

Concentração de Nutrientes na Solução de Latossolo Vermelho Adubado com Fertilizante Orgânico⁽¹⁾.

Wagner Sacomori⁽²⁾; Paulo Cezar Cassol⁽³⁾; Marco André Grohskopf⁽²⁾; Juliano Corulli Corrêa⁽⁴⁾; Nemora G. Mocelin⁽⁵⁾; Carmem Thayse Freitas Alvez⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves – CNPSA – EMBRAPA, Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC/CAV e PROAP/CAPEs; ⁽²⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Ciência do Solo, Bolsista da CAPES; Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC; wsacomori@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor Associado; Departamento de Solos e Recursos Naturais, UDESC, Lages, SC; a2pc@cav.udesc.br; ⁽⁴⁾ Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC; ⁽⁵⁾ Estudante de Graduação em Agronomia UDESC, Lages, SC.

RESUMO: O crescimento da suinocultura no Brasil tem aumentado a aplicação de dejetos suínos no solo, elevando os riscos de contaminação da água pelo excesso de nutrientes devido à aplicação contínua e prolongada desse resíduo. O objetivo desse trabalho foi avaliar os teores de N, P e K na solução do solo nas profundidades de 40 e 80 cm de um Latossolo Vermelho Distroférrico tratado com adubos mineral solúvel e dejetos líquidos de suíno. O experimento teve início no ano de 2001, compreendendo os seguintes tratamentos: adubo mineral (AM); adubo mineral combinado ao dejetos suíno na dose de 25 m³ha⁻¹ (AM+DS); e dejetos suíno nas doses de 50 e 100 m³ha⁻¹ (DS 50 e DS 100). No décimo segundo ano de condução do experimento foi realizado seis extrações da solução do solo através de lisímetros de sucção com cápsula porosa. As extrações foram realizadas no período de 10 meses após a aplicação dos tratamentos. Em geral, o tratamento DS 100 apresentou maiores teores médio de N, P e K na solução do solo, tanto a 40, quanto a 80 cm de profundidade. A extração realizada aos 90 DAAF em geral apresentou os menores teores de N-NO₃⁻ e P na profundidade de 40 cm. Os teores de P em solução foram em geral considerados altos no período avaliado, devido às sucessivas aplicações de fertilizantes durante 12 anos. Os teores de K na solução do solo foram semelhantes nas duas profundidades avaliadas, indicando o potencial de lixiviação desse elemento, pois parte do mesmo tende a ficar na fase líquida.

Termos de indexação: esterco, adubo orgânico, solução do solo.

INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das atividades mais desenvolvidas no Brasil, principalmente no estado de Santa Catarina, onde possui grande importância socioeconômica. Devido à crescente expansão dessa atividade nesse estado, há a necessidade de se desenvolver novos processos, práticas e

tecnologias relacionadas aos dejetos líquidos de suínos, visando seu aproveitamento eficiente como fertilizante orgânico, diminuindo assim o seu poder contaminante do meio ambiente.

A solução do solo contém todos os elementos químicos que fazem parte dos componentes orgânicos e inorgânicos existentes na fase sólida do solo (ERNANI, 2008). O aumento na concentração de nutrientes como N, P e K no lençol freático e em águas superficiais, como resultado da aplicação de altas doses de fertilizantes mineral e orgânico, tem sido observado em estudos sobre esse assunto (SPERLING, 1996).

O conhecimento da dinâmica do N e os processos de perdas, principalmente como ânion NO₃⁻ através da lixiviação é de extrema importância, não só para fins econômicos como também para a prevenção da contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Segundo USEPA (1979) e a Organização Mundial de Saúde, a quantidade máxima tolerável de nitrogênio na forma de nitrato (N-NO₃⁻) na água potável é de 10 mg L⁻¹.

A mobilidade dos nutrientes no perfil do solo e as perdas por lixiviação podem afetar a disponibilidade destes aos vegetais, influenciando a escolha das técnicas mais adequadas de fertilização do solo, incluindo épocas, doses e métodos de aplicação dos fertilizantes, tanto sob o ponto de vista agrônomo quanto ambiental (ERNANI et al., 2007).

Quando os elementos estão presentes em pequenas quantidades como o P na solução do solo, não são lixiviados significativamente. Isso acontece com elementos que estão em média ou alta concentração na solução do solo, como no caso o N e do K (ERNANI, 2008). Isso também foi verificado por Werle et al. (2008) em relato sobre a elevação dos teores de K que resultam em lixiviação, mesmo em solos mais argilosos e com alta CTC, ocasionando perdas significativas do nutriente.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os teores de N, P e K em formas minerais na solução do solo nas profundidades de 40 e 80 cm

em Latossolo Vermelho Distroférico submetido à adubação anual com fertilizante mineral ou com doses de 50 e 100 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado a campo no município de Campos Novos/SC, em altitude de 908 m. O local apresenta clima mesotérmico úmido com verão ameno (Cfb), segundo a classificação de Köppen, com chuvas distribuídas durante o ano. O solo é um Latossolo Vermelho Distroférico. Os principais atributos químicos do solo na implantação do experimento em 2001 estão descritos na **Tabela 2**, sabendo-se que anteriormente a área vinha sendo utilizada com cultivos de plantas de lavoura.

O experimento foi implantado em novembro de 2001 e compreendeu a aplicação anual em superfície dos tratamentos dejetos suíno (DS) nas 50 (DS 50) e 100 (DS 100) m³ ha⁻¹, adubo mineral solúvel (AM) e adubo mineral solúvel combinado com dejetos suíno (AM+DS). A área foi cultivada com a sucessão de milho no verão e aveia no inverno no sistema de plantio direto. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. O AM foi aplicado em doses equivalentes a 170, 130 e 80, kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente e o AM+DS em doses conjuntas de 25 m³ ha⁻¹ de DS, mais aproximadamente 75, 16 e 15 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Os dois últimos tratamentos foram definidos com base em recomendações da CQFS-RS/SC (2004). No tratamento AM, o N foi aplicado em parcelas de 20% na base e o restante em uma cobertura, realizada no estádio V5. No tratamento AM+DS, o N da fonte mineral solúvel foi totalmente aplicado em uma cobertura na mesma época acima.

Os fertilizantes solúveis empregados como fontes de N, P e K foram uréia, superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl), respectivamente. O DS utilizado nas diversas aplicações (**Tabela 1**) foi gerado por animais em terminação, sendo recolhido e armazenado em esterqueira descoberta por cerca de 120 dias antes das aplicações no solo. O DS aplicado em 2012 apresentou 1904 e 75,4 mg L⁻¹ de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻, respectivamente.

Para a extração da solução do solo foram utilizados lisímetros de sucção com cápsula porosa, conforme sistema descrito por Reichardt et al. (1977). Os lisímetros foram instalados na área central das parcelas nas profundidades de 40 e 80 cm. Aplicou-se a sucção nos lisímetros no segundo dia após chuvas maiores do que 50 mm, sendo as coletas de solução realizadas após um período de

três dias de sucção. Na safra de milho de 2012/2013, as coletas foram realizadas aos 40, 90, 108, 135, 230 e 320 dias após aplicação dos tratamentos (DAAF). Em cada coleta, foram recolhidos aproximadamente 50 mL da solução do solo, na qual foram diretamente determinados os teores de N nas formas de amônio (NH₄⁺) e nitrito mais nitrato (NO₂⁻+NO₃⁻), P e K, segundo metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

Tabela 1. Teores de massa seca (MS), nitrogênio total (NT), fósforo (P) e potássio (K) do dejetos suíno gerado por animais em fase de terminação empregado anualmente em experimento a campo no período de 2001 a 2012 num Latossolo Vermelho Distroférico.

Aplicação ano	MS	NT	P	K
	----- kg m ⁻³ -----			
10/2001	66	3,4	1,4	1,2
11/2002	26	2,6	1,0	1,2
10/2003	32	2,6	1,1	1,3
10/2004	43	3,7	1,4	1,5
10/2005	56	3,2	1,5	1,1
10/2006	46	4,6	2,8	1,7
10/2007	55	2,7	1,8	1,1
10/2008	68	2,4	0,4	1,3
10/2009	69	6,6	1,1	3,5
10/2010	41	4,1	1,9	2,0
10/2011	61	3,5	1,7	1,8
10/2012	43	3,8	1,4	1,9
Média	50,5	3,6	1,5	1,6

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05), empregando-se o software SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de N-NH₄⁺ na solução extraída nas diversas coletas foram menores do 0,035 mg L⁻¹, situando-se abaixo da sensibilidade do método empregado na análise (Tedesco et al., 1995). Isso se explica em razão do solo ser bem drenado, com predomínio de condições aeróbias, onde o N-NH₄⁺ é oxidado a N-NO₃⁻, pelo processo de nitrificação. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (2001), em Latossolo Amarelo Distrófico com aplicação de lodo de esgoto.

O N na forma nítrica foi encontrado em todas as coletas, com teores variando de 0,55 a 25,61 mg L⁻¹ (**Tabela 3**). Assim, evidenciou-se que nas condições do estudo, o N mineral na solução do solo encontra-se principalmente na forma de NO₃⁻, em virtude de

ser continuamente gerado pela nitrificação e por não apresentar mecanismo de adsorção nos colóides do solo, onde predominam cargas negativas, ficando facilmente suscetível a ser lixiviado no perfil do solo.

O teor de N nítrico na solução do solo apresentou variação entre as coletas, com valores relativamente baixos nas coletas realizadas aos 90 e 320 DAAF. Na primeira, os baixos teores podem ser explicados principalmente pela absorção pelas plantas, visto que nos dias que antecederam essa coleta as plantas de milho se encontravam na fase de florescimento, onde há intensa absorção de N. Isso não ocorreu na coleta aos 230 DAAF quando foram encontrados os maiores teores de N-(NO₃⁻+NO₂⁻), coincidindo com o período em que a cultura já se encontrava em fase de maturação, quando praticamente não ocorre absorção de nutrientes.

Em geral, os teores de N-(NO₃⁻+NO₂⁻) nas diversas coletas foram maiores no tratamento DS 100, evidenciado a maior disponibilidade de N em relação aos demais tratamentos, como também a probabilidade de maiores perdas do nutriente para o lençol freático. A maior concentração dessa forma de N no DS 100 também se evidencia nos valores médios de todas as coletas.

Os teores de P na solução do solo apresentaram valores semelhantes nas duas profundidades e evidenciaram tendência de diminuição a partir da coleta realizada aos 135 DAAF (**Tabela 4**). Em geral e considerando a média de todas as coletas, os maiores teores de P na solução foram observados nos tratamentos DS 100 e AM. Na comparação das épocas de coleta, em geral os maiores teores foram detectados aos 40, 108 e 135 DAAF e os menores aos 90, 230 e 320 DAAF. Isso pode ser explicado pelas sucessivas aplicações de adubos durante 12 anos ocorrendo um acúmulo de P no solo.

Os teores de K na solução do solo também foram semelhantes nas duas profundidades avaliadas (**Tabela 5**), com valores em geral maiores do que os de P, mostrando a maior solubilidade daquele nutriente. Os maiores teores de K na solução coletada também foram encontrados no tratamento DS100. Isso pode ser explicado pelo aumento significativo desse nutriente no solo em face às sucessivas aplicações do DS em volume que aportou quantidade superior à capacidade de remoção pela cultura do milho (CQFS-RS/SC, 2004). O alto teor de K na solução e a consequente lixiviação desse nutriente são diretamente relacionados com o aumento nos teores disponíveis no solo (WERLE et al., 2008).

Os menores teores de N, P e K em geral foram encontrados nos tratamentos DS+AM e DS 50, sugerindo o DS em dosagem até 50 m³ ha⁻¹ tem menores riscos de perdas de nutrientes e, ou de

enriquecimento excessivo no lençol freático com esses elementos. Vale lembrar que 50 m³ ha⁻¹ são a dose máxima de DS permitida, para aplicação anual no solo, pela legislação ambiental de Santa Catarina (FATMA, 2000).

CONCLUSÕES

Os resultados evidenciam a predominância do N mineral na forma do ânion N-NO₃⁻, na solução do solo sendo esta forma facilmente perdida pelo processo de lixiviação.

Os resultados obtidos mostraram que a dose 100 m³ ha⁻¹ apresentou os maiores teores de N, P e K na solução do solo, tanto a 40 cm, quanto a 80 cm de profundidade, demonstrando que a aplicação repetitiva do DS nessa dose, totalizando 12 aplicações, pode incorrer em perdas expressivas de N e K por lixiviação.

REFERÊNCIAS

- CQFS-RS/SC (2004). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.
- ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. UESC/CAV. 2008. 230p.
- ERNANI P. R. et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **R. Bras. Ci. Solo**, 31: 393-402, 2007.
- FATMA. Instrução Normativa IN-11. Portaria Intersetorial nº01/04, de 02.08.2000. Florianópolis: FATMA, 2000.
- OLIVEIRA, F. C. et al. Lixiviação de nitrato em um Latossolo Amarelo Distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.171-180, jan./mar. 2001.
- REICHARDT, K. et al. Extração e análise de nitratos em solução de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.1, p.130-132, 1977.
- TEDESCO, M.J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais, Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 174P. 1995.
- SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA-UFGM.1996.
- WERLE, R, GARCIA R. A. & ROSOLEM C. A. Lixiviação de Potássio em Função da Textura e da Disponibilidade do Nutriente no Solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2297-2305, 2008.

Tabela 2. Atributos da camada de 0 a 20 cm de um Latossolo Vermelho Distroférico utilizado em experimento a campo. Médias de quatro amostras compostas de 10 sub-amostras. Campos Novos/SC, 2001.

Camada	pH	SMP	V	Al	Ca	Mg	P	K	Argila	COT
0-20 cm	6,1	6,0	87	<0,01	8,2	4,6	6,4	97	680	25

Legenda – pH: pH em água; SMP – pH pelo índice SMP; Al: alumínio trocável; Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; P: fósforo extraível; K potássio trocável; COT carbono orgânico total. (1) determinado segundo Tedesco et al. (1995). (2)extrator Mehlich 1. (3) extrator KCl 1 M.

Tabela 3. Teor de N nas formas de NO₂⁻+NO₃⁻ na solução do solo nas profundidades de 40 e 80 cm em Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m³ (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 50 (DS 50) e 100 (DS 100) m³ ha⁻¹ em coletas realizadas no período de 40 a 320 dias após a aplicação.

Tratamento	Tempo após a aplicação dos tratamentos (dias)						média
	40	90	108	135	230	320	
----- mg L ⁻¹ -----							
40 cm							
AM	4,73 Bc	2,55 cd	10,34 Bb	9,82 Bb	23,58 Aa	1,75 d	8,80 B
DS+AM	2,81 Bc	2,34 c	8,99 Bb	8,47 Bb	15,35 Ba	1,67 c	6,61 C
DS50	3,26 Bbc	1,76 bc	9,69 Ba	9,16 Ba	4,02 Bb	0,55 c	4,74 D
DS100	16,42 Ac	2,25 d	20,61 Ab	20,17 Ab	25,61 Aa	0,98 d	14,34 A
80 cm							
AM	0,57 Bd	1,10 Bcd	3,16 Bb	2,64 Bbc	10,94 Aa	0,42 d	3,14 B
DS+AM	0,66 Bc	2,05 ABbc	4,25 Ba	3,79 Bab	4,03 Bab	0,98 c	2,63 B
DS50	0,63 Bb	0,88 Bb	4,02 Ba	3,60 Ba	5,12 Ba	0,50 b	2,46 B
DS100	3,11 Ac	3,32 Ac	17,48 Aa	16,98 Aa	5,42 Bb	1,80 c	8,52 A

Médias ligadas por letras distintas (minúsculas nas horizontais e maiúsculas na vertical) diferem pelo teste Tukey (p≤0,05).

Tabela 4. Teor de P na solução do solo nas profundidades de 40 e 80 cm em Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m³ (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 50 (DS 50) e 100 (DS 100) m³ ha⁻¹ em coletas realizadas no período de 40 a 320 dias após a aplicação.

Tratamento	Tempo após a aplicação dos tratamentos (dias)					média	
	40	90	108	135	230		320
----- mg L ⁻¹ -----							
40 cm							
AM	2,21 Aa	0,98 b	3,00 Ba	2,68 Ba	0,38 b	0,67 b	1,65 AB
DS+AM	1,75 Bb	0,51 c	3,12 ABa	2,78 Ba	0,53 c	0,38 c	1,51 B
DS50	2,21 Ab	0,71 c	3,08 Ba	2,73 Bab	0,44 c	0,53 c	1,62 B
DS100	2,54 Ab	0,59 c	3,84 Aa	3,71 Aa	0,59 c	0,43 c	1,95 A
80 cm							
AM	2,71 Ba	0,69 b	2,50 ABa	2,20 a	0,50 b	0,54 b	1,52 AB
DS+AM	3,43 Aa	0,19 c	2,29 ABb	1,99 b	0,51 c	0,20 c	1,43 AB
DS50	1,52 Ca	0,35 b	2,17 Ba	1,89 a	0,53 b	0,20 b	1,11 B
DS100	3,22 ABa	0,20 c	2,80 Aab	2,50 b	0,66 c	0,20 c	1,60 A

Médias ligadas por letras distintas (minúsculas nas horizontais e maiúsculas na vertical) diferem pelo teste Tukey (p≤0,05).

Tabela 5. Teor de K na solução do solo nas profundidades de 40 e 80 cm em Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m³ (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 50 (DS 50) e 100 (DS 100) m³ ha⁻¹ em coletas realizadas no período de 40 a 320 dias após a aplicação.

Tratamento	Tempo após a aplicação dos tratamentos (dias)						média
	40	90	108	135	230	320	
----- mg L ⁻¹ -----							
40 cm							
AM	2,03 B	2,92	2,14 B	1,64 B	3,02 B	2,02	2,29 B
DS+AM	1,38 Bb	3,81 ab	2,30 Bab	1,85Bab	5,08 Ba	3,06 ab	2,91 B
DS50	3,54 B	2,07	2,42 B	1,94 B	3,00 B	1,19	2,36 B
DS100	16,27 Aa	2,71 c	13,43 Aab	12,99 Aab	10,67 Ab	1,79 c	9,64 A
80 cm							
AM	2,71 Abc	4,09 Ba	3,03 Bbc	2,56 Bbc	2,22 Cc	3,34 Bab	2,99 B
DS+AM	3,43 Aa	3,33 BCa	2,28 Bbc	1,80 Bc	3,17 Bab	2,53 BCabc	2,76 B
DS50	1,52 Bb	2,99 Ca	2,39 Bab	1,90 Bb	2,28 BCab	2,22 Cab	2,22 C
DS100	3,22 Ad	5,74 Aa	4,23 Abcd	3,75 Acd	4,72 Aabc	4,94 Aab	4,43 A

Médias ligadas por letras distintas (minúsculas nas horizontais e maiúsculas na vertical) diferem pelo teste Tukey (p≤0,05).