



MOBILIDADE DE FÓSFORO NO PERFIL DE UM LATOSSOLO COM APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO EM LONGO PRAZO

Felipe Youssef Abboud⁽²⁾; Gabriel Democh⁽³⁾; Emanuelle Retzlaff⁽⁴⁾; Gabriel Barth⁽⁵⁾; Nerilde Favaretto⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da CAPES e Fundação ABC.

⁽²⁾ Bolsista do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. E-mail: felipe.abboud@gmail.com; ⁽³⁾ Bolsista do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPR. E-mail: gabrield.agro@gmail.com; ⁽⁴⁾ Bolsista do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPR. E-mail: manuretzlaff@gmail.com; ⁽⁵⁾ Pesquisador Fundação ABC. E-mail: gabrielbarth@fundaçãoabc.org.br; ⁽⁶⁾ Professora Dra. UFPR. E-mail: nfavaretto@ufpr.br.

RESUMO: A principal prática de disposição de dejetos de animais é a aplicação em áreas agrícolas próximas aos polos produtivos, contudo, quando aplicado sem critério o dejetos pode transformar-se em um problema ambiental devido às perdas de nitrogênio e fósforo para os corpos d'água. Este trabalho tem por objetivo avaliar a mobilidade de fósforo em subsuperfície e a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) no solo sob plantio direto com a aplicação de dejetos líquidos bovinos (DLB) em longo prazo. O experimento está sendo conduzido desde 2006 na estação experimental da Fundação ABC, no município de Castro-PR, sobre Latossolo de textura muito argilosa. Os tratamentos consistem de quatro doses de DLB (0, 60, 120, 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), aplicadas em duas etapas, metade no plantio de inverno e metade no plantio de verão. As parcelas avaliadas possuem 9 m de comprimento por 3,5 m de largura. Foram coletadas amostras de solo em seis profundidades (0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,6 m) para análises de P no solo (resina) e na solução do solo (pasta de saturação). A CMAP foi estimada a partir das isotermas de adsorção segundo a equação de Langmuir. Foi observado aumento do fósforo até 0,2 m no solo e na solução do solo com a aplicação de dejetos. A CMAP não variou entre os tratamentos. A baixa mobilidade do fósforo mostra um reduzido risco de perdas para o sistema hídrico via subsuperfície em Latossolo de textura muito argilosa.

Termos de indexação: plantio direto; nutrientes; lixiviação.

INTRODUÇÃO

O estado do Paraná é o terceiro maior produtor de leite do Brasil (IBGE, 2012), sendo que nos últimos anos sua produção vem crescendo de maneira acelerada. Neste contexto, a região dos

Campos Gerais, no Paraná, tornou-se um dos principais polos de produção leiteira no País. Os municípios de Castro e Carambeí estão entre as dez maiores bacias leiteiras do Brasil (IBGE, 2012). O gado é manejado em um sistema de confinamento denominado "Free-Stall" (Koehler, 2000), onde o dejetos produzido é comumente empregado na agricultura.

Os benefícios do uso de DLB em longo prazo na melhoria de atributos físicos e químicos do solo foram documentados por diversos autores (Vitosh et al., 1973; Chang et al., 1991; Sommerfeldt et al., 1998; Mellek et al., 2010), contudo, em regiões com grandes concentrações de animais confinados o dejetos também desempenha papel importante nas perdas de nitrogênio e fósforo para os corpos d'água (Carpenter et al., 1998). Quando aplicado sem critério, ou seja, aplicações excessivas sem recomendações adequadas, o DLB pode transformar-se em um problema ambiental.

O transporte de fósforo sempre esteve muito relacionado ao escoamento via superfície especialmente em solos argilosos, no entanto, hoje se sabe que o uso em excesso de fertilizantes minerais e orgânicos pode acarretar em perdas significativas de fósforo via subsuperfície. O risco desse transporte está relacionado, entre outros fatores, com o grau de saturação de P no solo (Heckrath et al., 1995), o qual é determinado pela CMAP. Por sua vez, a CMAP é fortemente afetada pela mineralogia e de modo geral, solos arenosos quando comparados a solos argilosos apresentam menor CMAP (Kleinman et al., 2009). A adsorção de fósforo pode ser reduzida pela matéria orgânica do solo em função da ocupação dos sítios onde o fósforo poderia ser adsorvido (Guppy et al., 2005).

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a mobilidade de fósforo em subsuperfície e verificar se há influência na adsorção de fósforo no solo sob plantio direto com a aplicação de DLB em longo prazo, na região dos Campos Gerais, Paraná.



MATERIAL E MÉTODOS

O experimento está sendo conduzido na estação experimental da Fundação ABC, no município de Castro-PR, sobre Latossolo Bruno Distrófico típico, textura muito argilosa com 10% de declividade (EMBRAPA/FUNDAÇÃO ABC, 2001). A instalação do experimento foi realizada em maio de 2006, em área sob sistema de plantio direto estabelecido há mais de 15 anos com rotação de culturas de aveia e trigo no inverno e soja e milho no verão.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de quatro doses de DLB (0, 60, 120, 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) sendo o dejetado aplicado em duas etapas, metade no plantio de inverno e metade no plantio de verão, com uso de regadores. A adubação mineral foi realizada conforme as necessidades da cultura. As parcelas avaliadas (9 m de comprimento por 3,5 m de largura) estavam delimitadas por chapas de zinco de 0,1 m de altura enterrada a 0,05 m no solo.

Foi realizada uma coleta de solo em setembro de 2014, em seis profundidades (0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,6 m), com trado calador, para análises de solo e solução do solo

A solução do solo foi extraída de acordo com a metodologia adaptada de pasta de saturação descrita por Rhoades (1996). Pesou-se cerca de 150 g de solo e em seguida foi colocado em pote plástico descartável de 400 mL. O solo foi amassado com espátula de aço inoxidável com adição gradual de água deionizada até a pasta de solo deslizar suavemente na espátula apresentando aspecto brilhante ou espelhante. A pasta ficou em repouso por 16 horas, sendo então transferida para um funil de Buckner contendo papel filtro e adaptado a um kitasato de 500 mL. Aplicou-se sucção com uma bomba de vácuo e o filtrado foi coletado. A amostra coletada foi filtrada com filtro de membrana de éster de celulose com 0,45 micrômetros, sendo o teor de fósforo na solução do solo determinado diretamente por espectrômetro de plasma. Nas amostras de solo o fósforo foi determinado pelo método da resina (Raj et al., 2001).

As isotermas de adsorção de fósforo no solo foram determinadas na profundidade de 0-0,1 m para cada unidade experimental utilizando onze concentrações iniciais de fósforo, que foram determinadas em função do P remanescente, o qual foi obtido agitando-se, por uma hora, 2,5 cm³ de TFSA em 25 mL de CaCl₂ 0,01M com uma quantidade fixa de P (60 mg L⁻¹), conforme o método apresentado por Alvarez & Fonseca (1990). A concentração de fósforo em equilíbrio foi

determinada utilizando a metodologia do ácido ascórbico descrita por Apha (1995).

Os resultados encontrados para concentração de fósforo em equilíbrio e fósforo adsorvido foram ajustados segundo o modelo não linear de Langmuir, utilizando o suplemento Solver (Excel®), para obtenção dos valores de k e CMAP, de acordo com a equação descrita a seguir: $q = kC / (1 + kC)$, em que $q = P$ adsorvido (mg kg⁻¹), $k =$ constante relacionada energia de ligação do P (L mg⁻¹), $b =$ CMAP (mg kg⁻¹), e $C =$ concentração de equilíbrio de P (mg L⁻¹).

Foi realizado teste de Tukey para comparação de médias entre as doses de DLB no teor de P solo e na solução do solo, bem como para a CMAP. Foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT 7.7 para análise dos dados, e o programa SIGMA PLOT 12.0® para geração dos gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o incremento das doses de DLB foi observado uma elevação na concentração de fósforo até a profundidade de 0,2 m na solução do solo e no solo (**Figura 1**), no entanto, para as demais profundidades não foi constatada variações significativas nos valores de fósforo entre os tratamentos. A maior concentração de fósforo na solução do solo e no solo com aplicação de DLB foi de 0,37 mg L⁻¹ e 146 mg dm⁻³ para a dose de 180 m³ ha⁻¹ na profundidade 0-0,1 m, indicando um reduzido potencial de transporte desse elemento do solo para o sistema hídrico via subsuperfície. Em contrapartida, aumenta a preocupação com perdas via escoamento superficial.

A relação entre a concentração de fósforo na solução e o fósforo adsorvido pelo solo foi bem descrita pela equação não linear de Langmuir (**Figura 2**). No entanto, não foi verificada diferença significativa nos valores de CMAP com aplicação de DLB (**Tabela 1**). Esse resultado poderia ser diferente se a amostragem do solo tivesse sido realizada em camadas menores. A coleta de 0-0,1 m possivelmente diluiu o efeito da matéria orgânica na redução dos sítios de adsorção de fósforo.

CONCLUSÕES

O fósforo apresentou baixa mobilidade tanto no solo quanto na solução do solo em sistema de plantio com aplicação de dejetado líquido bovino em longo prazo.

A capacidade máxima de adsorção de fósforo do solo não foi alterada com aplicação do dejetado líquido bovino em longo prazo.



REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. V. H. & FONSECA, D. M. Definição de doses de fósforo para determinação de capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios de casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 14:49-56, 1990.

APHA, A. E. G.; AWWA, A. D. E. & WEF, L. S. C. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19 ed. Washington D. C., American Public Health Association, 1995. 1368p.

CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F.; CORREL, D. L.; HOWARTH, R. W.; SHARPLEY, A. N. & SMITH, V. H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8:559-568, 1998.

CHANG, C.; SOMMERFELDT, T. G. & ENTZ, T. Soil Chemistry after Eleven Annual Applications of Cattle Feedlot Manure. *Journal of Environmental Quality*, 20:475-480, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA – Fundação ABC. Mapa do levantamento semidetalhado de solos: Município de Castro. Elaborado por FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; BOGNOLA, I. A. & POTER, R.O. EMBRAPA – Fundação ABC, 2001.

GUPPY, C. N.; MENZIES, N. W.; MOODY, P. W. & BLAMEY, F. P. C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. *Australian Journal of Soil Research*, 43:189-202, 2005.

HECKRATH, G.; BROOKES P. C.; POULTON P. R. & GOULDING, K. W. T. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. *Journal of Environmental Quality*, 24:904-910, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE. *Produção da Pecuária Municipal*. vol. 40. Rio de Janeiro, 2012. 71 p. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_

Pecuaria_Municipal/2012/ppm2012.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2014.

KLEINMAN, P. J. A.; SHARPLEY, A. N.; SAPORITO, L. S.; BUDA, A. R. & BRYANT, R. B. Application of manure to no-till soils: phosphorus losses by sub-surface and surface pathways. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 84:215-227, 2009.

KOEHLER, J. C. *Caracterização da bovinocultura de leite no Estado do Paraná*. Curitiba: Seab, 2000. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/seab/deral/cultura3.pdf>>. Acesso em: 18 de maio de 2014.

MELLEK, J. E.; DIECKOW J.; SILVA, V. L.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M. & SOUZA, J. L. M. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambissol of Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 110:69-76, 2010.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J. A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RHOADES, J. D. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMEKE, P. A.; LEOPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T. & SUMNER, M. E. *Methods of soil analysis*. Part 3. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI, 1996. p. 417-435.

SOMMERFELDT, T. G.; CHANG, C. & ENTZ, T. Long-term annual applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Science Society of American Journal*, 52:1668-1672, 1998.

VITOSH M. L.; DAVIS J. F. & KNEZEK B. D. Long-term effects of manure, fertilizer, and plow depth on chemical properties of soils and nutrient movement in a monoculture corn system. *Journal of Environmental Quality*, 2:296-299, 1973.

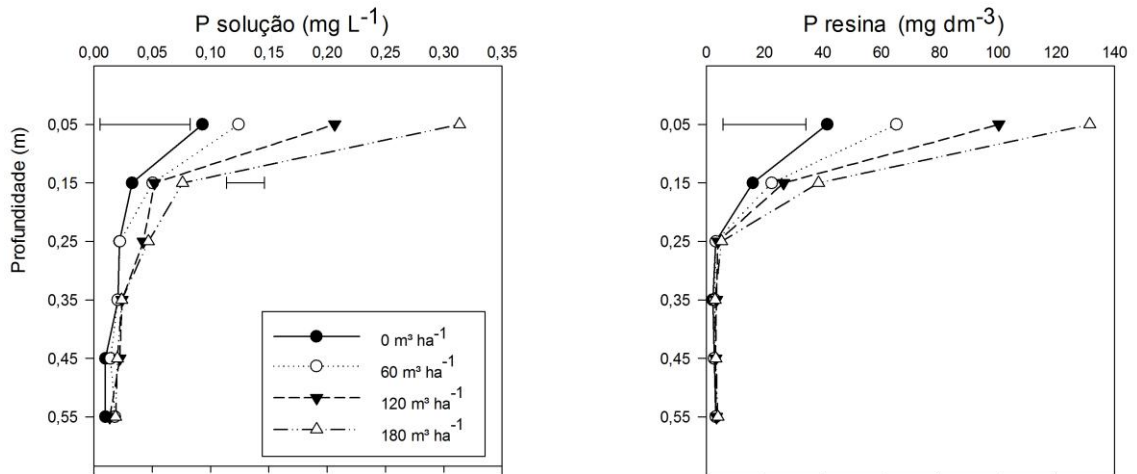


Figura 1 - Valores de fósforo resina e fósforo na solução do solo em profundidade nas diferentes doses de DLB. A barra horizontal é a diferença mínima significativa (DMS).

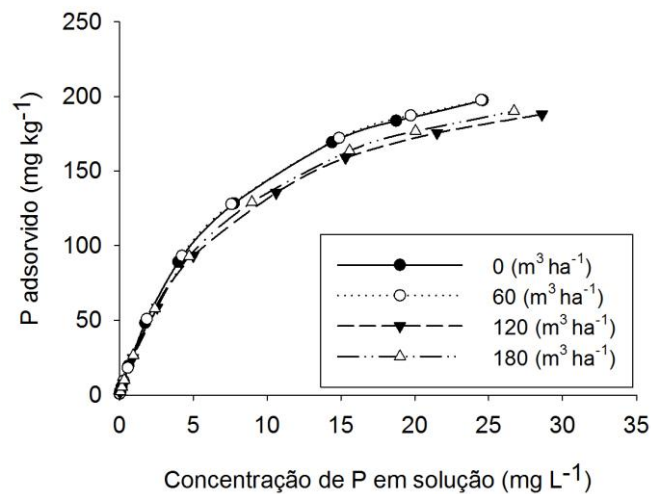


Figura 2 – Isotermas de adsorção de fósforo nas diferentes doses de DLB

Tabela 1 – Parâmetros estimados da equação não linear de Langmuir.

Dose DLB ($m^3 ha^{-1}$)	CMAP ($mg kg^{-1}$)	k ($L mg^{-1}$)
0	257,9	0,133
60	259,1	0,133
120	240,9	0,127
180	245,4	0,129