



# Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura<sup>1</sup>

Flávia M. Barros<sup>2</sup>; Mauro A. Martinez<sup>2</sup>; Júlio C. L. Neves<sup>3</sup>;  
Antonio T. de Matos<sup>2</sup> & Demétrius D. da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada a Universidade Federal de Viçosa-UFV

<sup>2</sup>DEA/UFV, CEP-36570-000, Viçosa-MG. E-mail: mariamariani@yahoo.com.br; mmauro@ufv.br; atmatos@ufv.br; david@ufv.br

<sup>3</sup>Departamento de Solos e Nutrição de Plantas/UFV. E-mail: julio@solos.ufv.br

Protocolo 37

**Resumo:** Através do presente trabalho objetivou-se estudar os efeitos da aplicação de água residuária da suinocultura (ARS) sobre algumas características químicas de um Latossolo e avaliar a variação das formas de nitrato e amônio em relação ao nitrogênio mineralizado, sob diferentes condições de temperatura e conteúdos de água no solo. Amostras de Latossolo foram misturadas com ARS, em quantidade correspondente a 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e incubadas sob diferentes condições de temperatura e conteúdos de água. Aos 3, 6, 12, 24, 48 e 96 dias de incubação, as concentrações de amônio e nitrato foram quantificadas e aos 3 e 96 dias foram realizadas análises de condutividade elétrica, pH, nitrogênio total e carbono. A temperatura na qual os microrganismos realizaram maior nitrificação foi de 25 °C. A aplicação de ARS contribuiu para o aumento do pH e da condutividade elétrica, aos 3 dias de incubação do solo. Aos 96 dias de incubação, ocorreu, em média, aumento na condutividade elétrica, tanto para solo sem ARS quanto em solo com ARS.

**Palavras-chave:** Disposição de resíduos, dejetos de suínos, nitrato, amônio.

## Soil chemical characteristics influenced by addiction of swine wastewater

**Abstract:** The objective of the present work was to study the effects of the application of swine wastewater (SW) on some chemical characteristics of Latosol and to evaluate the variation in the forms of nitrate and ammonium in relation to the mineralized nitrogen, under different conditions of temperature and water contents in the soil. Samples of Latosol were mixed with SW in amount corresponding to 400 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen and incubated under different conditions of temperature and water contents. At 3, 6, 12, 24, 48 and 96 days after incubation the concentrations of ammonium and nitrate were quantified and at 3 and 96 days analysis electrical conductivity, pH, total nitrogen and carbon were also evaluated. The microorganisms accomplished larger nitrification in the temperature of 25 °C. The application of SW contributed to the increase of the pH and of the electrical conductivity, at 3 days after incubation of the soil. On average, at 96 days after incubation there was an increase in electrical conductivity of soil with and without SW.

**Key words** residues disposition, swine dejecta, nitrate, ammonium

## INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma exploração pecuária concentradora de dejetos animais, sabidamente possuidores de alta carga poluidora para o solo, ar e a água, razão por que, nos últimos anos, muita atenção passou a ser dada às necessidades de desenvolvimento tecnológico, com vistas à disposição dos

resíduos gerados por animais, de forma a causar o mínimo impacto sobre o ambiente (Matos et al., 1997).

A forma de disposição e depuração de esgotos e de dejetos de animais sobre o solo tem sido apontada como alternativa barata e viável. Esta forma de disposição tem por objetivo a redução dos custos de tratamento, o reaproveitamento dos nutrientes e o melhoramento das condições físicas e químicas do solo; no entanto, deve ser feita de forma cuidadosa para que

não venha contribuir com a contaminação de águas subterrâneas, superficiais e de plantas, por meio de metais pesados e não tragam efeitos negativos sobre características físicas e químicas do solo (Matos et al., 1997).

O uso não correto dos dejetos de suínos pode trazer efeitos deletérios ao solo, como por exemplo, o entupimento dos macroporos, causando o selamento superficial que dificulta a infiltração de água e a troca de gases entre a atmosfera e o solo; além disso, também oferece o risco de salinização do solo, poluição do solo e plantas com metais pesados e contaminação do homem e animais por agentes patogênicos provenientes dos dejetos (Matos et al., 1997).

As quantidades e as frequências com que as dejeções animais podem ser aplicadas ao solo, variam com o tipo de solo, com a natureza e composição dos resíduos, com as condições climáticas e com a espécie vegetal cultivada. De acordo com Matos (2004), a dose de aplicação do resíduo pode ser determinada com base na concentração do nutriente presente em maior concentração que, normalmente, é o nitrogênio.

Em suas diferentes formas, o nitrogênio tem sido considerado um dos principais poluentes químicos das águas superficiais e subterrâneas. O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ocorrem, naturalmente, em solos e águas, como produtos da mineralização do material orgânico; entretanto, grandes concentrações desses íons podem ocorrer quando há lançamento de material orgânico ou, então, aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados no solo, o que pode causar riscos à saúde da população (Muchovej & Rechcigl, 1994).

Com base neste contexto, objetivou-se, com o presente trabalho, estudar os efeitos da aplicação direta da água residuária da suinocultura sobre algumas características químicas de um Latossolo e avaliar a variação das formas de nitrato e amônio em relação ao nitrogênio mineralizado, sob diferentes condições de temperatura e conteúdos de água no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nos Laboratórios de Água e Solo e de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa, no período de maio a agosto de 2004.

Amostras deformadas de 57,3 cm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa, foram coletadas no Município de Viçosa, MG, secadas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, removendo-se raízes e restos vegetais, sendo, posteriormente, caracterizadas física e quimicamente (Tabela 1); em seguida, essas amostras foram misturadas a uma quantidade de ARS, correspondente à aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, considerando-se uma camada de solo de 20 cm de profundidade (Westerman et al., 1987). Os dados de caracterização desta água encontram-se na Tabela 2.

Posteriormente, as amostras foram colocadas em copos plásticos com volume de 60 cm<sup>3</sup> e incubadas sob quatro diferentes temperaturas (15, 20, 25 e 35 °C), em câmara BOD, com variação de  $\pm 1$  °C, e quatro conteúdos de água distintos (correspondentes às tensões de 10, 30, 200 e 1500 kPa). Os

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

Característica	Valor
pH em água (1:2,5)	4,82
Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )	27,37
Sódio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,11
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,13
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,10
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,70
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )	0,70
Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	18,00
Nitrogênio total (g kg <sup>-1</sup> )	0,73

Tabela 2. Caracterização dos parâmetros da água residuária da suinocultura (ARS)

Parâmetros	Resultados
DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	11.200
DQO <sup>2</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	51.700
Sólidos totais (g L <sup>-1</sup> )	1,39
Sólidos fixos (g L <sup>-1</sup> )	0,21
Sólidos voláteis (g L <sup>-1</sup> )	1,18
Carbono orgânico total (g L <sup>-1</sup> )	52,40
Nitrogênio total (g L <sup>-1</sup> )	2,00
Sódio (mg L <sup>-1</sup> )	14,46
Fósforo (mg L <sup>-1</sup> )	42,76
Potássio (mg L <sup>-1</sup> )	62,02

<sup>1</sup>DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio, <sup>2</sup>DQO - Demanda Química de Oxigênio

conteúdos de água no solo incubado foram monitorados por pesagem, sendo ajustados, diariamente, com a adição de água desionizada.

O delineamento experimental constituiu-se de blocos casualizados com quatro repetições; foi utilizado esquema fatorial 4 x 4 (4 conteúdos de água e 4 temperaturas) em parcelas subdivididas, as quais foram avaliadas ao longo do tempo de incubação.

As amostras foram retiradas aos 3, 6, 12, 24, 48 e 96 dias de incubação, para a quantificação das concentrações de amônio e de nitrato pelos métodos descritos por Kempers & Zweers (1986) e Yang et al. (1998), respectivamente. Aos 3 e 96 dias de incubação do solo realizaram-se análises de condutividade elétrica (5:1) e pH em água, pelo método apresentado por Tomé Júnior (1997), nitrogênio total pelo método Kjeldahl e carbono pelo método Walkley-Black.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Variação das formas mineralizadas (nitrato e amônio) do nitrogênio orgânico

A partição de nitrato e amônio, em relação ao nitrogênio mineralizado, sob diferentes temperaturas, conteúdos de água no solo e tempos de incubação para o solo tratado com ARS, está apresentada na Tabela 1.

Nota-se predomínio do nitrogênio na forma de amônio, em todos os tempos de incubação, exceto aos 96 dias de incubação e temperatura de 25 °C, quando ocorreu predominância do nitrato em relação ao amônio, principalmente sob conteúdos de água de 0,281 e 0,241 kg kg<sup>-1</sup>. Este comportamento é um

Tabela 1. Partição de nitrato e amônio (%) em relação ao nitrogênio mineralizado sob diferentes temperaturas (T), conteúdos de água e tempos de incubação em solo com ARS

T (°C)	Conteúdo de água (kg kg <sup>-1</sup> )	Tempo de incubação (dia)											
		3		6		12		24		48		96	
		N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
15	0,300 (10 kPa)	82,6	17,3	83,2	16,7	81,6	18,3	92,6	7,3	91,2	8,8	81,7	18,2
	0,281 (30 kPa)	82,8	17,1	81,2	18,7	83,1	16,9	93,7	6,2	92,1	7,8	81,2	18,7
	0,241 (200 kPa)	83,4	16,5	79,5	20,5	83,0	16,9	92,3	7,6	90,9	9,0	81,1	18,8
	0,218 (1500 kPa)	83,9	16,0	79,8	20,1	80,0	19,9	93,2	6,7	92,0	7,9	73,3	23,6
20	0,300 (10 kPa)	83,7	16,2	80,2	19,7	84,9	15,0	92,5	7,4	95,0	4,9	87,2	12,8
	0,281 (30 kPa)	82,7	17,2	76,8	23,2	80,4	19,5	92,7	7,2	94,8	6,2	84,6	15,3
	0,241 (200 kPa)	83,6	16,3	77,0	23,0	79,6	20,3	94,0	5,9	94,7	5,2	85,5	14,4
	0,218 (1500 kPa)	82,4	17,5	77,6	22,4	80,3	19,6	91,4	8,5	87,5	12,4	81,8	18,1
25	0,300 (10 kPa)	82,0	17,9	79,8	20,1	87,2	12,7	92,7	7,2	77,9	22,0	29,5	70,4
	0,281 (30 kPa)	82,2	17,7	82,6	17,3	85,0	14,9	91,3	8,6	75,9	24,0	26,7	73,2
	0,241 (200 kPa)	78,3	21,7	78,8	21,2	82,7	17,2	93,0	6,9	78,6	21,3	25,0	75,0
	0,218 (1500 kPa)	78,3	21,6	76,0	23,9	80,1	19,8	93,7	6,2	83,6	16,3	42,9	57,0
35	0,300 (10 kPa)	77,5	22,4	83,2	16,8	87,8	12,1	90,6	9,3	85,9	14,0	48,6	51,3
	0,281 (30 kPa)	79,3	20,6	83,2	16,8	85,7	14,3	91,5	8,4	84,0	16,0	46,1	53,8
	0,241 (200 kPa)	76,7	23,3	82,1	17,1	86,3	13,6	93,4	6,5	87,0	12,9	72,2	27,7
	0,218 (1500 kPa)	77,0	23,0	83,2	16,8	82,1	13,8	95,5	4,4	92,7	7,2	80,5	19,4

indicativo de que a temperatura ideal para os microrganismos realizarem a nitrificação, foi de 25 °C, sendo, em geral, mais favorecidos nos conteúdos de água intermediários. Essas condições de temperatura e conteúdos de água, favoráveis à nitrificação, estão coerentes com as condições apresentadas por Dias et al. (1992), como mais adequadas para realização da nitrificação (25 a 35 °C, pH ligeiramente ácido e níveis intermediários de conteúdo de água). Conteúdos de água muito baixos inibem o processo de mineralização por deficiência de água e, caso estes conteúdos sejam muito altos, o processo pode ser inibido por deficiência de oxigênio.

Segundo Cardoso et al. (1992), a temperatura ótima para a nitrificação está na faixa de 25 a 32 °C, cessando acima de 51 °C; além disso, outro fator que deve ser considerado é o conteúdo de água do solo, o qual está associado à aeração, exercendo influência direta na nitrificação, que pode ser retardada por condições extremas de umidade.

Em trabalho realizado por Boeira et al. (2002), com o objetivo de avaliar o nitrogênio mineralizado ao longo do tempo de incubação, em solo tratado com lodo de esgoto (temperatura de 24 °C e incubação de 105 dias), o amônio foi a forma predominante de nitrogênio mineral nas primeiras semanas e a nitrificação se intensificou nas semanas finais de incubação.

### Potencial hidrogeniônico (pH)

Aos três dias de incubação o pH do solo sem ARS ( $y = \bar{y} = 4,56$ ) não sofreu alteração quando incubado sob as diferentes temperaturas e conteúdos de água, sendo classificado como muito baixo (Tomé Júnior, 1997).

Na Figura 1 estão apresentados os valores de pH em solo, com e sem ARS. Baseando-se nos dados experimentais, pode-se observar, na Figura 1 A, que no solo com ARS ocorreu, aos 3 dias de incubação, aumento do pH, passando de 4,56 para

valores que variaram entre 4,8 a 5,1, dependendo da temperatura e do conteúdo de água, fato este justificável pelos efeitos proporcionados pela matéria orgânica contida na ARS, aplicada ao solo.

O pH é um dos principais fatores atuantes na microbiota do solo, principalmente sobre os microrganismos nitrificadores, mais sensíveis e exigentes, cujo pH ideal se encontra próximo à faixa de neutralidade; as taxas de mineralização em solos ácidos são baixas, aumentando com a elevação do pH (Serrano, 1997).

Nota-se que, aos 96 dias de incubação, em solos sem ARS (Figura 1 B) ocorreu, em geral, decréscimo do pH com o aumento da temperatura até 25 °C, decréscimo este mais acentuado nos maiores conteúdos de água no solo; já na temperatura de 35 °C, a tendência do pH foi de aumento; este decréscimo mais acentuado do pH nos maiores conteúdos de água pode estar ligado ao fato de que, nos maiores conteúdos hídricos e temperaturas, principalmente sob 25 °C, as condições são ótimas para a nitrificação e, já que esta reação libera hidrogênio (Cardoso et al., 1992), isto pode ter contribuído para a diminuição do pH. O mesmo pode ser verificado na Figura 1 C, em solo com ARS aos 96 dias de incubação.

### Condutividade elétrica

Na Figura 2 estão apresentados os resultados das medições da condutividade elétrica do solo, aos 3 e 96 dias de incubação, em solo com e sem ARS, sob diferentes temperaturas e conteúdos de água no solo.

Nota-se que, aos 3 dias de incubação em solo sem ARS (Figura 2 A), a condutividade elétrica não variou muito sob diferentes condições de temperatura e conteúdos de água, tendo apresentado valor máximo de 79,17  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , sob as maiores temperaturas e conteúdos de água, e mínimo de 69,61  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , sob as menores temperaturas e conteúdos de água; no

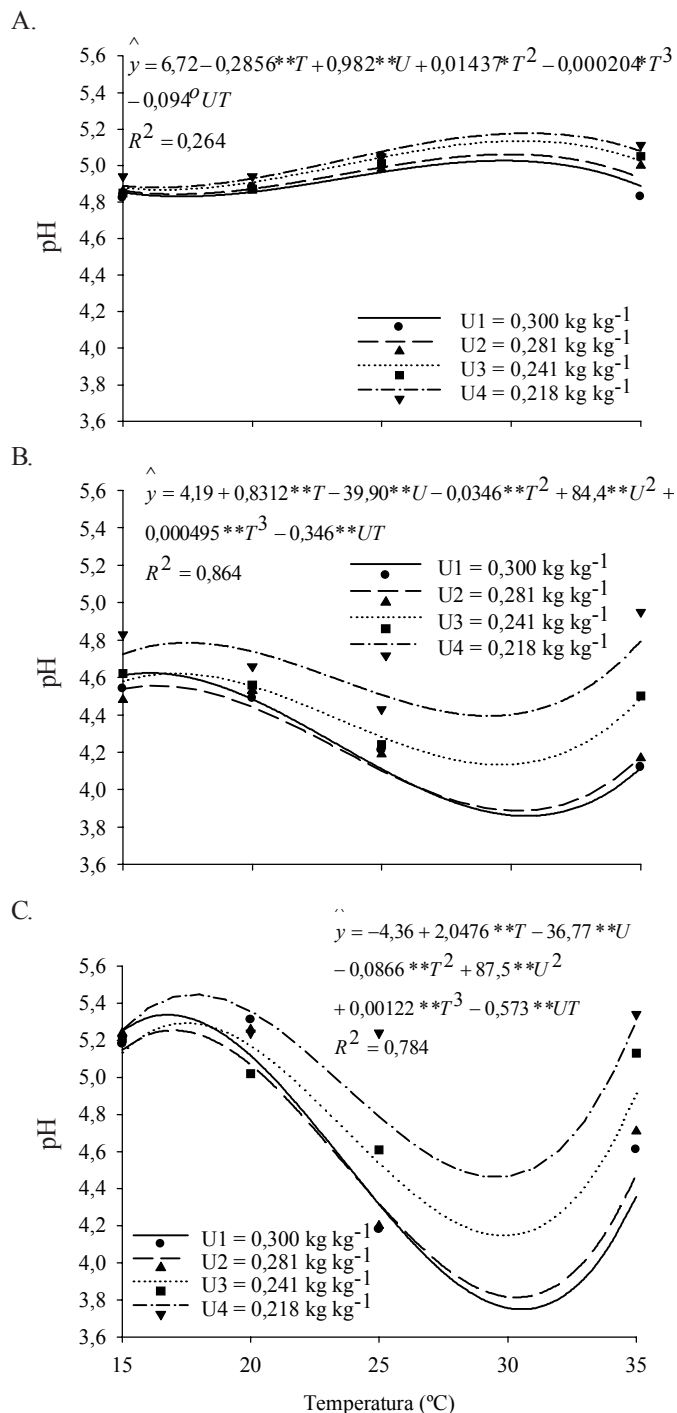


Figura 1. Valores obtidos experimentalmente e curvas ajustadas do pH no solo com ARS, aos 3 (A) e 96 (C) dias de incubação e em solo sem ARS (B) aos 96 dias de incubação sob diferentes temperaturas e conteúdos de água no solo (U)

entanto, aos 96 dias de incubação (Figura 2 C), a influência da temperatura e do conteúdo de água nos valores de condutividade elétrica foi maior, obtendo-se valores mínimo de 86,63  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e máximo de 126,94  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , os quais são maiores que os obtidos aos 3 dias de incubação do solo. Com o aumento de temperatura, conteúdo de água (até valores próximos à capacidade de campo) e tempo de incubação, ocorre maior mineralização da matéria orgânica e, conseqüentemente, o

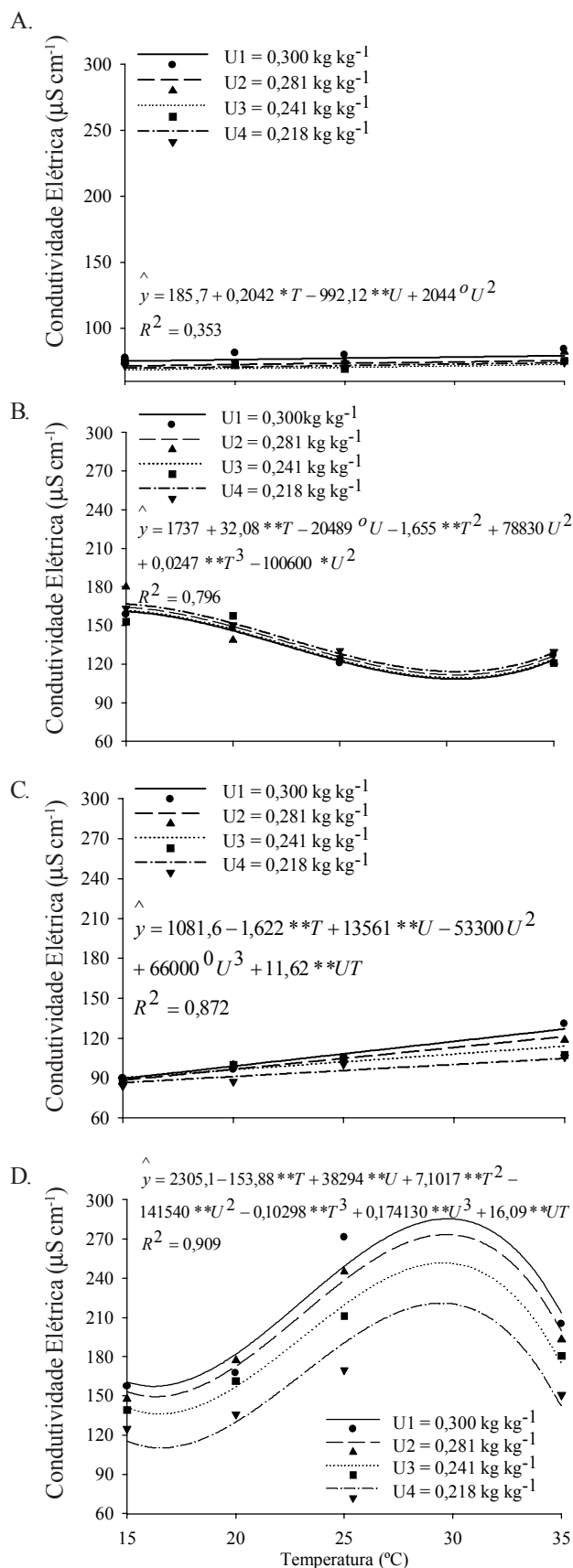


Figura 2. Valores obtidos experimentalmente e curvas ajustadas da Condutividade elétrica da solução do solo sem ARS, aos 3 (A) e 96 (C) dias de incubação e em solo com ARS aos 3 (B) e 96 (D) dias, submetido a diferentes temperaturas e conteúdos de água (U)

aumento de íons em solução, incrementando, assim, a condutividade elétrica do solo.

Analisando-se a Figura 2 B, verifica-se que a adição da ARS resultou em aumento da condutividade elétrica no solo, com valor mínimo de  $108,6 \mu\text{S cm}^{-1}$ , nas condições de maiores temperaturas e conteúdos de água, e máximo de  $166,66 \mu\text{S cm}^{-1}$ , nas condições inversas (menores temperaturas e conteúdos de água no solo).

Aos 96 dias de incubação, em solo com ARS (Figura 2 D), os maiores aumentos na condutividade elétrica ocorreram nas mesmas condições em que se deu maior nitrificação (Tabela 1, temperatura de  $25^\circ\text{C}$ ), o que disponibilizou, também, maior quantidade de íons com a decomposição do material orgânico. Nota-se que, aos 96 dias de incubação (Figura 2 D), a condutividade elétrica apresentou tendência de aumentar até à temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , enquanto ocorreu o inverso aos três dias de incubação (Figura 2 B), evento que pode ser devido ao menor tempo de incubação do solo, no qual os microrganismos ainda estavam adaptando-se ao meio, enquanto aos 96 dias eles provavelmente já estavam adaptados.

### Nitrogênio total e carbono

Tanto para o solo com ou sem ARS, a concentração do nitrogênio total ( $y = y = 0,95 + 0,73 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente) não variou em função da temperatura, do conteúdo de água e tempo de incubação, mas, aos 3 e 96 dias de incubação, a concentração de nitrogênio total no solo com ARS foi, aproximadamente, 31,5% maior que no solo incubado sem ARS, indicando, portanto, que a aplicação da ARS contribuiu para o aumento do nitrogênio no solo. Boeira et al. (2002), após a aplicação de lodo de esgoto a uma dose de  $486 \text{ kg ha}^{-1}$ , verificaram aumento de 40% do nitrogênio total, em relação ao solo sem a aplicação de lodo.

O método utilizado para determinação do carbono não permitiu detectar diferenças nos valores da concentração deste elemento, o que pode ser decorrente do método de Walkley-Black ter sido desenvolvido para análises agrícolas (considerando-se a matéria orgânica natural) (Leite et al., 2004). Portanto, a concentração de carbono orgânico nos tratamentos ( $y = y = 18 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi indicador pouco preciso da aplicação da ARS e da mineralização do nitrogênio contido na ARS, tal como observado por Boeira et al. (2002).

## CONCLUSÕES

1. A temperatura na qual os microrganismos realizaram maior nitrificação foi de  $25^\circ\text{C}$ .
2. A aplicação de ARS contribuiu para o aumento do pH e da condutividade elétrica, aos 3 dias de incubação do solo.
3. Aos 96 dias de incubação ocorreu, em média, aumento na condutividade elétrica, tanto para solo sem ARS, quanto em solo com ARS.

4. Aos 96 dias de incubação, os valores do pH em solo sem ARS não se alteraram muito, em relação aos obtidos no solo, aos 3 dias de incubação; já o pH no solo com ARS permaneceu, em média, acima dos apresentados no solo sem ARS.

## LITERATURA CITADA

- Boeira, R.C.; Ligo, M.A.V.; Dynia, J.F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.11, p.1639-1647, 2002.
- Cardoso, J. B. N.; Tsai, S. M.; Neves, M. C. P. Microbiologia do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.
- Dias, L.E.; Barros, N.F.; Franco, A.A. Curso de especialização por tutoria à distância: Módulo 6-Nitrogênio no solo. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1992. 82p.
- Kempers, A.J.; Zweers, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate method. In: Soil Science Plant Analysis, New York, v.17, n.7, p.715-723, 1986.
- Leite, C.M.; Bernardes, R.S.; Oliveira, S.A.O. Metodologia Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.8, n.1, p.111-115, 2004.
- Matos, A.T. Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos. Caderno Didático, Viçosa-MG: AEAGRI, n. 37, 2004. 136p.
- Matos, A.T.; Sedyama, M.A.N.; Freitas, S.P.; Vidigal, S.M.; Garcia, N.C.P. Características químicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de dejetos líquidos de suínos. Revista Ceres, Viçosa, v.44, n.254, p.399-410, 1997.
- Muchovej, R.M.C.; Rechcigl, J.E. Impact of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on water quality. In: LAL, R.; Stewart, B.A. (ed.). Soil Processes and water quality, Boca Raton: Lewis Publishers, p.91-135, 1994.
- Serrano, M.I.P. Mineralização, absorção e lixiviação de nitrogênio em povoamentos de *Eucalyptus grandis* sob cultivo mínimo e intensivo do solo. Piracicaba: ESALQ, 1997. 86p. Dissertação de Mestrado
- Tomé Júnior, J.B. Manual para a interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária. 1997. 247p.
- Westerman, P.W.; King, L.D.; Burns, J.C.; Cummings, G.A.; Overcash, M. R. Swine manure and lagoon effluent applied to a temperate forage mixture: II Rainfall runoff and soil chemical properties. Journal of Environmental Quality, Madison, v.16, n.2, p.106-112, 1987.
- Yang, J.E.; Skogley, E.O.; Schaff, B.E.; Kim, J.J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. Soil Science Society of America Journal, Madison v.62, p.1108-1115, 1998.