



LIXIVIAÇÃO DE FOSFATO EM SOLO ADUBADO COM COMPOSTO ORGÂNICO

Ane Louise Dionizio Mendes¹

Caroline Arisa Goto²

Tatiane Cristina Dal Bosco³

Marcelo Hidemassa Anami⁴

Tecnologia Ambiental

Resumo

Com o intenso aumento do intemperismo em algumas regiões do Brasil, é possível verificar uma maior eletropositividade e adsorção de ânions, como o fosfato. Como consequência, o P inorgânico acaba se tornando mais adsorvido aos óxidos de Fe e Al, além de interferir na quantidade de P orgânico no P total do solo. Uma possibilidade para a avaliação da lixiviação de fosfato no solo são os compostos orgânicos obtidos por meio do processo de compostagem de resíduos orgânicos, proporcionando muitos benefícios, entre eles, a disposição final menos impactante ao meio ambiente, o aumento da disponibilidade de macronutrientes e a elevação do pH do solo. Portanto, o objetivo foi avaliar a lixiviação de fosfato em uma coluna de solo na presença de composto orgânico. Para o teste de lixiviação, foi montada uma coluna de solo e, no topo da coluna, foram colocados 2,68 gramas de composto orgânico. Uma solução foi passada em fluxo descendente e constante e o líquido percolado foi coletado em tubos de ensaio para posterior determinação da concentração de fósforo, pH e condutividade elétrica. A presença do composto orgânico na lixiviação do fósforo no solo mostrou-se eficaz, uma vez que o P apresentou baixa mobilidade nesse processo.

Palavras-chave: Coluna de Solo; Compostagem; Poluição Difusa.

¹Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, anelouise@alunos.utfpr.edu.br

²Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, carolinearisagoto@alunos.utfpr.edu.br

³Prof.^a Dr.^a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, tatianebosco@utfpr.edu.br

⁴Prof. Dr. Universidade Tecnológica Federal, do Paraná, Campus Londrina, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, mhanami@utfpr.edu.br



INTRODUÇÃO

Em solos de regiões tropicais e subtropicais no Brasil é possível verificar maior eletropositividade e adsorção de ânions, como as de fosfato, por exemplo, devido ao avançado intemperismo na região (CONTE *et al.*, 2003). Por outro lado, devido a esse intenso intemperismo, o Fósforo inorgânico (Pi) acaba se tornando mais adsorvido aos óxidos de Fe e Al, bem como interfere na quantidade de Fósforo orgânico (Po) no total de Fósforo (P) no solo (CROSS & SCHLESINGER, 1995).

Cabe ressaltar que o uso e o manejo do solo alteram a dinâmica do P, principalmente em solos arenosos com maior resiliência (RHEINHEIMER, 2000). Na camada superficial, a sorção do P é menor (GUERTAL *et al.*, 1991), devido à diminuição da energia de ligação do fosfato com coloides do solo e pela saturação dos sítios de adsorção, providenciando assim, o aumento do P em formas lábeis (CONTE *et al.*, 2003). Conseqüentemente, quanto maior a quantidade de sítios de adsorção, menor o acúmulo de P, comprovando a menor resiliência em solos mais argilosos se comparado com os mais arenosos (SEYBOLD *et al.*, 1999).

De acordo com Rodrigues *et al.* (2011), o uso de compostos orgânicos no solo é recomendado pois proporciona muitos benefícios, entre eles, a disposição final menos impactante ao meio ambiente, aumento na disponibilidade de macronutrientes (VIEIRA & CARDOSO, 2003), elevação do pH do solo (SILVA *et al.*, 2001), entre outros. Isso se deve, em partes, à disponibilidade de N, devido à fácil absorção em maiores quantidades pelas culturas (MARIN *et al.*, 2007). Além disso, a atividade microbiana do solo é aumentada devido à adubação orgânica, que promove o enriquecimento de macronutrientes para as culturas (RODRIGUES *et al.*, 2011).

Os compostos orgânicos são obtidos a partir do processo de compostagem de resíduos orgânicos e podem ser utilizados em diversas culturas (SOUZA & RODRIGUES, 2017). Segundo Kiehl (1985) trata-se de um processo em que ocorre a degradação da matéria orgânica, transformando-a em um material mais humificado, com a presença de macro e micronutrientes, além de ser biologicamente estável e descaracterizado.

Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a lixiviação do fosfato em coluna

Realização



de solo na presença de composto orgânico obtido a partir da compostagem de resíduos sólidos domiciliares com poda de árvores.

METODOLOGIA

Coleta do Solo

Para esse experimento, coletou-se, no dia 05/10/2022, 18 L de solo em terreno agricultável localizado em frente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, classificado Latossolo Vermelho distoférrico típico (BAGNOLA *et al.*, 2011). Foi utilizado um trado para coletar a amostra na profundidade de 0 a 20 cm. Após essa coleta, retirou-se as raízes manualmente, procedeu-se a secagem do solo em estufa e realizou-se o peneiramento do solo com uma peneira com malha de 2 mm.

Coleta do Composto

Coletou-se 2 L de composto de uma composteira montada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, que também foi peneirado (malha 2 mm) e seco em estufa, a 60° C por 24 horas. O composto foi oriundo da decomposição de poda de árvores e resíduos de hortifrúti.

Ensaio de Lixiviação

Para o ensaio de lixiviação, montou-se uma coluna de solo, com 30 cm de comprimento e 5,5 cm de diâmetro. Antes de colocar o solo e o composto na coluna, foi necessário passar parafina na parede da coluna a fim de evitar caminhos preferenciais do líquido percolado. Empacotou-se a coluna por meio da adição de pequenas porções de solo (aproximadamente 55 gramas), que foram compactadas a fim de se obter a expulsão do ar, buscando aproximar a densidade da coluna à densidade do solo. Na parte superior da coluna, colocou-se 2,68 gramas do composto orgânico.

Com os dados de massa e umidade do solo pôde-se obter algumas características físicas da coluna de solo, conforme apresentado na Tabela 1.

Realização



Tabela 1. Características físicas da coluna de solo

Características	Símbolo	Unidade	Valor
Densidade da Coluna	Dc	g/cm ³	0,9789
Densidade de Partículas	Dp	g/cm ³	2,73
Porosidade	Po	%	35,9886
Volume de Poros	Vp	cm ³	457,1681
Velocidade Real da Solução	Vreal	cm / min	0,004093431
Vazão da bomba	Q	mL / min	3,50

A densidade da coluna foi calculada de acordo com a Equação 1.

$$Dc = \frac{(MassaPesada - U\%)}{VolumedaColuna} \text{ (Eq.1)}$$

A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997), sendo que o método consiste em determinar o volume de álcool necessário para completar o volume de 50 mL contendo 20g de solo seco em estufa. A vazão foi calculada em função do volume de poros conforme realizado por Anami *et al.* (2008).

O volume de poros, ou a porosidade total foi calculada pela Equação 2.

$$Vp = volumedacoluna \times \left(1 - \frac{Dc}{Dp}\right) \text{ (Eq.2)}$$

Onde: Vp: porosidade das partículas; Dp: densidade das partículas; Dc: densidade da coluna.

A velocidade real da solução foi obtida a partir da Equação 3.

$$Vreal = \frac{Vazão}{\frac{ÁreadaSeção}{Po}} \text{ (Eq.3)}$$

Sendo, Vreal: velocidade real da solução.

No ensaio de lixiviação, a coluna foi fixada, em um suporte universal, preso com braçadeiras metálicas. Além disso, a coluna foi interligada com mangueiras a uma bomba peristáltica (modelo DMC-500-6), conectada a um reservatório. As coletas do material percolado foram realizadas com um coletor de fração (marca Gilson®, modelo FC 204) que dispõe de um rack com capacidade para 44 tubos de ensaio de 12 mL (Figura 1).

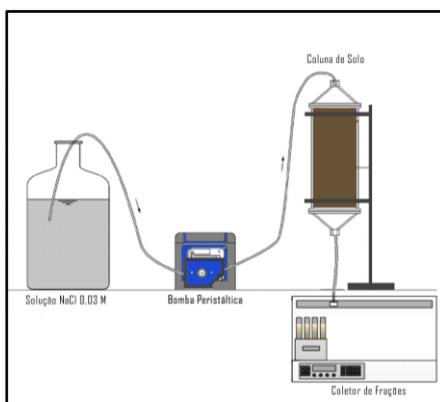


Figura 1. Esquema experimental utilizado nos ensaios de lixiviação

Fonte: Autoria Própria (2023)

Antes de iniciar o procedimento, visando expulsar o ar contido nos microporos do solo e evitar a desestabilização estrutural (CORRÊA *et al.*, 1999), saturou-se a coluna com a passagem de solução de 0,03 M de NaCl, a partir da base da coluna, em baixo fluxo.

Depois de saturada, passou-se NaCl em fluxo descendente e constante de 3,5 mL min⁻¹, mantido via bomba peristáltica. O volume aplicado foi equivalente a um V_p (Tabela 1). Iniciou-se a coleta do percolado quando se observou a primeira gota lixiviada no inferior da coluna, sendo coletados aproximadamente 7 mL por tubo. As amostras do material foram acondicionadas em tubos de ensaio de vidro com numeração sequenciada para posterior análises.

Determinação de Fósforo

A curva padrão para quantificação de P foi preparada utilizando fosfato de potássio (KH₂PO₄) nas seguintes concentrações: 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0; 1,25; 1,50; 2,00; 2,50 e 4,00 mg L⁻¹. Para a quantificação desse elemento, foram utilizados 5,0 mL do extrato e 10,0 mL da solução de molibdato diluído (30 para 100 mL de água deionizada). A leitura foi realizada no espectrofotômetro (colorímetro) com comprimento de onda ajustado a 660 nm (EMBRAPA, 1997).

Após esse processo, foram utilizados 5 mL do lixiviado e 10 mL da solução de molibdato diluído para obter pontos e verificar a quantidade de fosfato presente no lixiviado coletado.

Realização



Determinação do pH e Condutividade Elétrica

Para a determinação do pH e da condutividade elétrica utilizou-se, respectivamente, um pHmetro da marca Ion – modelo pHB 500 e um condutivímetro da marca Thermo Scientific – modelo Orion 3 star, que foram devidamente calibrados antes da tomada dos dados.

Extração do Fósforo com solução Mehlich para o Solo e o Composto

Após o ensaio de lixiviação, retirou-se o solo da coluna, a cada 1,5 cm desde o topo até a base da coluna.

Para a realização da extração do P (do solo e do composto) com solução Mehlich-1, adicionou-se 10 cm³ da amostra em erlenmeyer de 125 mL e 100 mL da solução extratora dupla ácida. Posteriormente, colocou-se o erlenmeyer no agitador horizontal por 5 minutos, deixando-o decantar por uma noite. Após este processo fez-se a leitura do sobrenadante no espectrofotômetro (colorímetro) com comprimento de onda ajustado a 660 nm (EMBRAPA, 1997).

Na Tabela 2 apresenta-se a caracterização do solo e do composto no que se refere ao parâmetro fosfato.

Tabela 2. Valores de fosfato no solo e no composto usados no experimento

Amostra (tempo min)	Concentração (mg L ⁻¹)
Solo	1,37577
Composto Bruto	38,6099

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os dados de concentração de fosfato no lixiviado.

Realização



Tabela 3. Valores de fosfato nas amostras de lixiviado

Amostra (tempo min)	Concentração (mg L ⁻¹)
5	0,10392
60	0,22157
120	0,47647
180	0,26078
240	0,28039
300	0,14314
360	0,10392
420	0,67255
480	0,41765
540	0,31961
600	0,22157
660	0,26078
720	0,41765
780	0,31961
840	0,08431
880	0,31961

Obs.: o coletor foi programado para gotejar por 5 min por tubo.

Observou-se, na Tabela 3 que os resultados referentes às concentrações de fosfato no lixiviado variaram de 0,67255 e 0,08431 mg L⁻¹. Neiverth *et al.* (2013) afirmam em seu trabalho utilizando um Latossolo Vermelho distrófico típico, de textura argilosa, que a concentração de P solúvel lixiviado das colunas apresentou um valor de 0,04 mg L⁻¹ devido a sua estrutura possuir elevada permeabilidade, apresentando assim alta concentração.

Na Tabela 4 pode-se observar a caracterização do pH e da condutividade elétrica no lixiviado.

Realização



Tabela 4. Caracterização do pH e da condutividade elétrica no lixiviado

Amostra (tempo min)	pH	C.E. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
30	7,39	3,21
90	7,46	3,22
150	7,40	3,28
210	7,28	3,36
245	7,70	3,05
270	7,34	3,28
305	7,79	3,85
330	6,80	3,34
365	6,78	3,22
390	7,06	3,37
430	6,90	3,36
450	7,06	3,27
485	7,22	3,28
510	7,50	3,21
570	7,62	3,36
630	7,15	3,40
665	7,25	3,48
690	7,25	3,38
725	7,03	2,33
750	7,31	3,40
785	6,96	3,35
810	6,78	3,46
830	6,90	3,28
870	6,85	3,33
NaCl	6,23	3,29

pH (potencial Hidrogeniônico); Condutividade Elétrica (C.E.); Cloreto de Sódio (NaCl)

Obs.: o coletor foi programado para gotejar 5 min por tubo.

De acordo com Ayers & Westcot (1991), o pH é um parâmetro que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. A coluna foi saturada com NaCl, que possui um pH de 6,23. Conforme a Tabela 4, observa-se que os resultados de pH dos lixiviados dos tratamentos com NaCl variaram entre 6,78 e 7,79, partindo de valores levemente ácidos para valores neutros. Esses resultados são semelhantes aos estudos de Smanhotto *et al.* (2010), Caovilla *et al.* (2005) e Gomes *et al.* (2004) que não observaram diferenças significativas nos valores de pH para o percolado para os tratamentos com água residuária de suinocultura, bem como a adição ou não da adubação química.

Realização



Na Tabela 5 apresentam-se os valores de fosfato no solo da coluna, em diferentes profundidades.

Tabela 5. Valores de fosfato no solo da coluna, em diferentes profundidades

Amostra de solo da coluna (cm)	Concentração (mg L ⁻¹)
1,5	2,320328542
3,0	1,190965092
4,5	0,965092402
6,0	1,273100616
7,5	1,129363450
9,0	1,047227926
10,5	1,211498973
12,0	1,12936345
13,5	1,026694045
15,0	1,129363450
16,5	1,170431211
18,0	1,909650924
19,5	1,437371663
21,0	1,108829569
22,5	1,519507187
24,0	1,314168378
25,5	1,108829569
27,0	1,170431211
28,5	1,314168378
30,0	1,067761807

Destaca-se que a maior quantidade de fosfato se encontra na camada superior, onde foi aplicado o composto, pois o composto possui elevada concentração de P, conforme mostrado na Tabela 2. Lima *et al.* (2019) constataram que o Latossolo Vermelho da região de Londrina tem predomínio de Fe₂O₃ sobre SiO₂ e Al₂O₃ nos horizontes diagnósticos, sendo esta a causa da elevada adsorção de fósforo por toda a coluna. Motta *et al.* (2002) constataram que a adsorção de P ligadas a Fe e Al aumenta com caráter oxidico dos solos, como é o caso dos Latossolos. Estes resultados confirmam as afirmações de Conte *et al.* (2003) e Cross & Schlesinger (1995).

Realização



CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos no ensaio realizado na coluna de solo, o fosfato apresentou baixa mobilidade no solo no processo de lixiviação. Os resultados apontam que a forma correta de aplicação do composto orgânico é, portanto, incorporando-o ao solo, no caso de uso em cultivos de hortaliças, junto com a semente, no caso de cultivos anuais como soja/milho/trigo, e no fundo das covas no caso de cultivos de espécies florestais.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, pelo apoio institucional para a realização das ações de iniciação científica e ao CNPQ pela bolsa concedida à primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ANAMI, M. H.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M.; GOMES, S. D.; DE QUEIROZ, M. M.. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária de suinocultura em colunas de solo. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p75-80, 2008.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W.. A qualidade da água na agricultura. **Estudo FAO. Irrigação e Drenagem**, 29, p153 Campina Grande: UFPB, 1991
- BAGNOLA, I.A.; CURCIO, G.R.; GOMES, J.B.V.; CAVIGLIONE, J.H.; UHLMANN, A.; CARDOSO, A.; CAVALHO, A.P. Levantamento semidetalhado de solos do município de Londrina. Londrina: **IAPAR**, 100p, 2011.
- CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; PEREIRA, J. O.; VILAS BOAS, M. A.; GOMES, B. M.; FIGUEIREDO, A. C. Lixiviação de nutrientes proveniente de águas residuárias em colunas de solo cultivado com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.283-287, 2005.
- CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S.. Frações de fósforo acumuladas em Latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27(5), set. 2003.
- CORRÊA, M. M.; LIMA, L. A.; MARTINEZ, M. A.; RIGINATO, R. L. O.; SAMPAIO, S. C. Deslocamento miscível de sulfona de aldicarbe em colunas de solo. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p 217-221, 1999.

Realização



CROSS, A.F. & SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, 64:197-214, 1995.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.212, 1997.

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

GUERTAL, E.A.; ECKERT, D.J.; TRAINA, S.J. & LOGAN, T.J. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 55:410-413, 1991.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda, p492, 1985.

MARIN, A. M. P., MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p669-677, 2007.

LIMA, R. K. ; VENDRAME, P. R. S. ; GOMES, L. N. ; BARBOSA, G. S. ; LOPES, F. . Identificação de solos e sua relação com a paisagem em uma pedossequência localizada em Londrina, PR. **Ciência Geográfica** , v. XXIII, p. 604-619, 2019.

MOTTA, P.E.F.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.O.; RAIJ, B.van; FURTINI NETO, A.E. & LIMA, J.M. Adsorção e formas de fósforo em Latossolos: Influência da mineralogia e histórico de uso. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:349-359, 2002

NEIVERTH, C. et al. Estudo da lixiviação de fósforo em colunas de solo de três pedossequências do Paraná. **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, v.3, p.145, 2013.

RHEINHEIMER, D.S.. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo do solo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio grande do Sul, p.210, 2000 (Tese de Doutorado).

RODRIGUES, P. N. F.; ROLIM, M. M.; NETO, E. B.; COSTA, N. R. T.; PEDROSA, E, M. R.; OLIVEIRA, V. S. Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, p788-793, 2011.

SEYBOLD, C.A.; HERRICK, J.E. & BREJDA, J.J. Soil resilience: A fundamental component of soil quality. **Soil Sci.**, 16:224-234, 1999.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLITH, B.; PEXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeitos na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p831-840, 2001.

SMANHOTTO, A.; SOUSA, A. P.; SAMPAIO, S. S.; NÓBREGA, L. H. P.; PRIOR, P. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.347-357, 2010.

Realização



SOUZA, G. H. R.; RODRIGUES, G. A. **O tratamento da cama de equinos através do processo de compostagem.** Taquaritinga, SP, 2017.

VIEIRA, R. F.; CARDOSO, A. A. Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.867-874, 2003.

Realização