

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.2, p.212-218, abr.-jun., 2010

Recife - PE, Brasil, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI 10.5039/agraria.v5i2a715

Protocolo 715 - 21/11/2009 • Aprovado em 16/03/2010

Rubens Fey¹

Maria do C. Lana¹

Tiago Zoz¹

Alfredo Richart²

Eduardo B. Luchese¹

Relações entre lixiviação de nitrato e produção de biomassa do milho com dejetos suínos provenientes de diferentes tratamentos

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de dejetos de suínos na lixiviação do nitrogênio no solo e na produção de biomassa de milho. Dois experimentos foram conduzidos, um em Latossolo Vermelho eutroférrico e outro em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. Ambos foram acondicionados em vasos de PVC, e adubados com dejetos de suínos provenientes de três diferentes tratamentos: biodigestor, pré-estabilizado por 120 dias e dejetos não tratados, todos aplicados nas doses equivalentes a 60 e 150 m³ ha⁻¹. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos, uma testemunha e quatro repetições. Avaliaram-se os seguintes parâmetros: concentração de nitrato e amônio nas camadas de solo de 20, 40 e 60 cm e biomassa e concentração de nutrientes na parte aérea do milho. Verificou-se lixiviação de nitrato apenas nas doses de 60 e 150 m³ ha⁻¹ de dejetos não tratados e 150 m³ ha⁻¹ de dejetos pré-estabilizados. A biomassa e a concentração de nutrientes no milho aumentaram conforme a quantidade de nutrientes adicionados aos solos, menos para o cálcio. As maiores produções de biomassa ocorreram nas doses de 150 e 60 m³ ha⁻¹ de dejetos não tratados e 150 m³ ha⁻¹ de dejetos pré-estabilizados respectivamente.

Palavras-chave: *Zea mays*, amônio, nutrientes

Relationship between nitrate leaching and biomass production of corn with pig slurry from different treatments

ABSTRACT

This work aimed at analyzing the effects of the application of pig slurry in leaching of nitrogen in the soil and biomass production of corn. Two experiments were conducted, one in Oxisol and the other in Ultisol. Both were packed in vase PVC and fertilized with pig slurry submitted to three different treatments: digester, stabilized for 120 days and slurry untreated, all applied in doses of 60 and 150 m³ ha⁻¹. It was adopted the completely randomized experimental design with six treatments, a witness and four replications. The following parameters were evaluated: concentration of nitrate and ammonium in soil layers of 20, 40 and 60 cm and biomass and concentration of nutrients in corn shoot. It was verified leaching of nitrate only at doses of 60 and 150 m³ ha⁻¹ of untreated slurry and 150 m³ ha⁻¹ of pre-stabilized slurry. The biomass and the concentration of nutrients in corn have increased according the amount of nutrients added to the soil, except for calcium. The biggest production of biomass occurred in doses of 150 and 60 m³ ha⁻¹ slurry untreated and 150 m³ ha⁻¹, pre-stabilized slurry respectively.

Key words: *Zea mays*, ammonium, nutrients

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Agronomia. Rua Pernambuco, 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon-PR, Brasil. Fone: (45) 3284-7932. Fax: (45) 3284-7878. E-mail: rubensfey@hotmail.com; mclana@unioeste.br; tiago_zoz@hotmail.com; eduardoluchese@yahoo.com.br

² Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Av. da União, 500, Jardim Coopagro, CEP 85900-110, Toledo-PR, Brasil. Fone: (45) 3277-8600. E-mail: alfredo_richart@hotmail.com

INTRODUÇÃO

No ano de 2008 o abate de suínos no Paraná superou a média brasileira, fazendo do estado o terceiro maior produtor nacional, com um aumento de 5,6% em relação a 2007 (Agrosoft, 2008). Porém, com o expressivo aumento na produção e abate de suínos ocorre simultaneamente o aumento da quantidade de dejetos que são produzidos pelas granjas, e que devem ser cuidadosamente manejados para não provocar impactos ambientais negativos, como a eutrofização de mananciais de água.

Os dejetos de suínos são muitas vezes descartados sem antes passarem por qualquer processo de tratamento ou de aproveitamento (Santos et al., 2007). Os dejetos provenientes da suinocultura podem apresentar nutrientes em quantidades suficientes para serem aproveitadas na fertirrigação de culturas agrícolas, levando ao aumento da produção e produtividade, sendo que aproximadamente dois terços do nitrogênio, um terço do fósforo e quase 100% do potássio, encontram-se na água residuária na forma mineral, isto é, numa forma prontamente assimilável pelas culturas (Gomes Filho et al., 2001).

Em função da própria legislação, são crescentes as exigências quanto aos critérios de manejo de dejetos, tornando-se significativamente mais rigorosas e acarretando elevados custos aos produtores. Dessa forma, torna-se imperiosa a evolução nos processos de tratamentos de resíduos que conduzam a uma redução do custo dos mesmos, tornando-os acessíveis aos suinocultores.

Dentre os tratamentos de dejetos existentes destacam-se a pré-estabilização em lagoas por 120 dias e a utilização de biodigestores, está última tem se destacado como a mais promissora, por reduzir a carga poluente e ainda produzir biogás (Kunz et al., 2005). A biodigestão anaeróbia ocorrida em biodigestores consiste na otimização da degradação da matéria orgânica contida nos dejetos, permitindo, também, a redução das demandas química e bioquímica de oxigênio e de sólidos voláteis, aumentando a disponibilidade dos nutrientes para as plantas (Orrico et al., 2007).

Sanchez et al. (2005) relataram que esse processo pode também destruir organismos patogênicos e parasitas, além da produção de energia a partir do metano resultante. Estima-se que a população brasileira de suínos gere dejetos suficientes para produzir energia elétrica para atender mais de 350 mil residências (Lima, 2007). No Paraná, desde janeiro de 2009, os suinocultores podem vender a energia elétrica gerada pelo biogás para a companhia de eletrificação do estado, agregando renda. Esta realidade é um incentivo a este modelo de tratamento dos dejetos de suínos.

A interação entre a lagoa de estabilização e biodigestão de dejetos de suínos também já foi alvo de estudos por Vivian et al. (2010), que verificaram significativa redução da carga poluidora dos dejetos de suínos.

O nitrogênio é o nutriente encontrado em maior abundância nos dejetos de suínos. Conforme Scherer et al. (1998), em pesquisa realizada com 118 amostras de dejetos líquidos de suínos, sendo 78 provenientes de esterqueiras comuns e 40 de bioesterqueiras em 8 municípios de Santa Catarina, em 1

m³ de dejetos suínos obteve-se 6,83% de matéria seca, sendo: 2,92 kg de Nitrogênio, 1,03 kg de fósforo e 1,27 kg de potássio. Por esse motivo, é grande a possibilidade de utilização dos dejetos como fertilizantes na propriedade que o produziu, para diminuir a dependência de insumos externos e reduzindo os custos de produção.

Porém existem dificuldades para se recomendar uma dose ideal para cada tipo de cultura, em função da grande variabilidade na concentração de nutrientes nos dejetos, devido aos diferentes tipos de manejos, tanto na granja quanto no tratamento dos dejetos.

Devido à complexidade de sua dinâmica no solo, o nitrogênio tem se constituído um nutriente problema, quando encontrado em alta concentração no solo, sendo isso objetivo de muitos estudos realizados por vários autores (Fernandes et al., 2006; Mantovani et al., 2007; Lara Cabezas & Souza, 2008; Boeira, 2009; Fernandes & Libardi, 2009). Estudos têm demonstrado que apenas cinquenta por cento, em média, do nitrogênio aplicado ao solo é utilizado pelas plantas, sendo o restante perdido por vários processos entre os quais, destaca-se a lixiviação (Guedes, 1974).

A lixiviação de nitrogênio ocorre na forma do íon nitrato (NO₃⁻). Por ser um ânion, não é retido pela CTC dos solos, podendo ser facilmente perdido por lixiviação, contaminando o lençol freático (Luchese et al., 2002). Esta forma de nitrogênio é preferencialmente assimilável pelas plantas, porém, com o deslocamento do elemento para fora da zona de absorção das raízes, tem-se a perda do nutriente no perfil do solo e a indisponibilização para as plantas.

Em meio a esse contexto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes tratamentos de dejetos de suínos, na lixiviação do nitrogênio no solo e na produção de biomassa de milho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Estação Experimental Prof. Dr. Mario César Lopes, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE campus de Marechal Cândido Rondon – PR, localizada nas seguintes coordenadas 24° 04' 40" Sul, e 54° 04' 12" Oeste e altitude de média de 420 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (Critchfield, 1960), é classificado como subtropical úmido, tipo Cfa. A temperatura média no mês mais frio do ano é de 12°C e a temperatura média do mês mais quente é de 32°C, com precipitação média anual de 1500 mm.

Foram utilizados dois solos com características distintas em relação aos teores de argila e areia, sendo classificados como Latossolo Vermelho eutrófico (LVef) e Argissolo Vermelho amarelo distrófico (PVAd) (Embrapa, 2006), coletados na região oeste e noroeste do Paraná respectivamente.

Os solos foram coletados nas seguintes camadas: 0-20; 20-40; 40-60; e 60-80 cm de profundidade, e as amostras foram separadas nas diferentes profundidades e acondicionadas em sacolas plásticas etiquetadas. No laboratório, estes solos foram secos ao ar e peneirados em peneira de 8 mm.

Os resultados da análise química e granulométrica dos solos na camada de 0 – 20 cm antes da realização do experimento são apresentados na Tabela 1.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, no qual obteve-se sete tratamentos, oriundos de duas doses (60 e 150 m³) em três condições de dejetos (não tratado; pré-estabilizado e estabilizado em biodigestor), além da testemunha, com quatro repetições, perfazendo um total de 28 vasos para cada solo.

Os dois solos foram acondicionados em vasos de PVC, com as seguintes dimensões 15 cm de diâmetro por 75 cm de comprimento, com um volume total de 13.246 cm³. Cada vaso foi fechado em uma extremidade com plástico perfurado, para escoamento do excesso de água. Foram realizadas perfurações com diâmetro de cinco cm na lateral de cada vaso, nas profundidades de 20, 40 e 60 cm, totalizando três orifícios em cada vaso os quais foram vedados com fita adesiva até o final do experimento quando esta foi removida para retirar as amostras de solo para posterior análise de NO₃⁻ e NH₄⁺. Os vasos foram preenchidos com solo, conforme a ordem das camadas coletadas no campo: primeiramente a camada inferior de solo de 60 a 80 cm, em seguida a camada de 40 a 60 cm, então a camada de 20 a 40 cm e por fim, a camada superficial de solo de 0 a 20 cm.

Utilizaram-se dejetos de suínos oriundos de três tratamentos: efluente de biodigestor coletado na caixa de saída do biodigestor, pré-estabilização por 120 dias que foi coletado na lagoa de estabilização, e dejetos não tratados coletados na saída da pocilga. As doses utilizadas foram de 60 e 150 m³ ha⁻¹ de cada tratamento que foram incorporadas nos 10 cm superficiais de cada solo.

Todos os materiais foram coletados na região oeste do Paraná provenientes de atividade suinícola, de granjas que trabalharam com animais entre 22 – 110 kg. Cada dejetos foi homogeneizado no local, e acondicionado em garrafas plásticas com volume de 2.000 cm³, e encaminhadas para o laboratório para serem submetidas à análise de N, P e K, micronutrientes, N-total, e metais poluentes (Pb, Cd, Cr), conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) (Tabela 2).

Foram semeadas 10 sementes de milho híbrido AS - 32 em cada vaso e após a emergência foi realizado o desbaste, deixando apenas duas plantas em cada vaso. Os vasos foram irrigados com água destilada não excedendo o volume de um litro por vaso dia em períodos irregulares, num volume equivalente a 300 mm mês para o solo LVef e 270 mm mês para o solo PVAd, conforme média histórica de precipitação pluviométrica para as respectivas regiões nos meses de verão e levando em consideração a capacidade de campo de cada solo.

Aos 30 dias após a emergência do milho coletou-se amostras de aproximadamente 200 g de solo em cada camada, através dos orifícios laterais nos vasos, sendo acondicionado em sacolas plásticas devidamente etiquetadas, armazenadas imediatamente a -10°C. Foram analisadas as amostras dos solos até 60 cm para determinação de NO₃⁻ e NH₄⁺, pelo método de Kjeldahl por destilação a vapor, descrita por Tedesco et al. (1995).

Também aos 30 dias após a emergência, as plantas foram cortadas rente ao solo, pesadas e submetidas a análise química segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) para determinação de N, P, K, Ca, Mg, Mn e Zn.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P>0,05), utilizando o software estatístico SISVAR versão 4.0 (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Lixiviação de nitrato e amônio no solo

Na Figura 1 pode-se verificar que em ambos os solos, houve movimentação do N em profundidade.

A lixiviação do nitrogênio ocorre na forma de nitrato (NO₃⁻). O nitrato apresenta-se em maior concentração na camada mais profunda, diferentemente do amônio (NH₄⁺), onde não houve

Tabela 1. Características químicas e granulométricas dos solos antes da implantação do experimento. Marechal Cândido Rondon – PR

Table 1. Chemical and particle-size characteristics of soils before deployment of experiment. Marechal Candido Rondon – PR

Solo	P (mg dm ⁻³)	MO (g dm ⁻³)	pH CaCl ₂	Al+H	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺ cmolc dm ⁻³	Mg ²⁺	SB	CTC	V%
LVef ¹	87,40	26,80	6,67	2,74	0,00	0,3	10,84	1,56	12,70	15,44	82,25
PVAd ²	19,72	8,71	4,26	3,97	0,25	0,2	1,00	0,30	1,50	5,47	27,42
Solo	Micronutrientes (mg dm ⁻³)			Granulometria (g kg ⁻¹)			Areia				
	Cu	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia					
LVef ¹	17,53	389,80	12,44	644,48	188,90	166,30					
PVAd ²	2,42	117,50	3,45	143,1	18,7	838,2					

¹ Latossolo Vermelho eutrófico; ² Argissolo Vermelho amarelo distrófico

Tabela 2. Características químicas dos dejetos de suínos de cada tratamento utilizados no experimento. Marechal Cândido Rondon – PR

Table 2. Chemical characteristics of pig slurry from each treatment used in the experiment, Marechal Candido Rondon – PR

Efluente	MS (dag kg ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
Biodigestor	0,98	0,17	0,07	0,37	2,53	13,83	186,30	2,31	3,37	22,55
Pre-Estabilizado	1,26	0,24	0,06	0,58	2,15	20,16	77,60	43,27	3,94	19,46
Não tratado	6,19	0,61	0,22	0,99	11,51	29,16	119,99	55,30	12,89	44,36

¹ Não foram encontrados metais poluentes (Pb, Cd e Cr), nos dejetos utilizados no experimento

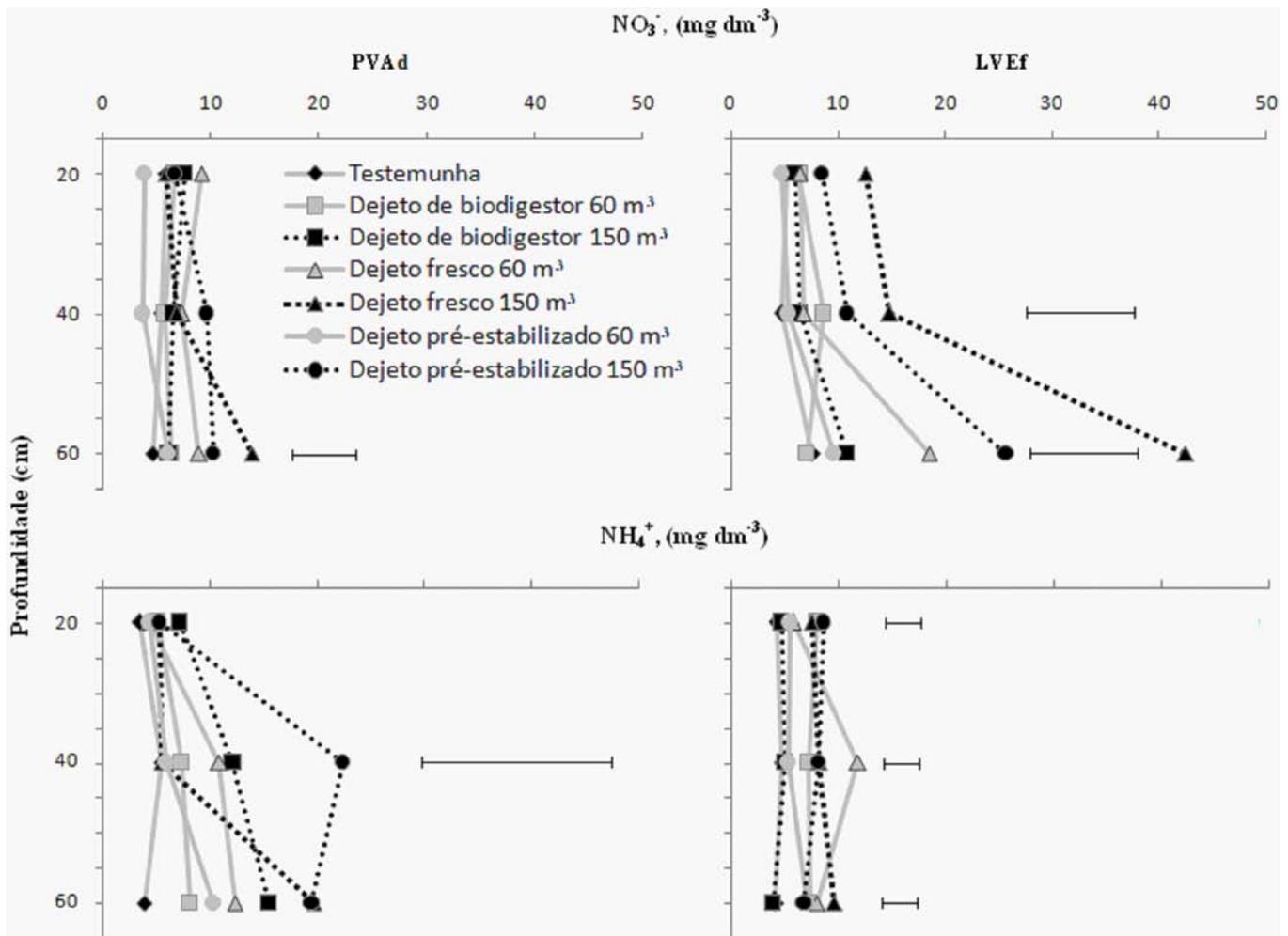


Figura 1. Quantidades de NO_3^- e NH_4^+ na camada de 0-60 cm no Latossolo Vermelho eutroférico e Argissolo Vermelho amarelo distrófico 30 dias após a emergência do milho. Marechal Cândido Rondon – PR. Nas profundidades em que existem barras horizontais, estas indicam diferença mínima significativa (Tukey a 5 %)

Figure 1. Quantities of NO_3^- and NH_4^+ in layer 0 - 60 cm in Oxisol and Alfisol 30 days after the emergence of corn. Marechal Cândido Rondon – PR. Into the depths where there are horizontal bars, these indicate minimum significant difference (Tukey 5%)

diferença significativa entre a camada 40 cm e 60 cm. Este fato pode ser explicado pela natureza catiônica do elemento (NH_4^+), fazendo com que este elemento fique mais fortemente ligado às cargas negativas dos colóides do solo. A lixiviação NO_3^- ocorreu com maior intensidade devido a seu caráter aniônico, sendo repellido pela argila com carga negativa (Raij, 1991).

Considerando que as irrigações ocorreram em períodos intermitentes, e a granulometria do solo PVA d ser arenosa, pode-se dizer que neste solo a água permaneceu por menos tempo que no solo LVEf, reduzindo o tempo de umidade adequada a mineralização. Cardoso et al. (1992), verificaram que a umidade do solo atua como um dos fatores limitantes para uma rápida nitrificação, ou seja, passagem do amônio para o nitrato, o que explica a maior concentração de NH_4^+ no solo arenoso (Figura 1).

No solo LVEf o tratamento com 60 e 150 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de efluente de biodigestor e 60 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de dejeito preestabilizado, comportaram-se de forma semelhante a testemunha, ou seja, não houve deslocamento significativo do

nitrato da camada superficial para as camadas mais profundas. Os tratamentos com 60 e 150 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de dejeito não tratado e 150 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de dejeito preestabilizado, o deslocamento foi significativo ($P < 0,05$), com acúmulo de nitrato na camada 40 a 60 cm. A percolação da água foi um fator importante que contribuiu para a lixiviação do nitrato. Estes resultados assemelham com os observados por Aita & Giacomini (2008) em um Argissolo Vermelho distrófico arênico durante três anos. Os autores constataram que o NO_3^- é rapidamente transferido para camadas inferiores do perfil do solo, juntamente com a água das chuvas.

Outro fator que pode ter facilitado a lixiviação de nitrato no solo LVEf, é a alta concentração de fósforo presente neste solo (87 mg dm^{-3}). Conforme Guedes (1974), a concentração de íons é fator de aumento da lixiviação de nitrato, principalmente quando concorrendo com PO_4^{2-} , que é mais facilmente adsorvido que o íon nitrato.

No solo PVAd, houve lixiviação apenas no tratamento com 150 m³ ha⁻¹ de dejetos não tratados e para todos os outros tratamentos não houve deslocamento do nitrato. Porém, quando analisamos os valores das concentrações, vemos que elas são muito próximas as da testemunha. Isso significa que existem apenas duas possibilidades de onde estar todo o nitrato depositado neste solo: primeira, estar na forma de amônio; segundo, ter sido lixiviado abaixo da camada dos 60 cm.

A primeira possibilidade ocorreu em parte, para os tratamentos com 150 m³ ha⁻¹ de efluente de biodigestor, 60 m³ ha⁻¹ de dejetos não tratados e 150 m³ ha⁻¹ de dejetos pré-estabilizados. Esta percolação de amônio ocorreu devido à baixa CTC do solo PVAd. Porém, o restante do N na forma de nitrato, possivelmente percolou para a camada além dos 60 cm de profundidade, principalmente pelo fator relacionado à granulometria mais arenosa do solo PVAd, favorecendo a movimentação de água e por sua vez a perda de N na forma de nitrato.

Na Figura 1, apresenta-se a concentração de amônio presente nas camadas para o solo LVef, sendo que não apresentaram diferença significativa entre as camadas e valores próximos a testemunha. Isso demonstra que o N no solo LVef esteve preferencialmente na forma de nitrato, e consequentemente susceptível a lixiviação, além da maior CTC do solo LVef o que facilita sua percolação.

Para diminuir as perdas de N através da lixiviação, alguns autores sugeriram fazer o parcelamento da quantidade de dejetos a ser aplicada (Aita et al., 2006; Aita & Giacomini, 2008). Fey (2006) sugeriu ainda, o uso de plantas com maior capacidade de extração de nutrientes, como é o caso da pastagem Tifton-85.

Produção de biomassa e concentração de nutrientes no milho

Conforme apresentado na Tabela 3 os tratamentos com aplicação dos efluentes, aumentaram a biomassa das plantas sendo que isso ocorreu de forma mais acentuada no solo PVAd.

Tabela 3. Biomassa da parte aérea do milho aos 30 dias após a emergência em função de duas doses de dejetos de suínos submetidos a três diferentes tratamentos

Table 3. Shoot biomass of corn at 30 days after emergence regarding of two doses of pig slurry subjected to three different treatments

Tratamento	Dose (m ³)	LVEf PVAd (g vaso ⁻¹)	
		LVEf	PVAd
Testemunha	0	7,47 c ¹	6,28 d
Dejeto de Biodigestor	60	8,74 c	9,53 cd
	150	11,12 bc	11,25 bcd
Dejeto Não tratado	60	13,49 a	17,59 ab
	150	17,45 a	20,16 a
Dejeto Pré-estabilizado	60	8,90 bc	11,90 bcd
	150	13,93 ab	15,15 abc

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Aita et al. (2006) em experimento a campo em Argissolo Vermelho distrófico arênico, estudando aplicação de dejetos de suínos em aveia solteira e consórcio de aveia com ervilhaca também encontraram aumento de massa seca de plantas com aplicação de dejetos, sendo o maior acúmulo de matéria seca encontrado na dose de 65 e 72 m³ ha⁻¹ respectivamente. Durigon et al. (2002) observaram o incremento na produção acumulada de matéria seca de 44 e 70 % com o uso das doses de 20 e 40 m³ ha⁻¹ de dejetos, respectivamente para pastagem natural (gramíneas forquilha e desmodium). No solo LVef o tratamento com o dejetos não tratado na dosagem de 150 m³ ha⁻¹, diferenciou-se dos demais, sendo seguido pelos trata-

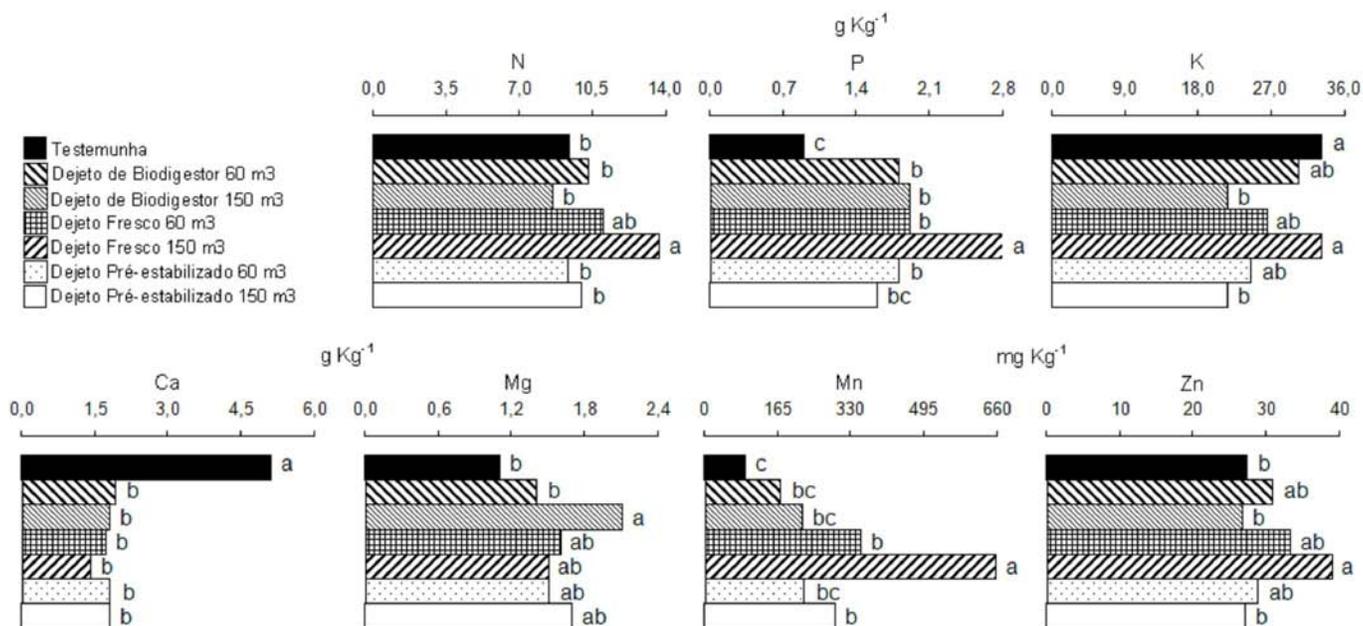


Figura 2. Teor de macro e micronutrientes em plantas de milho submetido a duas doses de dejetos de suínos com três diferentes tratamentos, em Latossolo Vermelho eutroférrico

Figure 2. Content of macro and micronutrients in corn plants subjected to two doses of pig slurry from three different treatments in Oxisol

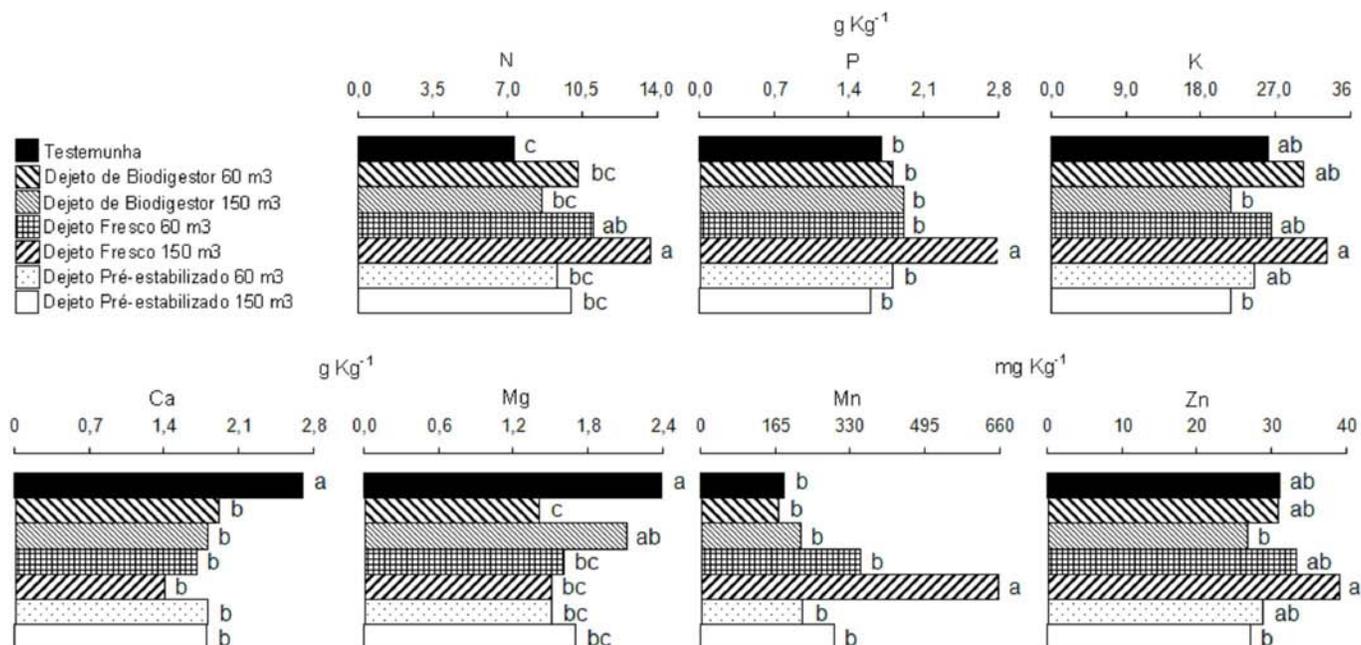


Figura 3. Teor de macro e micronutrientes em plantas de milho submetido a duas doses de dejetos de suínos com três diferentes tratamentos, em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico

Figure 3. Content of macro and micronutrients in corn plants subjected to two doses of pig slurry from three different treatments on Ultisol

mentos com dejeito não tratado na dosagem de $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e dejeito pré-estabilizado em esterqueira por 120 dias com dose de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. No solo PVAd o milho apresentou comportamento semelhante ao LVef.

O maior ganho de biomassa pelo milho no tratamento com $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejeito não tratado pode ser explicada por apresentar maior concentração de nutrientes NPK neste volume de resíduo (Tabela 2).

A concentração de nitrogênio (N) na parte aérea do milho foi maior nos tratamentos com dejeito não tratado (Figuras 2 e 3), para ambos os solos, devido, a maior concentração de N no dejeito não tratado (Tabela 1).

A dose de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em todos os efluentes foi superior à dose de 60 m^3 , em relação ao teor de N na planta, concordando com Aita & Giacomini (2008), que também observaram aumento na concentração de N em plantas de aveia e vegetação espontânea à medida que a dose de dejeito aplicado aumentava. Os teores de Fósforo (P), potássio (K), manganês (Mn) e zinco (Zn) na parte aérea do milho apresentaram comportamento semelhante ao do N.

Com o aumento das doses dos dejetos, observou-se que o teor de cálcio na planta diminuiu, podendo ser atribuído a maior absorção de nitrogênio que tem como consequência maior produção de biomassa, porém a absorção de cálcio não ocorre na mesma velocidade, ocorrendo assim diluição do cálcio na planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade et al. (2000) com capim Elefante cv. Napier que trabalharam com diferentes doses de N e K. Outro fator que contribuiu para a redução de Ca nas folhas do milho foi a alta disponibilidade de K através dos dejetos, que é absorvido preferencialmente em detrimento do Ca quando presente em concentrações excessivas (Vilela & Büll, 1999).

CONCLUSÃO

Na avaliação dos efeitos da aplicação de diferentes formas de dejetos de suínos na cultura do milho, em condições de casa de vegetação nas condições climáticas de Marechal Candido Rondon – PR:

A aplicação de dejetos de suínos (não tratado, resultante de lagoa de estabilização por 120 dias ou como efluente de biodigestor) promove aumento na produção de biomassa seca e na concentração de nutrientes no milho, menos para o cálcio.

Doses de dejetos suínos, após tratamento em biodigestor, até $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ não promovem a lixiviação de nitrato em LVef e PVAd cultivado com milho.

A doses de dejeito suíno, pré-estabilizado em esterqueira por 120 dias, superiores a $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ oferecem riscos de lixiviação de nitrato em LVef e PVAd, sendo maior no PVAd.

A utilização de dejeito de suínos sem tratamento em LVef e PVAd na cultura do milho deve ser evitada.

LITERATURA CITADA

- Agrosoft. Exportações impulsionam crescimento na produção de carnes e leite no Paraná. <http://www.agrosoft.org.br/agropag/103619.html>. 01 fev. 2009.
- Aita, C.; Giacomini, S.J. Nitrate no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.5, p.2101-2111, 2008.
- Aita, C.; Port, O.; Giacomini, S.J. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, n.5, p.901-910, 2006.

- Andrade, A.C.; Fonseca, D.M.; Gomide, J.A.; Alvarez, V.V.H.; Martins, C.E.; Souza, D.P.H. Produtividade e valor nutritivo do capim Elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p.1589-1595, 2000.
- Boeira, R.C. Lixiviação de nitrogênio em latossolo incubado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.4, p.947-958, 2009.
- Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.
- Critchfield, H.J. General climatology. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1960. 465p.
- Durigon, R.; Ceretta, C.A.; Basso, C.J.; Barcellos, L.A.R.; Pavinato, P.S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.26, n.4, p.983-992, 2002.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.
- Fernandes, F.C.S.; Libardi, P.L. Drenagem interna e lixiviação de nitrato em um latossolo sob sucessão milho-braquiária-milho, com diferentes doses de nitrogênio. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.33, n.5, p.1163-1173, 2009.
- Fernandes, F.C.S.; Libardi, P.L.; Carvalho, L.A. de. Internal drainage and nitrate leaching in a corn-black oat-corn succession with two split nitrogen applications. *Scientia Agricola*, v.63, n.5, p.483-492, 2006.
- Ferreira, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2000, São Carlos: UFSCar, v.único, p.255-258.
- Fey, R. Teores de nutrientes no solo, produção de fitomassa e qualidade da pastagem de Tifton 85, produzida em área submetida à aplicação de dejetos suínos. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2006. 42p. Tese Doutorado.
- Gomes Filho, R.R., Matos, A.T., Silva, D.D., Martinez, H.E.P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.1, p.131-134, 2001
- Guedes, G.A. de A. Contribuição ao estudo do movimento dos íons nitrato e amônio em vaso de material de solos do Triângulo Mineiro e de Pirapora. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1974. 46p. Dissertação Mestrado.
- Kunz, A.; Higarashi, M.M.; Oliveira, P.A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. *Caderno de Ciência & tecnologia*, v.22, n.3, p.651-665, 2005.
- Lara Cabezas, W.A.R.; Souza, M.A. Volatilização de amônia, lixiviação de nitrogênio e produtividade de milho em resposta à aplicação de misturas de uréia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.6, p. 2331-2342, 2008.
- Lima, P.C.R. Biogás da suinocultura: uma importante fonte de geração de energia. Brasília: Câmara dos Deputados, 2007. 26p.
- Luchese, E.D.; Favero, L.O.B.; Lenzi, E. Fundamentos da química do solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182p.
- Mantovani, A.; Ernani, P.R.; Sangoi, L. A adição de superfosfato triplo e a percolação de nitrogênio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.5, p.887-895, 2007.
- Orrico, A.C.A.; Lucas Júnior, J.; Orrico Júnior, M.A.P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.27, n.3, p.639-647, 2007.
- Raij, Van B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.
- Sanchez, E.; Borja, R.; Travieso, L.; Martin, A.; Colmenarejo, M.F. Effect of organic loading rate on the stability, operational parameters and performance of a secondary upflow anaerobic sludge bed reactor treating piggery waste. *Bioresource Technology*, v.96, n.3, p.335-344, 2005.
- Santos, M.A.A.; Schmidt, V.; Bitencourt, V.C.; Maroso, M.T.D. Esterqueiras: avaliação físico-química e microbiológica do dejetos suíno armazenado. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.2, p.537-543, 2007.
- Scherer, E.E.; Aita, C.; Baldissera, I.T. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região oeste catarinense para fins de utilização com fertilizante. Florianópolis – SC: Epagri, 1998, 79p. (Boletim Técnico 79).
- Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico 5).
- Vilela, E.F.; Büll, L.T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, n.2, p.281-289, 1999.
- Vivian, M.; Kunz, A.; Stolberg, J.; Perdomo, C.; Techio, V.H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.3, p.320-325, 2010.