen in the soil, leached and plant in the factors ARS, AD and DAS.**

Fonte de Variação	Solo					Percolado		Planta	
	N total	N inorg.	Nitrato	N amon.	N org.	N total	Nitrato	N total	Altura de Planta
ARS	0,0235	0,0000	0,0001	0,0001	<u>0,0000</u>	<u>0,0339</u>	<u>0,0341</u>	0,2890	<u>0,0000</u>
AD	0,0002	0,3161	0,0409	0,3787	<u>0,0265</u>	0,9975	0,4865	0,4770	0,9526
DAS	0,0025	0,0000	0,0000	0,0000	<u>0,0033</u>	0,0666	<u>0,0000</u>	-	<u>0,0000</u>
ARS*AD	0,0960	0,1041	0,1121	0,7187	0,0747	0,9647	0,7011	0,9008	0,3008
ARS*DAS	0,1597	0,0000	0,0001	<u>0,0000</u>	0,4423	0,3212	0,7793	-	0,5378
AD*DAS	0,7462	0,0419	0,4664	0,9122	0,1677	0,9865	0,4043	-	0,9775
ARS*AD*DAS	<u>0,0340</u>	<u>0,0002</u>	<u>0,0000</u>	0,1322	0,3146	0,6959	0,3444	-	1,0000
C.V. (%)	7,55%	9,87%	13%	10,99	8,17%	113,45%	132,43%	22,22%	22,54%

Níveis de significância sublinhados são significativos ao limite de 5%.

Observa-se, nas Figuras 1; 2; 3; 4 e 5, o comportamento das formas de nitrogênio total, inorgânico, nitrato, amoniacal e orgânico, respectivamente, no solo.

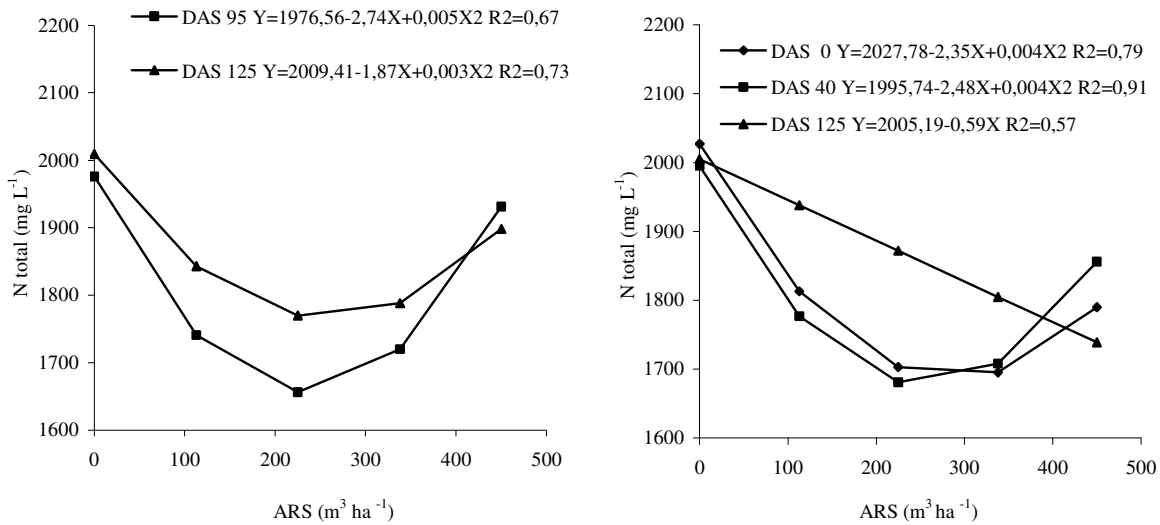


FIGURA 1. Comportamento do nitrogênio total do solo em função da ARS para DAS dentro dos fatores AD 50 e 75% (efeito ARS*AD*DAS). **Behavior of total nitrogen soil in function of ARS for DAS and within factors of AD 50 and 75% (ARS*AD*DAS effect).**

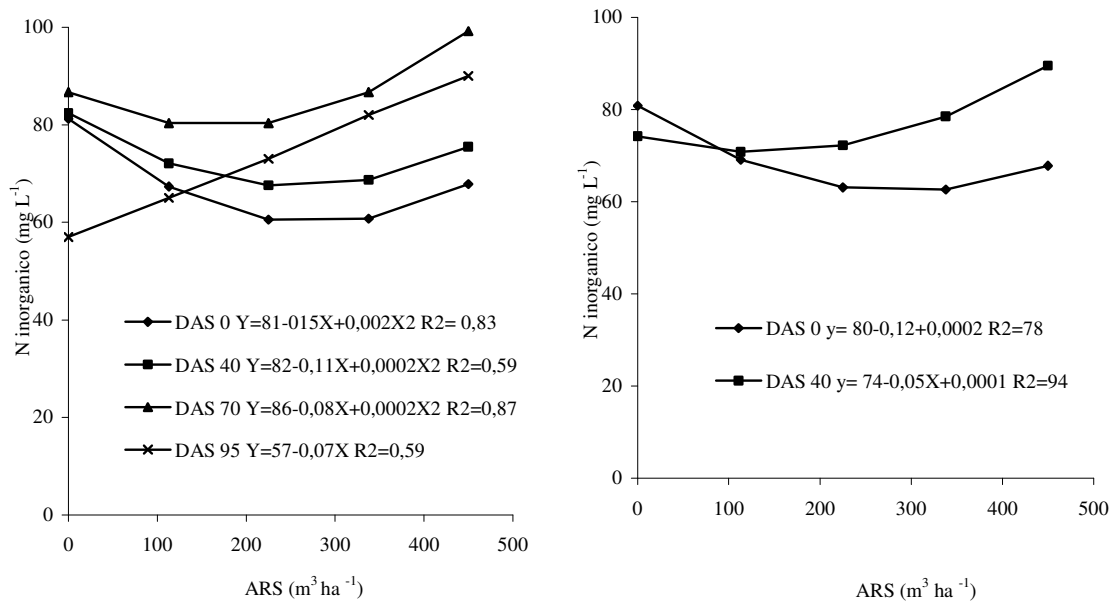


FIGURA 2. Comportamento do nitrogênio inorgânico do solo em função da ARS para DAS dentro dos fatores AD 50 e 75% (efeito ARS*AD*DAS). **Behavior of inorganic nitrogen soil in function of ARS for DAS and within factors of AD 50 and 75% (ARS*AD*DAS effect).**

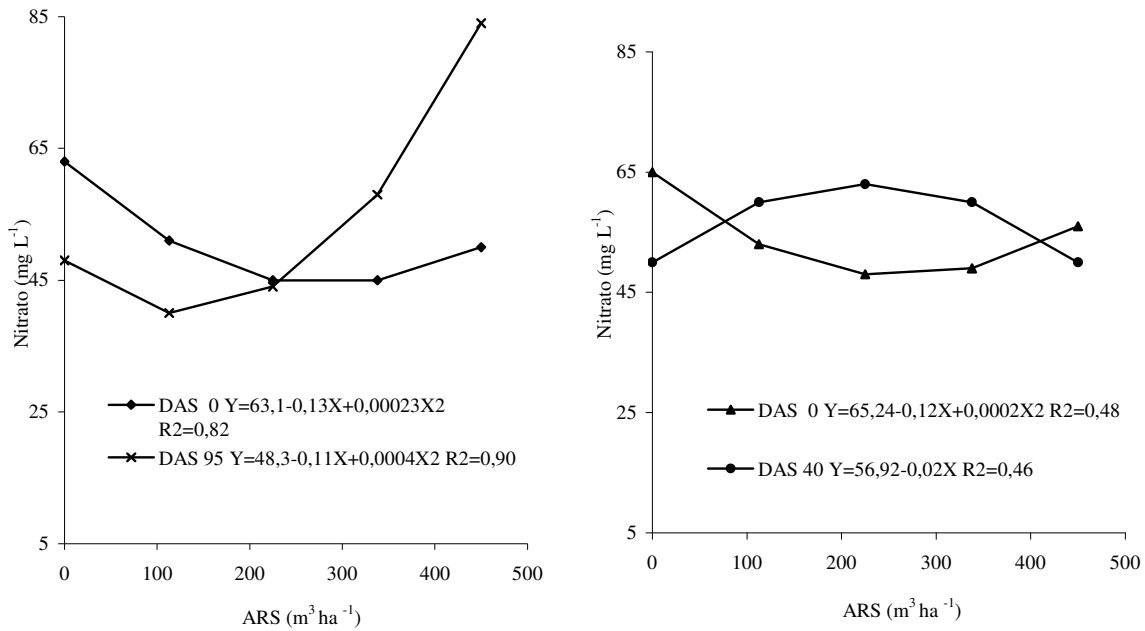


FIGURA 3. Comportamento do nitrato do solo em função da ARS para DAS dentro dos fatores AD 50 e 75% (efeito ARS*AD*DAS). **Behavior of nitrate soil in function of ARS for DAS and within factors of AD 50 and 75% (ARS*AD*DAS effect).**

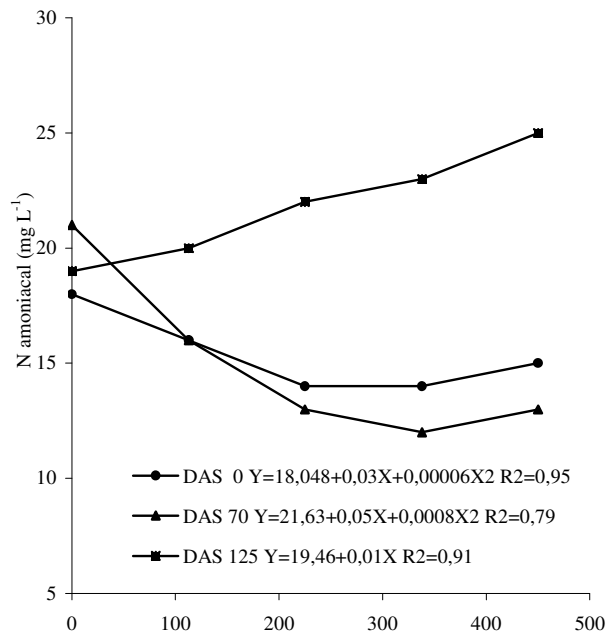


FIGURA 4. Comportamento do nitrogênio amoniaco do solo em função da ARS dentro do fator DAS (efeito ARS*DAS). **Behavior of ammoniacal nitrogen soil in function of ARS within factors of AD (ARS *DAS effect).**

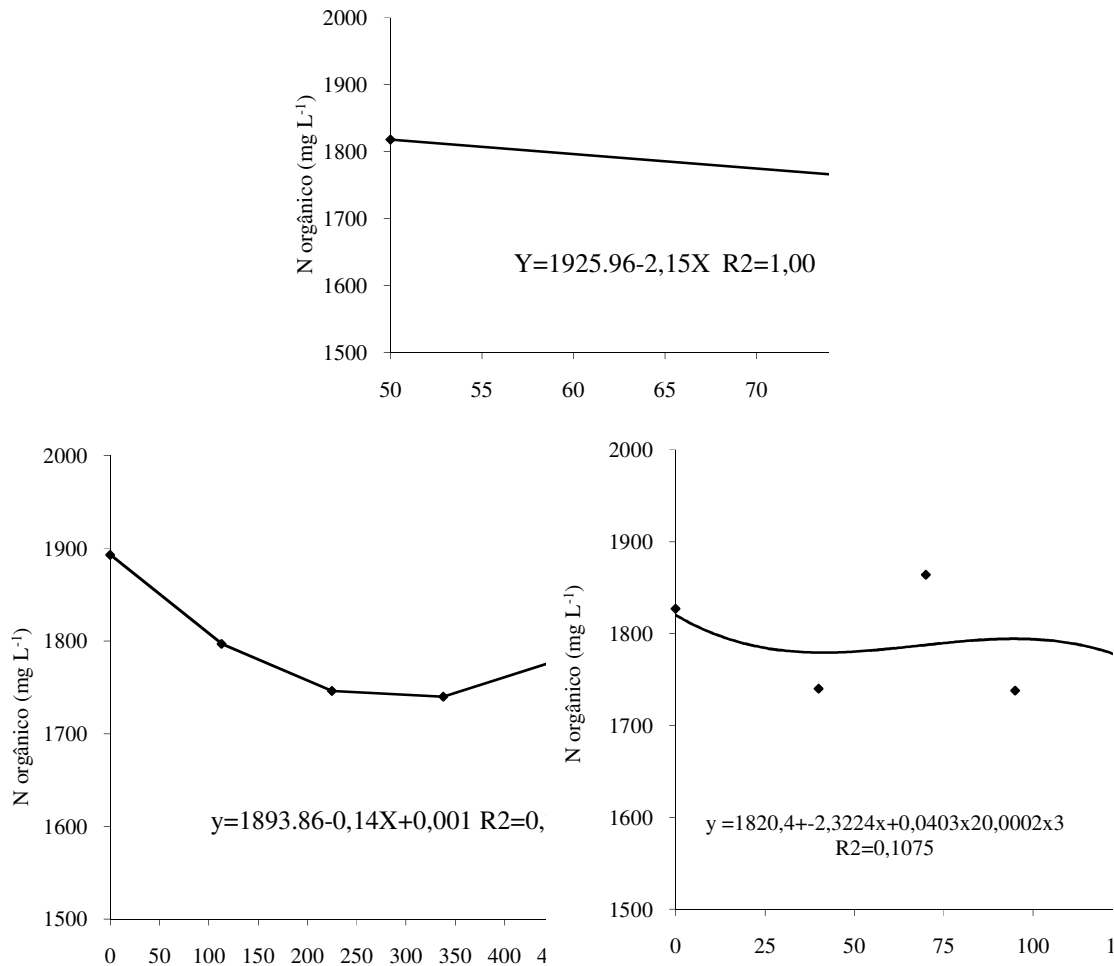


FIGURA 5. Comportamento do nitrogênio orgânico no solo em função dos fatores AD, ARS e DAS (efeitos isolados). **Behavior of organic nitrogen in function of the factors AD, ARS and DAS (isolated effects).**

Observando a Figura 1, percebe-se que os modelos de regressão significativos obtidos para AD 50 e 75% são todos quadráticos, exceto para DAS 125 no AD 75%. Porém, todos tendendo em diminuir o teor de nitrogênio total no solo. CAOVIILLA et al. (2005) observaram resultado semelhante em estudo realizado no mesmo solo, em que a concentração de nitrogênio total diminuiu em consequência da volatilização da amônia decorrente da aplicação de ARS.

A partir da Figura 2, avaliando os gráficos de interação dos fatores ARS*AD*DAS, nota-se que as testemunhas apresentaram concentração de nitrogênio inorgânico entre 60 e 90 mg L⁻¹ para os dois níveis de AD. Percebe-se, em ambos os níveis, que no início do experimento (0 DAS), as concentrações do nitrogênio inorgânico no solo eram menores que no final (95 DAS), ou seja, houve efeito acumulativo dessa forma ao longo do tempo e também efeito da ARS ao final do ciclo da cultura. Possivelmente, o nitrogênio orgânico foi mineralizado, aumentando sua concentração no solo em função da taxa de ARS e do DAS, diminuindo em alguns estádios de desenvolvimento em que a planta apresentava maior necessidade desse elemento para seu desenvolvimento, principalmente nas formas inorgânicas (ALFAIA, 2006).

Na Figura 3, é apresentado o comportamento do nitrato em função da ARS para cada nível de AD e DAS, em função da interação ARS*AD*DAS. Observa-se que os teores de nitrato, para

ambas adubações (50 e 75%), encontram-se na faixa de 45 a 65 mg L⁻¹. Exceção apenas para o ponto referente a 50% AD e 450 m³ ha⁻¹ de ARS. Essa diferença ocorre principalmente pelo fato de a planta na parcela respectiva desse tratamento ter absorvido menos quantidade de nitrato, pois a altura da planta foi menor que os demais tratamentos (AMADO et al., 2002).

A interação significativa ARS*DAS do nitrogênio amoniacal demonstra que, entre todos os fatores, a ARS e o tempo de avaliação (DAS) foram os que mais influenciaram nas formas de nitrogênio. Na Figura 4, é apresentado o comportamento dessa forma de nitrogênio em função da ARS para cada nível de DAS. Observa-se que, na testemunha (0 ARS), durante a experimentação, a concentração de nitrogênio amoniacal sofreu pequeno decréscimo ao final do ciclo, corroborando PORT et al. (2003), que encontraram perdas, principalmente por volatilização da amônia, tanto nos locais de armazenamento dos dejetos como após a sua aplicação no campo.

MOAL et al. (1995) e SOMMER & HUTCHINGS (2001) também relataram perdas de nitrogênio por volatilização de amônia na faixa de 5% a 75% do nitrogênio amoniacal. Tais perdas, segundo FLEMING & BRADSHAW (1992), são devidas aos microrganismos que convertem o amônio em nitrato, que é altamente solúvel, podendo mover-se facilmente com a água presente no solo. O aumento na concentração de amônia, aos 125 DAS, pode ser entendido pelo processo de mineralização da matéria orgânica no solo, pois coincide com o aumento da quantidade de ARS adicionada ao solo, pois nesse momento a cultura não mais necessita de nutrientes, por se encontrar próxima da colheita. De acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2002), a mineralização da matéria orgânica do solo, da qual fazem parte as reações de amonificação e a nitrificação, transforma, em média, de 2% a 5% do nitrogênio orgânico por ano.

Encontra-se, na Figura 5, o comportamento do nitrogênio orgânico para cada fator isolado avaliado, ARS, AD e DAS, visto que foi a única forma de nitrogênio do solo que não apresentou interação significativa. Esse fato é explicado em função de a ARS utilizada apresentar baixos teores de nitrogênio orgânico, conforme indicado na Tabela 2. Vale ressaltar que, apesar de os testes estatísticos indicarem que a equação e os respectivos parâmetros da Figura 5 são significativos a 5%, o que induz à recomendação de uso da equação, o coeficiente de determinação encontrado para DAS é muito baixo, o que demonstra muito pouca aderência entre o modelo e os dados observados.

Em todas as Figuras de 1 a 5, é possível perceber que os fatores AD e DAS têm menos influência sobre as formas de nitrogênio do solo que o fator ARS.

Apresenta-se, nas Figuras 6 e 7, o comportamento das concentrações de nitrogênio total e nitrato encontrado no percolado, em função da ARS. Percebe-se que ambos possuem o mesmo comportamento, devido à ARS usada no experimento ter alta concentração de nitrogênio inorgânico e também do processo de nitrificação (CAOVILLA et al., 2005).

Na Figura 7, pode ser notado que os teores de nitrato encontrados foram relativamente baixos, o que contraria KANWAR et al. (1997), pois estudos sobre poluições em solos agricultáveis por nitrato indicam que a prática de aplicação de altas quantidades de dejetos de suínos no solo implica altas concentrações de nitrato no lixiviado. Entretanto, esses valores baixos na concentração do nitrato, no período, podem ser devidos principalmente ao fato de a cultura do milho requerer altas concentrações desse elemento para seu desenvolvimento, conforme YAMADA (1996).

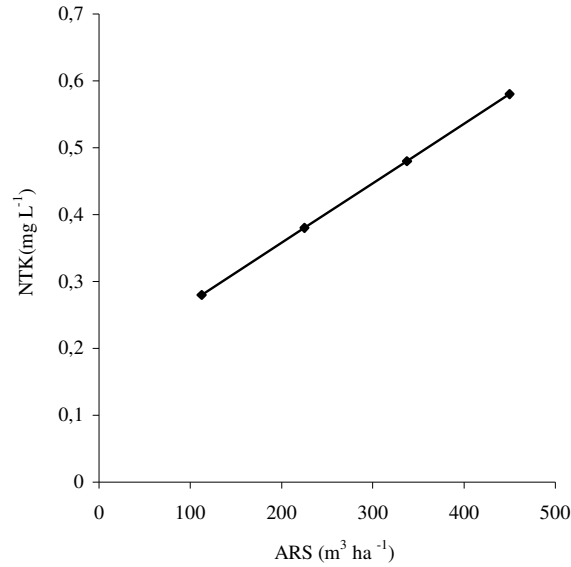


FIGURA 6. Comportamento do nitrogênio total no percolado do lisímetro em função do fator isolado ARS (efeito isolado). **Behavior of the total nitrogen in lysimeter leaching in function of the isolated factor ARS (isolated effect).**

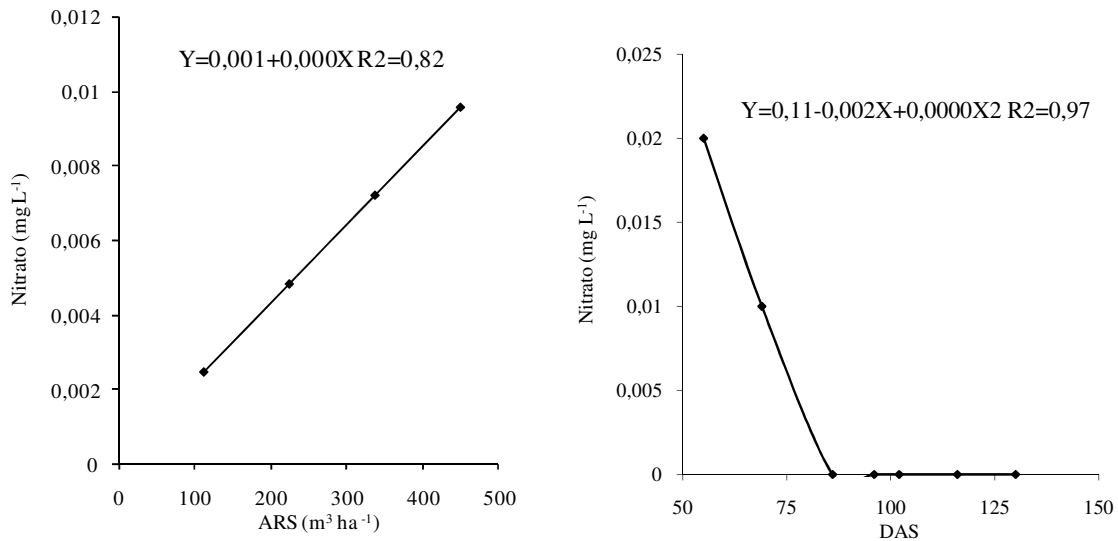


FIGURA 7. Comportamento do nitrato no percolado do lisímetro em função dos fatores isolados ARS e DAS (efeitos isolados). **Behavior of the nitrate in lysimeter leaching in function of isolated factors ARS and DAS (isolated effects).**

O crescimento da cultura do milho foi avaliado mediante sua altura, e os fatores que a influenciaram foram a ARS e o DAS com efeitos isolados (Figura 8). Destaca-se que esses comportamentos indicam, indiretamente, a influência da cultura do milho nas formas de nitrogênio no solo e no material percolado. Essa influência é explicada por STEVENSON (1986), quando citou que as formas inorgânicas respondem por pequena parcela do N total, porém são de extrema importância do ponto de vista nutricional, já que são elas as absorvidas pelos vegetais e microrganismos.

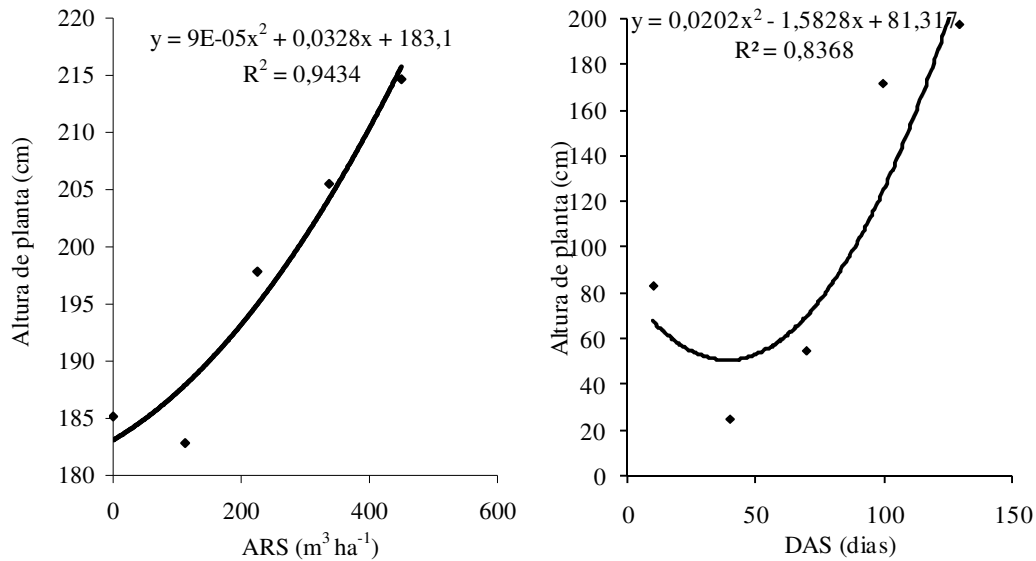


FIGURA 8. Comportamento da altura da cultura do milho em função dos fatores isolados ARS e DAS (efeitos isolados). **Behavior of the height corn in function of isolated factors ARS and DAS (isolated effects).**

CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados, pode-se concluir que:

No solo:

O nitrogênio inorgânico aumentou sua concentração em função da taxa de ARS e do tempo, diminuindo em alguns estádios em que a planta apresentava maior necessidade desse elemento.

O nitrogênio orgânico diminuiu no período, apesar da adição de ARS e AD, e o nitrogênio amoniacal apresentou comportamento instável, oscilando durante o período, sendo que sua concentração final aos 125 DAS apresentou um aumento, coincidindo com o aumento da taxa de ARS.

O nitrato apresentou oscilações no decorrer do período, porém sua concentração final foi inferior à inicial, considerando o ciclo vegetativo da cultura.

No material percolado:

A concentração de nitrato foi alterada pela adição de ARS em suas taxas e ao longo do período.

O nitrogênio total apresentou aumento em suas concentrações, ao longo do período, em função da adição de ARS.

REFERÊNCIAS

- ALFAIA, S.S. Caracterização e distribuição das formas do nitrogênio orgânico em três solos da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, Manaus, v.36, n.2, p.135-140, 2006.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.1, p.241-248, 2002.
- ANAMI, M.H.; SAMPAIO, S.C.; SUSZEK, M.; DAMASCENO, S.; QUEIROZ, M.M.F. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em

colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.12, n.1, p.75-80, 2008.

ANAMI, M.H.; SAMPAIO, S.C.; SUSZEK, M.; FRIGO, E.P. Lixiviação de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura tratada em sistema de lagoas. *Revista Irriga*, Botucatu, v.12, n.1, p.192-201, 2007.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, AWWA, WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington: American Public Health Association, 1998. 1.193 p.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S.C.; SILVA, T.R.; VILAS BOAS, M.A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.1, p.152-163, 2007.

CAOVILLA, F.A.; SAMPAIO, S.C.; PEREIRA, J.O.; VILAS BOAS, M.A.; GOMES, B.M.; FIGUEIREDO, A. de C. Lixiviação de nutrientes provenientes de águas residuárias em colunas de solo cultivados com soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, p.283-287, 2005. Suplemento.

DAL BOSCO, T.C.; SAMPAIO, S.C.; OPAZO, M.A.U.; GOMES S.D.; NÓBREGA, L.H.P. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.4, p.699-709, 2008.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, 1999. 412 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Fenologia do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (COORD.). *Tecnologia da produção de milho*. Piracicaba: Publique, 2000. p.131-134.

FLEMING, R.J.; BRADSHAW, S.H. *Contamination of subsurface drainage systems during manure spreading*. St. Joseph: ASAE Paper No. 922618, 1992.

FRIGO, E.P.; SAMPAIO, S.C.; FREITAS, P.S.L.; QUEIROZ, M.M.F.; NÓBREGA, L.H.P.; MALLMANN, L.S. Desempenho do sistema de gotejamento e de filtros utilizando água residuária da suinocultura. *Revista Irriga*, Botucatu, v.11, n.3, p.305-318, 2006.

GOMES, E.R.S.; SAMPAIO, S.C.; CORRÊA, M.M.; VILAS BOAS, M.A.; ALVES, L.F.A.; ALVES SOBRINHO, T. Movimento de nitrato proveniente de água residuária em colunas de solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.3, p.557-568, 2004.

KANWAR, R.S.; COLVIN, T.S.; KARLEN, D.L. Ridge, moldboard, chisel, and no-till effects on tile water quality beneath two cropping system. *Journal of Production Agriculture*, Ames, v.10, n.2, p.227-234, 1997.

LONGO, A.J.; SAMPAIO, S.C.; SUSZEK, M. Equação de chuvas intensas e precipitação provável para o município de Cascavel - PR. *Varia Scientia*, Cascavel, v.6, n.12, p.16-30, 2006.

MATOS, A. T.; LEMOS, A. F.; BARROS, F.M. Mobilidade de nitrato em solos de rampas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.12, n.1, p.57-65, 2004.

MOAL, J.F.; MARTINEZ, J.; GUIZIOU, F.; COSTE, C.M. Ammonia volatilization following surface applied pig and cattle slurry in France. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.125, n.2, p.245-252, 1995.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

- OLSEN, R.J.; HENSLER, R.F.; ATTOE, O.J.; WITZEL, S.A.; PETERSON, A.L. Fertilizer nitrogen and crop rotation in relation to movement of nitrate nitrogen through soil profiles. *Soil Science*, Madison, v.34, n.3, p.448-452, 1970.
- PELISSARI, R.; SAMPAIO, S.C.; GOMES, S.D.; CREPALLI, M.S. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de eucalyptus grandis (W, Hill ex Maiden). *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.2, p.288-300, 2009.
- PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.7, p.857-865, 2003.
- RABALAIS, N.N.; TURNER, R.E.; SCAVIA, D. Beyond science into policy: Gulf of Mexico Hypoxia and the Mississippi River. *Bioscience*, Washington, v.52, n.2, p.129-142, 2002.
- SAMPAIO, S.C.; SILVESTRO, M.G.; FRIGO, E.P.; BORGES, C.M. Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. *Revista Irriga*, Botucatu, v.12, n.4, p.557-562, 2007.
- SCOTT, C.A.; GEOHRING, L.D.; WALTER, M.F. Water quality impacts of tile drains in shallow, sloping, structured soils as affected by manure application. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.14, n.6, p.599-603, 1998.
- SOMMER, S.G.; HUTCHINGS, N.J. Ammonia emission from field applied manure and its reduction: invited paper. *European Journal of Agronomy*, Amsterdam, v.15, n.1, p.1-15, 2001.
- STEVENSON, F.J. *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York: J. Wiley, 1986. 380 p.
- SUSZEK, M.; SAMPAIO, S.C.; SANTOS, R.F.; NUNES, O.L.G.S.; DAMASCENO, S.; MALLMANN, L.S. Uso de água residuária da suinocultura na bioestabilização de resíduos verdes urbanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.4, p.176-180, 2005.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.
- YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho. Quanto, como e quando aplicar? *Informações Agronômicas*, Piracicaba, v.74, n.1, p.1-5, 1996.