

# Água residuária aplicada no solo: remoção de carga orgânica e concentração de fósforo no solo

Wastewater applied to the soil: organic matter removal and soil phosphorus concentration

*Morais Carneiro dos Reis<sup>1</sup>, André Andrade Santana<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Aluno do curso de Agronomia - Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.

<sup>2</sup>Professor no Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.

E-mail: andreandrade@unipam.edu.br

**Resumo:** A aplicação de água residuária da bovinocultura leiteira (ARB), em solos agrícolas, é uma alternativa de destinação final. Entretanto, é necessário que parâmetros como o teor de fósforo no solo, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o pH da água percolada sejam monitorados. O objetivo, neste trabalho, foi quantificar esses parâmetros em colunas de solo submetido a taxas de aplicação de ARB. O experimento foi realizado em um esquema fatorial 2x4 (duas profundidades: 0,30 e 0,60 m vs. quatro taxas: 0; 7,69; 15,38 e 23,07 kg/ha/semana de nitrogênio). A interação entre os fatores não foi significativa. Os valores de pH e de teor de fósforo não diferiram entre os tratamentos. A DBO média foi superior ( $p < 0,1$ ) para colunas de 30 cm (57,4 vs. 15,7 mg L<sup>-1</sup>) e foi maior para as maiores taxas (elevando de 4 a 71,3 mg L<sup>-1</sup>). A ARB aplicada nas menores taxas não oferece risco ambiental em profundidades elevadas.

**Palavras-chave:** BOD. Dejetos bovinos. Fertilização. pH.

**Abstract:** The application of wastewater from dairy cattle (WW) in agricultural soils is an alternative for its destination. However, it is necessary that parameters such as soil phosphorus content, biochemical oxygen demand (BOD) and percolated water pH are monitored. The objective, in this work, was to quantify these parameters in soil columns submitted to ARB application rates. The experiment was carried out in a 2x4 factorial scheme (two depths: 0.30 and 0.60 m vs. four rates: 0, 7.69, 15.38 and 23.07 kg / ha / week of nitrogen). The interaction between the factors was not significant. The values of pH and phosphorus content did not differ between treatments. The mean BOD was higher ( $p < 0.1$ ) for 30 cm columns (57.4 vs. 15.7 mg L<sup>-1</sup>) and higher for the higher rates (raising from 4 to 71.3 mg L<sup>-1</sup>). ARB applied at the lowest rates does not offer environmental risk at high depths.

**Keywords:** BOD. Bovine manure. Fertilization. pH.

## Introdução

A aplicação de águas residuárias (ARs) em solos tem sido uma alternativa viável para a sua destinação final tanto em indústrias (PATENSE, 2017) quanto em sistemas agropecuários (ANDRADE *et al.*, 2014). Tal fato é justificado pelo baixo custo de implantação dos sistemas de distribuição, pelo aproveitamento de elementos

químicos como fonte nutricional das plantas e pela condição oxidante dos solos, que viabiliza a redução da carga orgânica do resíduo aplicado.

Embora seja consenso que a aplicação de ARs em solos seja viável, critérios técnicos para aplicação adequada e o monitoramento ambiental são escassos (ERTHAL *et al.*, 2010). A taxa máxima de ARs que pode ser aplicada e quais análises são necessárias no monitoramento, por exemplo, geralmente, são informações imprecisas. A imprecisão pode ser justificada pela complexidade do sistema solo-planta, pela influência da variabilidade climática e pela diversidade de ARs que podem ser aplicadas (MATOS *et al.*, 2005). Adicionalmente, poucos estudos têm resultados consistentes para condições tropicais.

Mesmo que o aumento de carbono no solo seja benéfico às plantas e que se considere que a capacidade de oxidação seja elevada na maioria dos solos agrícolas, essa informação deve ser mensurada. Condições de drenagem deficiente, de excesso de chuvas e mesmo no interior de agregados de um solo apenas úmido, pode se ter condições de baixa disponibilidade de oxigênio (CANTARELLA, 2007). Assim, é possível existir condições em que a carga orgânica possa atingir maiores profundidades. Tal fato pode ser particularmente importante em locais com águas subterrâneas rasas e em altas taxas de aplicação de ARs.

Exemplos de critérios para a determinação da taxa máxima de ARs possível de ser aplicada podem ser baseados em valores avulsos por unidade de área (SMANHOTTO *et al.*, 2010); taxas de nutrientes, principalmente potássio (ERTHAL *et al.*, 2010) e nitrogênio (SILVA *et al.*, 2012; PATENSE, 2017); ou, ainda, taxas de demanda de oxigênio (MATOS *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2011). Na maioria dos estudos, no entanto, a caracterização das alterações do solo após aplicações de ARs é focada em alterações dos teores de elementos no solo, como fósforo, potássio, nitrogênio, entre outros. Um dos parâmetros primordiais para o monitoramento do solo é o fósforo. Ele é constituído por compostos derivados do ácido ortofosfórico e, menos comumente, do pirofosfato ocorrente no solo, sendo de interesse agrônomo e ambiental (RHEINHEIMER; GATIBONI; KAMINSKI, 2008).

Nesse cenário, torna claro que estudos que relacionem a capacidade de remoção da carga orgânica de ARs em solos, juntamente com teores de elementos considerados importantes, em diferentes taxas aplicadas e profundidade de solo, são fundamentais para a adequada aplicação de ARs em solos e o seu monitoramento. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo monitorar o teor de fósforo de solo, bem como os parâmetros de DBO e de pH na água percolada, em condição de aplicações de água residuária de bovinocultura com doses crescentes em duas profundidades de solo. Pretende-se gerar subsídios para a adequada aplicação de AR de bovinocultura de leite em solo agrícola e promover a destinação correta para os resíduos gerados dessa atividade.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Terra Molhada, município de Lagoa Formosa-MG, latitude 18°39'57"S, longitude 46°23'53"W e altitude 890 m. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é Cwb (ALVARES *et al.*, 2013),

caracterizado por duas estações climáticas bem definidas: verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média anual inferior a 22°C. O solo utilizado no experimento é classificado como Nitossolo Vermelho textura argilosa. O resultado da análise química de rotina está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado de análises de solo da área experimental

pH	P- água	Mat. Org.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	M	V
	rem	dag/kg	....mg/dm <sup>3</sup> ....					cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....				%	
5,60	1,01	0,93	2,97	32,07	0,80	0,40	0,01	3,60	1,28	1,29	4,88	0,77	26,26

Observação: Laboratório Terrena/Patos de Minas/MG. Sistema de MG. Extrator de P Mehlich-1.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados (DBC), com oito tratamentos e três repetições, totalizando 24 parcelas, distribuídas por um esquema fatorial 2x4, representado por colunas com duas profundidades de solo (30 cm e 60 cm) e quatro taxas crescentes de ARB.

O experimento foi instalado exposto ao ambiente em colunas de PVC com 200 mm de diâmetro, preenchidas com solo, instaladas em um suporte metálico. Os tubos de PVC foram fracionados em 40 e 70 cm de altura, representando, assim, duas profundidades de solo (30 e 60 cm). Na parte inferior de cada tubo, foi instalada uma torneira para a realização das coletas das amostras de AR percoladas. As taxas de aplicação de AR foram baseadas no teor de N por unidade de área, que foram de 0; 7,69; 15,38 e 23,07 kg de N por hectare (ha) por semana (Tabela 2).

**Tabela 2.** Tratamentos aplicados e suas correspondentes unidades

Tratamentos	A	B	C	D
Taxa em kg N/ha/semana	0	7,69	15,38	23,07
Taxa em kg N/ha/ano	0	400	800	1200
Taxa em m <sup>3</sup> /ha/ano	0	1180	2360	3540
Taxa em mL/coluna/semana	0	71,29	142,58	213,87
Profundidades	Tratamentos			
30 cm	1	2	3	4
60 cm	5	6	7	8

Observações: Taxas: A - 0; B - 7,69; C - 15,38 e D - 23,07 kg/ha/semana de N \* Taxa de aplicação de água residuária de bovinocultura leiteira.

Os tratamentos foram tomados com essa referência visando à aplicação de 0, 400, 800 e 1200 kg/ha/ano de N, respectivamente, para os tratamentos A, B, C e D, que representa uma faixa de aplicação de baixa até alta dose aplicada no solo. A aplicação com base no teor de N foi realizada para padronizar com outros trabalhos, que geralmente toma como base o teor de N (MATOS *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2011). No presente estudo, foi realizada uma análise físico-química da água residuária de bovinocultura de leite (ARB), que obteve o teor de N médio considerado de 338 mg L<sup>-1</sup>,

assim, esses tratamentos equivalem à aplicação de 0, 1180, 2360 e 3540 m<sup>3</sup>/ha/ano, o que corresponde a aplicações semanais de 0, 71,29; 142,58 e 213,87 mL/coluna, respectivamente, para cada tratamento.

Para a aplicação, foi utilizada água residuária de bovinocultura de leite (ARB), obtida após passagem por sistema de separação de sólidos (especialmente fibras). O sistema de separação é composto por homogeneizador, bomba e filtro com junta centrífuga (marca ECAM) (Figura 1). O filtro utiliza a força centrífuga, oriunda da rotação de uma “rosca sem fim”, que gira a 1180 rotações por minuto, para separar partículas que ficam retidas em uma tela com malha de 1 milímetro de diâmetro.

**Figura 1.** Separador de sólidos marca ECAM



Fonte: Arquivo pessoal.

A ARB foi aplicada semanalmente durante agosto a dezembro, de forma manual, usando uma proveta graduada de vidro. As variáveis analisadas da água percolada foram a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o pH (potencial de hidrogênio). Foi realizada pela metodologia de referência do laboratório certificado Celasa de Patos de Minas – MG, sendo feitas em dois períodos, a primeira realizada após 30 dias de aplicação e a segunda após 150 dias de aplicação.

Para as análises de fósforo, foi coletada a 0,20m de profundidade, uma amostra de solo a cada parcela experimental aos 30 dias de aplicação, seguindo as metodologias por Cardoso, Fernandes e Fernandes (2009) e EMATER-MG (2016). As amostras foram conduzidas ao Laboratório de Análises de Fertilidade do Solo do UNIPAM (CeFert), localizado no Campus do Centro Universitário de Patos de Minas – MG. Nele, foram determinados os teores de fósforo disponível, extraído por Mehlich-1, por espectrofotometria, pelo método de colorimetria do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico, vitamina C (SILVA, 2009), seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), com o auxílio do Software SISVAR, ajustando modelos de regressão dos parâmetros avaliados em relação aos tratamentos e profundidade, e teste Tukey para comparação de doses, ambos a 0,10 de significância. E, também, foram gerados gráficos com auxílio do Excel 2016, com as médias dos teores de fósforo, DBO e pH, em função das taxas de aplicação para cada profundidade de solo.

## Resultados e Discussão

Considerando a análise de variância para a variável teor de fósforo no solo, após 30 dias de aplicação dos tratamentos, não houve interação entre os fatores doses e profundidades. Considerando os desdobramentos, também não foi observada diferença (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teor de fósforo disponível ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função de taxas de aplicação de água residuária de bovinocultura de leite (ARB) e profundidades de solo

Taxa de aplicação de ARB	Profundidade		Médias
	30 cm	60 cm	
A	3,13	2,89	3,01 ns
B	3,06	3,08	3,07 ns
C	2,89	2,99	2,94 ns
D	3,03	3,57	3,29 ns
Médias	3,02 ns	3,13 ns	

Observações: Taxas: A - 0; B - 7,69; C - 15,38 e D - 23,07 kg/ha/semana de N; ns.: não significativo pela análise de variância a 10% de probabilidade ( $p>0,1$ ). Extrator de fósforo: Mehlich-1.

A concentração de P disponível no solo, antes, era de  $2,97 \text{ mg dm}^{-3}$ , após o período estudado, não houve alteração significativa de P entre as taxas de ARB aplicadas nas duas profundidades de solo (colunas de 30 e 60 cm). Provavelmente, esse comportamento é devido à baixa mobilidade do P no perfil do solo. Assim, o efeito da adição de P pode ter sido compensado pela formação de quelatos ou outras formas de P não disponível, que não são mensuradas pela análise realizada.

Homem *et al.* (2014) observaram valores diferentes em seu estudo, utilizando água residuária proveniente de suinocultura. Os autores observaram que, após 82 dias de aplicação, houve um crescimento significativo dos teores de fósforo no solo. Por outro lado, Kouraa *et al.* (2002) constataram que, em um ano de cultivo, não houve alterações nos teores de fósforo do solo. Eles relataram, ainda, que, para ocorrer mudanças nas características químicas do solo, são necessários vários anos de irrigação, visto que a dinâmica deste ocorre muito lentamente.

Observando esses resultados, percebe-se que o pequeno intervalo (30 dias) entre aplicações e a avaliação de P do solo no presente trabalho pode justificar, também, a ausência de alterações. Adicionalmente, a AR foi proveniente de outra matriz (bovinocultura). Em suma, é possível afirmar que as alterações poderão ocorrer no solo em função do balanço dos processos que ocorrem com o P no solo, principalmente sua aplicação, processos de quelatização ou complexação e extração pelas plantas.

Analisando a magnitude geral dos resultados, é possível afirmar que os valores encontrados foram baixos, representando uma baixa disponibilidade de P para todos os tratamentos. Nessas condições, para solos tropicais, as alterações de P disponível são lentas (ERTHAL *et al.*, 2010).

Semelhando ao observado para os teores de P no solo, os valores de pH da água percolada não apresentaram diferenças significativas para a interação entre fatores e para os fatores isolados. O resultado foi semelhante para a coleta realizada aos 30 e 150 dias após o início do experimento (Tabela 4).

A ausência de alterações de pH pode ser justificada pelo poder tampão do solo, que, no caso deste experimento, é relativamente elevado e capaz de compensar possíveis alterações realizadas pela aplicação de ARB. Em outros experimentos, autores já verificaram alterações de pH, atribuindo a elevação à oxidação da matéria orgânica e à reação de dissolução de dióxido de carbono e água, formando o ácido carbônico (DUARTE *et al.*, 2008). Assim, é importante ressaltar que o resultado final dependerá muito das características de cada solo e da água residuária aplicada.

**Tabela 4.** Potencial de hidrogênio (pH) da água percolada nas colunas de solo com 30 e 150 dias de aplicação dos taxas de água residuária de bovinocultura de leite (ARB)

Taxas ARB	30 DAAT			Taxas ARB	150 DAAT		
	Profundidade		Médias		Profundidade		Médias
	30 cm	60 cm			30 cm	60 cm	
A	7,43	7,15	7,29 ns	A	7,74	7,56	7,65 ns
B	7,32	7,05	7,18 ns	B	7,58	7,78	7,68 ns
C	7,45	7,31	7,37 ns	C	7,97	7,52	7,74 ns
D	7,07	7,42	7,24 ns	D	7,48	7,35	7,41 ns
Médias	7,31 ns	7,23 ns		Médias	7,69 ns	7,55 ns	

Observações: Taxas: A - 0; B - 7,69; C -15,38 e D - 23,07 kg/ha/semana de N; ns.: não significativo pela análise de variância à 10% de probabilidade ( $p>0,1$ ). DAAT.: dias após aplicação dos tratamentos.

Com relação ao efeito do pH nas águas a serem utilizadas para aplicação em solos agrícolas, Ayers e Westcot (1991) recomendam que o valor do pH se encontre entre 6,5 a 8,4. Valores extremos com concentrações elevadas de  $H^+$  ou  $OH^-$ , contidas nas águas de irrigação, podem exercer influência na disponibilidade e na absorção de nutrientes por parte das plantas, na estrutura e nas propriedades do solo e nos sistemas de irrigação. Considerando essa faixa citada, os valores de pH se apresentaram dentro da faixa considerada ideal pelos autores e não mostraram, portanto, efeitos negativos quanto à prática de aplicação de ARB no solo estudado.

Para os resultados de DBO na água percolada, observou-se que não houve resultados significativos após 30 dias de aplicação dos tratamentos a 10% de probabilidade ( $p>0,1$ ). Os resultados médios variaram, nessa condição, de 2,37 a 6,06  $mg L^{-1}$ . Por outro lado, após 150 dias de aplicação, foi verificada diferença tanto para profundidade quanto para as taxas aplicadas a 10% de probabilidade ( $p<0,1$ ). Os resultados médios, nessa condição, apresentaram uma variação elevada, de 4 a 71,3  $mg L^{-1}$  (Tabela 5). Nessa condição, a interação entre os fatores não foi significativa ( $p<0,1$ ).

**Tabela 5.** Demanda bioquímica de oxigênio (DBO – mg L<sup>-1</sup>) na água percolada em colunas de solo após 30 e 150 dias de aplicação das taxas de água residuária de bovinocultura de leite

Taxas ARB	30 DAAT			Taxas ARB	150 DAAT		
	Profundidade		Médias		Profundidade		Médias
	30 cm	60 cm			30 cm	60 cm	
A	2,64	2,10	2,37 ns	A	3,99	4,02	4,00 a
B	4,20	1,94	3,07 ns	B	71,57	13,02	13,02 a
C	3,93	3,53	3,73ns	C	53,50	3,74	33,25 ab
D	5,47	6,65	6,06 ns	D	100,40	42,20	71,30 b
Médias	4,06 ns	3,55 ns		Médias	57,36 b	15,74 a	

Observações: Taxas: A - 0; B - 7,69; C -15,38 e D - 23,07 kg/ha/semana de N; ns.: não significativo pela análise de variância à 10% de probabilidade (p>0,1). Letras distintas representam diferenças estatísticas. DAAT.: dias após aplicação dos tratamentos.

Esses resultados podem ser justificados pelo tempo de aplicação dos tratamentos. O período de 30 dias é considerado baixo, incapaz de promover alterações significativas no acúmulo de matéria orgânica não oxidada. Em outras palavras, a quantidade aplicada nessas condições foi oxidada, quase totalmente, no solo. Entretanto, quando se estenderam as aplicações por até 150 dias, a quantidade de matéria orgânica adicionada passou a ser maior do que a capacidade de oxidação do solo para as maiores taxas. Von Sperling (2005) mostra que, com o aumento do tempo do nível do tratamento, existe a tendência do efeito acúmulo, devido à redução da porção biodegradável, assim, uma fração inerte passa a se conservar praticamente inalterada.

No presente trabalho, a DBO média da ARB aplicada foi de 1263 mg L<sup>-1</sup>, que é um valor considerado elevado, de alta capacidade poluente. Observa-se, entretanto, que o resultado de remoção dessa DBO foi satisfatório tanto para a profundidade de 30 cm e ainda mais para 60 cm, que reduziu para 57,4 mg L<sup>-1</sup> (remoção de 95,4%) e 15,7 mg L<sup>-1</sup> (remoção de 98,7%), respectivamente. A diferença entre profundidades foi significativa, indicando que o fator acúmulo realmente ocorreu, pois, na medida em que camadas superiores de solos vão saturando, camadas inferiores passam a ser responsáveis pela oxidação da carga orgânica.

Segundo Gilbert *et al.* (2008), é possível que o solo remova até 99,9% da DBO da água residuária aplicada. O referido autor obteve remoção média de DBO de 99,9% em solos agrícolas. Por outro lado, Roston (1994), que obteve, no tratamento de esgoto nos EUA, em sistemas alagados construídos (SACs) cultivados com taboa, reduções de 165 para 13 mg L<sup>-1</sup> na concentração de DBO total, o que representa uma remoção média de 92%. Matos, Freitas e Lo Monaco (2012), em sua pesquisa com águas residuárias da suinocultura tratadas por SACs com tempo de retenção hidráulica de 4,8 dias, verificaram, em todas as amostras coletadas, eficiência de tratamento superior a 50%, variando entre 84 e 88%, com médias estatisticamente iguais entre si em relação à DBO total. A eficiência média nesta pesquisa variou de 15,74% a 57,36%, valores médios não próximos aos encontrados pelos autores.

Resultados referentes à oxidação em solo são escassos, não há valores de DBO considerados de referência para água percolada em solos. Nas condições deste estudo, é possível afirmar que taxas de ARB de até 2360 m<sup>3</sup>/ha/ano, com as características médias de 1263 mg L<sup>-1</sup> de DBO, o resultado para a água percolada em 60 cm de solo foi de apenas 13 mg L<sup>-1</sup>, valor que foi bem mais elevado nas taxas mais elevadas, com menor camada de solo (30 cm). Assim, nas condições deste estudo, sugere-se que sejam seguras as aplicações de até 2360 m<sup>3</sup>/ha/ano em solos profundos. Para outras condições, deve-se ter cautela. Adicionalmente, novos estudos são necessários para realizar afirmações.

## Conclusões

- i. A aplicação de água residuária por 30 dias em solo não foi suficiente para alterar o teor de P disponível no solo;
- ii. a água percolada na coluna de solo de 60 cm apresentou menor DBO quando comparada à coluna de 30 cm;
- iii. a remoção média de DBO, pela passagem da água pela coluna de solo, foi elevada, variando de 95,4 a 98,4%, com relação ao valor original da água residuária aplicada.

## Referências

ANDRADE, A.S.; DRUMOND, L.C.D.; RABELO, D.M.L.; APPELT, M.F.; LIMA, J.C.L.; OLIVEIRA, V.M.R. Crescimento de gramíneas forrageiras fertirrigadas com água residuária de suinocultura. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, v.08, n. 02, p. 59-71, 2014.

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. *A qualidade da água na agricultura*. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1991. 153p.

CANTARELLA, H. ; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CARDOSO, E. L., FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A. *Análise de solos: finalidade e procedimentos de amostragem*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 5 p.

DUARTE, A.S. et al. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.3, p.302–310, 2008.



EMATER-MG, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Coleta de amostra de solo para análise. *Departamento Técnico da EMATER-MG*. Belo Horizonte, MG - janeiro de 2016.

EMBRAPA- *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2. ed. Brasília- DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 203p

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

GILBERT, Y.; LE BIHAN, Y; AUBRY, G.; VEILLETTE, M; DUCHAINE, C.; LESSARD, P. Microbiological and molecular characterization of denitrification in biofilters treating pig manure. *Bioresource Technology*, v. 99, n. 10, p. 4495-4502, 2008.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O.B.; CONDÉ, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I. M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. *Iniciação científica - Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, Jaboticabal*, v.42, n.3, p.299-309, 2014.

KOURAA, A.; FETHI, F.; LAHLOU, A.; OUAZZANII N. Reuse of urbanwastewater by combined stabilization pond system en Benslimane (Marocco). *Urban Water*, v.4, p. 373-378, 2002.

MATOS, A.T.; PINTO, A.B.; PEREIRA, O.G.; BARROS, F.M. Alteração de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.3, p. 406-412, 2005.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; LO MONACO, P. A. V. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 119-132, 2012.

PATENSE – INDUSTRIA DE FARINHA DE CARNE E OSSOS. Página da internet. Disponível em: <<http://patense.com.br/pt/views/fertirrigacao.php>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

RHEINHEIMER. D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. Santa Maria, RS: *Ciência Rural*, v.38, n.2, mar-abr, 2008.

ROSTON, D. M. Uso de várzeas artificiais para tratamento de efluente de tanque séptico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 23., 1994, Campinas. *Anais...* Campinas: ABEA, 1994. p. 210.

SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. *Informação Tecnológica*. 2. ed. EMBRAPA Solos, Brasília, DF (Brazil). 2009.

SILVA, D.F.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; BATISTA, R.O.; MOREIRA, D.A. Alteração química de solo cultivado com capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano. *Acta Scientiarum Technology*, v. 33, n. 3, p. 243-251, 2011.

SILVA, J.B.G.; MARTINEZ, M.A.; PIRES, C.S.; ANDRADE, I.P.S.; SILVA, G.T.; Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. *Irriga*, p. 250-263, 2012.

SMANHOTTO, A.; SOUSA, A.P.; SAMPAIO, S.C.; NÓBREGA, L.H.P.; PRIOR, M. 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, n.2, p.346-357, 2010.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: *Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.