



Uso agrícola do lodo de estação de tratamento de água: efeito na fertilidade do solo⁽¹⁾.

Isabella Menuzzo Lucon⁽²⁾; Ronaldo Severiano Berton⁽³⁾; Aline Renée Coscione⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da CAPES – Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior.

⁽²⁾ Doutoranda; Centro de Solos e Recursos Ambientais; Instituto Agronômico; Av. Barão de Itapura, 1481, Campinas, SP, CEP:13020-902; isbellamlucon@gmail.com; ⁽³⁾ Pesquisador; Instituto Agronômico; ⁽⁴⁾ Pesquisadora; Instituto Agronômico.

RESUMO: A baixa qualidade da água bruta captada e a exigência de fornecimento de água com boa qualidade para a população geram um significativo aumento na produção de rejeitos de lodo provenientes das Estações de Tratamento de Água (ETA). Atualmente, no Brasil, o lodo de estação de tratamento de água (LETA) tem como alternativa de destino final os aterros sanitários levando, dessa forma, à diminuição da vida útil dos mesmos, à degradação do meio ambiente e ao desperdício de um material que poderia ser reaproveitado. Desta forma há a necessidade de se conhecer melhor as características dos resíduos de ETA e alternativas de manejo, tratamento e disposição final destes. Para avaliar o uso agrônômico de LETA, em casa de vegetação, cultivou-se milho em vaso por 48 dias, adicionando-se N na forma de NH_4NO_3 e proveniente do LETA combinadas entre si (4 doses de LETA x 4 doses de NH_4NO_3) num total de 16 tratamentos. Foram avaliados os efeitos do lodo de ETA na fertilidade do solo, que provocou aumento discreto no teor de matéria orgânica, aumento do pH e diminuição nos teores de P disponível.

Termos de indexação: matéria orgânica; biossólido; reciclagem de resíduos.

INTRODUÇÃO

Nos centros urbanos, as companhias de saneamento estão cada vez mais preocupadas com qualidade da água a ser distribuída à população. Com o aumento de impurezas na água captada para tratamento e redistribuição, há a necessidade de se aplicar mais produtos químicos, aumentando também os rejeitos e o lodo proveniente das Estações de Tratamento de Água (ETA).

O lodo de ETA (LETA) é formado através do tratamento de água em um processo de coagulação, tendo composição química parecida com a da água bruta mais produtos flocculantes/coagulantes aplicados nos processos. Os produtos mais utilizados são o cloreto férrico, sulfato de alumínio e policloreto de alumínio (PAC).

Historicamente, os resíduos gerados nas ETA têm sido lançados nos cursos d'água. Com a constante atualização da legislação ambiental e de recursos hídricos do país, a intensificação da ação fiscalizadora dos órgãos ambientais e a crescente

degradação dos corpos receptores, as ETA que realizam o tratamento destes resíduos têm aumentado, ainda que de forma incipiente. Entretanto, a atenção, o conhecimento e a discussão das implicações quanto “ao que fazer com esses resíduos”, ainda é muito recente, permanecendo o desafio de se conhecer as alternativas de manejo, tratamento e disposição final destes resíduos (Barroso & Cordeiro, 2001).

Alguns benefícios associados à aplicação de LETA em solos agrícolas como condicionador de solo são: melhoria estrutural, ajuste de pH, aumento da capacidade de retenção de água e melhoria das condições de aeração do solo. No entanto, a taxa de aplicação do LETA deve ser controlada como ocorre com o LETE e outros resíduos, conforme a composição de cada um. No caso do lodo de ETA, o principal fator de controle é a quantidade de ferro e alumínio, pois tanto um como o outro se combinam com o fósforo, reduzindo sua absorção pelas plantas (Sabagg, 2004).

Atualmente, no Brasil, o lodo de ETA tem como alternativa de destino final os aterros sanitários, diminuindo a vida útil dos mesmos, degradando o ambiente e desperdiçando um material que poderia ser reaproveitado. Projetos para a utilização do LETA têm sido desenvolvidos no Brasil visando diminuir os impactos negativos de seu descarte.

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do uso agrícola do LETA quando aplicado isoladamente e em complementação mineral.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Agronômico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do Solo e Recursos Agroambientais, Campinas/SP.

Na montagem dos vasos foram utilizados para cada vaso 3 kg de solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico plíntico, textura franco-argiloarenosa, $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$ 4,8. O milho utilizado foi o híbrido IAC 8333.

Tratamentos e amostragens

O experimento foi realizado com 16 tratamentos (**Tabela 1**) e quatro repetições, totalizando 64 vasos. As quantidades de lodo de ETA aplicadas foram determinadas pela concentração de N



Kjeldahl (total) presente no mesmo. As doses foram aplicadas conforme cada tratamento, correspondentes a 0, 33,15, 66,30 e 99,45 g de LETA por vaso e equivalentes à aplicação de 0, 22, 44, 66 t ha⁻¹ de LETA respectivamente. A aplicação de nitrato de amônio também respeitou as doses de 0, 200, 400 e 600 mg de N/vaso.

Na montagem dos vasos, foi realizada a adubação básica de 500 mg de P/vaso como superfosfato simples, 700mg de K/vaso como K₂SO₄, 200 mg de Mg como MgSO₄, uma solução contendo 0,5 mg/dm³ de B, 1 mg/dm³ de Cu, 3 mg/dm³ de Mn, 2 mg/dm³ de Zn e 0,05 mg/dm³ de Mo nas formas de H₃BO₃, CuSO₄.5H₂O, MnSO₄.1H₂O, ZnSO₄.7H₂O, Na₂MoO₄.2H₂O respectivamente e, separadamente, uma solução com 3 mg/dm³ de Fe na forma de Fe-EDTA.

Tabela 1. Doses de N aplicadas através do lodo de ETA e de nitrato de amônio.

TRATAMENTO	LODO	NITRATO DE AMÔNIO	N TOTAL APLICADO
	----- Nitrogênio (mg/vaso) -----		
L0M0	0	0	0
L0M1	0	200	200
L0M2	0	400	400
L0M3	0	600	600
L1M0	200	0	200
L1M1	200	200	400
L1M2	200	400	600
L1M3	200	600	800
L2M0	400	0	400
L2M1	400	200	600
L2M2	400	400	800
L2M3	400	600	1000
L3M0	600	0	600
L3M1	600	200	800
L3M2	600	400	1000
L3M3	600	600	1200

O LETA foi misturado ao solo no processo de montagem dos vasos, garantindo sua incorporação.

O tempo de incubação de solo + lodo + adubação básica foi de 15 dias. Após esse período, foram semeadas 10 sementes de milho/vaso, fazendo-se o desbaste para 5 plantas/vaso dez dias após a germinação das sementes. O experimento foi conduzido por 48 dias após a germinação.

Desde a semeadura, a umidade do solo dos vasos foi mantida a 70% da capacidade máxima de retenção de água por meio de pesagem dos vasos.

O nitrogênio, em forma de nitrato de amônio, foi aplicado no solo, na forma de solução, nas doses indicadas na **tabela 1**. A aplicação foi parcelada em seis etapas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias após a germinação

Após 48 dias da germinação, cortou-se a parte aérea do milho rente à superfície da terra dos vasos e o material recolhido foi colocado em saco de

papel. As plantas foram lavadas com água deionizada e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C. Ao atingirem massa constante, obteve-se o valor de massa de matéria seca produzida da parte aérea da planta. Essas amostras foram moídas em moinho tipo Willey e submetidas à digestão com HNO₃/H₂O₂ em forno de micro-ondas (Abreu, 1997). A análise de N total foi feita no Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo seguindo o método de Kjeldahl (Cantarella & Trivelin, 2001).

Foram coletados solo de cada tratamento para análise de fertilidade no Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo de acordo com a rotina analítica descrita em Raij et al. (2001).

Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente por meio da análise de variância e complementada pelo teste de comparação de médias Tukey ao nível de 5% de probabilidade, usando o software XLSTAT, 2012.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo utilizado no experimento foi coletado entre a camada de 0 a 20 cm de profundidade na Unidade Pálida do Centro Experimental do IAC. A análise química do solo foi realizada de acordo com os métodos descritos por Raij *et al.* (2001), apresentando os seguintes valores: P resina = 5 mg dm⁻³; K = 2,5 mmol_c dm⁻³; Ca = 17 mmol_c dm⁻³; Mg = 6 mmol_c dm⁻³; CTC = 49,8 mmol_c dm⁻³; SB = 24,8 mmol_c dm⁻³; H+Al = 25 mmol_c dm⁻³ e V% = 50%.

A composição química do LETA utilizado neste trabalho pode ser observada na **tabela 2**.

Como os dados obtidos para cada tratamento separados conforme a **tabela 1** não apresentaram diferenças significativas para solo, optou-se unir os tratamentos conforme a dose de lodo aplicada. Sendo assim, para avaliação da eficiência agrônômica do LETA, os tratamentos foram separados em i) mineral (MIN) sendo a média dos tratamentos que receberam apenas adição de N mineral (L0M0, L0M1, L0M2 e L0M3), ii) orgânico (ORG) sendo os tratamentos que receberam apenas LETA (L0M0, L1M0, L2M0 e L3M0) e iii) tratamentos organominerais com doses 1, 2 e 3 (OM1, OM2 e OM3 respectivamente) sendo que OMx se refere aos tratamentos que receberam dose fixa de LETA e crescente de mineral da seguinte forma: LxM0, LxM1, LxM2 e LxM3.

Os resultados da análise de solo para fins de fertilidade para as amostras coletadas após o cultivo do milho encontram-se na **tabela 3**.

As alterações observadas para a matéria orgânica do solo devido à presença de LETA formam discretas, mas significativas, sendo que os tratamentos que receberam maior dose de lodo



(OM3) foram estatisticamente superiores aos tratamentos que não receberam lodo (MIN), refletindo a presença da matéria orgânica do lodo.

Os valores de pH do solo aumentaram conforme o aumento na dose de lodo provavelmente devido ao efeito da mistura solo - lodo, pois o pH do lodo encontra-se próximo à neutralidade. O tratamento MIN apresentou pequena queda no valor de pH do solo, justificada pela utilização de NH_4NO_3 , cuja liberação de íons amônio provoca a acidificação do solo.

Alterações observadas nos teores de fósforo merecem atenção devido à diminuição de P resina no solo conforme o aumento na dose de LETA aplicada pois, quanto mais lodo foi adicionado ao solo, maior foi a adsorção de P. O tratamento MIN apresentou valor significativamente superior aos tratamentos OM2 e OM3 (tabela 3), mostrando que o LETA tem potencial de retenção de P provavelmente devido à presença de Al e Fe.

O aumento de K do solo no tratamento orgânico ocorreu possivelmente devido à menor absorção deste elemento pelas plantas neste tratamento.

Resultados sem tendência aparente foram obtidos para cálcio, enxofre e magnésio e, portanto, para a soma das bases (SB), ressaltando que quanto maior a SB, maior a fertilidade do solo.

O alumínio trocável apresentou comportamento diferente do esperado, já que houve decréscimo nos teores de Al conforme o aumento da dose de LETA adicionada ao solo. Nota-se que o Al do LETA parece não estar disponível, não tendo efeito potencial de fitotoxicidade. O tratamento com maior valor de Al no solo foi o mineral, mostrando provável interferência do pH do solo, que atua diretamente na disponibilidade de Al. Esse comportamento também afetou do mesmo modo a acidez potencial (H+Al), justificado pela sua dependência direta com a concentração de Al. A C.T.C. do solo, que é a soma de S.B. e H+Al diminuiu conforme a diminuição de Al e, portanto H+Al sendo assim, diretamente influenciada pelo pH do solo.

Neste ensaio, a saturação por bases aumentou conforme o acréscimo de LETA que aumentou o pH do solo, diminuindo de Al, H+Al e, portanto, a C.T.C do solo.

A CE do solo, mesmo em tratamento que recebeu a maior dose de lodo (OM3) não foi superior a 3 ds m^{-1} , mostrando que o LETA não ocasionou problemas de salinidade no solo.

Os teores de cobre tiveram comportamento alternado conforme o tratamento, provavelmente devido às suas interações com a MO, formando complexos estáveis, e a presença de íons metálicos como Fe, Mn e Al, que diminuem a sua disponibilidade.

O ferro, apesar da grande concentração no lodo de ETA, não apresentou tendência aparente, sugerindo que o Fe do lodo, assim como o Al, não está disponível.

Os teores de chumbo, manganês, zinco diminuíram com a presença de LETA se comparamos o tratamento MIN com o OM3, provavelmente devido ao pH, pois aumento no pH do solo diminui a disponibilidade desses elementos.

Outros elementos como boro e níquel apresentaram valores sem alteração para os tratamentos, não havendo influência do LETA em relação à concentração dos mesmos no solo.

CONCLUSÕES

O LETA não mostrou potencial agrônômico para uso como fertilizante, não provocando mudanças significativas na fertilidade do solo.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; ANDRADE, J.C. Determinação de cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo em solos usando solução de DTPA em pH 7,3. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (eds) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. p.240-250.

ABREU, M.F. Extração e determinação simultânea por emissão em plasma de nutrientes e elementos tóxicos em amostras de interesse agrônômico. Campinas, Tese de doutorado, UNICAMP, 135p. 1997.

BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Problemática dos metais nos resíduos gerados em estações de tratamento de Água. In: BASTOS, R.K.X., Ensaio de tratabilidade de resíduos de estação de tratamento de água - Um passo indispensável para o equacionamento de um problema na ordem do dia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; COSCIONE, A. R.; ANDRADE, J. C. Determinação de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis em extrato de cloreto de potássio. In RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (eds) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. p.213-224.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. p.270-276.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Determinação de nitrogênio total em solo. In:RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. p.262-269.



RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (eds) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.189-199.

SABAGG, M. G., MORITA, D. M. Incorporação de lodo de estações de tratamento de água em blocos cerâmicos. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

Tabela 2. Composição química do lodo de estação de tratamento de água.

Parâmetro	Unidade ⁽¹⁾	Valor	Parâmetro	Unidade ⁽¹⁾	Valor
pH (em água 1:10)		7,1	Alumínio	g/kg	51,7
Umidade, a 60 - 65°C	% (m/m)	26,5	Boro	mg/kg	64,3
Sólido Totais	% (m/m)	73,5	Cádmio	mg/kg	0,5
Sólidos Voláteis	% (m/m)	42	Cálcio	g/kg	1,1
Carbono Orgânico	g/kg	249	Chumbo	mg/kg	5,8
Nitrogênio Kjeldahl	g/kg	7	Cobre	mg/kg	23
Nitrogênio amoniacal	mg/kg	75	Cromo total	mg/kg	16,8
Nitrogênio nitrato-nitrito	mg/kg	25,7	Enxofre	g/kg	1,5
Arsênio	mg/kg	6,3	Ferro	g/kg	38,6
Bário	mg/kg	<1,0 ⁽²⁾	Fósforo	g/kg	0,7
Mercúrio	mg/kg	<1,0 ⁽²⁾	Magnésio	g/kg	0,3
Potássio	mg/kg	638	Manganês	g/kg	0,9
Selênio	mg/kg	<1,0 ⁽²⁾	Molibdênio	mg/kg	<0,9 ⁽²⁾
Sódio	mg/kg	442	Níquel	mg/kg	<2,4 ⁽²⁾
			Zinco	mg/kg	19,7

(1) Resultados expressos na amostra em base seca.

(2) Não detectado, concentrações menores que o limite de detecção.

Tabela 3. Atributos de fertilidade do solo para os tratamentos mineral, orgânico e organomineral.

Tratamento	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S.B.	C.T.C.
	g/dm ³									
MIN	24,25 c	4,7 c	55,32 a	0,89 b	38,88 ab	6,69 a	1,25 a	47,00 a	46,54 a	93,65 ab
OM1	24,69 abc	4,8 bc	50,19 ab	0,90 b	41,62 a	6,62 a	0,81 ab	45,62 ab	49,16 a	94,96 a
OM2	25,12 ab	4,9 ab	45,00 bc	0,94 b	39,62 ab	6,62 a	0,75 bc	45,31 ab	47,11 a	92,52 ab
OM3	25,31 a	5,0 a	41,62 c	1,11 b	40,44 ab	6,38 a	0,44 bc	42,94 ab	47,94 a	90,98 ab
ORG	24,44 bc	5,0 a	51,06 ab	2,16 a	37,69 b	6,19 a	0,31 c	41,62 b	46,12 a	87,88 b
Tratamento	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni	Pb	C.E.
	%									
MIN	49,56 a	289,31 ab	0,41 a	1,58 a	28,44 ab	9,38 a	1,93 a	0,04 a	1,01 a	0,094 ab
OM1	51,88 a	324,81 a	0,43 a	1,47 b	29,19 ab	8,22 ab	1,48 b	0,04 a	0,83 b	0,099 a
OM2	50,94 a	308,38 a	0,42 a	1,39 bc	27,69 b	7,64 ab	1,24 c	0,03 a	0,74 c	0,088 ab
OM3	52,75 a	327,33 a	0,42 a	1,32 c	28,62 ab	7,57 ab	1,14 c	0,03 a	0,66 c	0,091 ab
ORG	52,69 a	243,50 b	0,42 a	1,46 b	31,88 a	6,51 b	1,49 b	0,02 a	0,82 b	0,08 b

Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5%.

MIN: Média dos tratamentos L0M0, L0M1, L0M2, L0M3.

OM1: Média dos tratamentos L1M0, L1M1, L0M2, L0M3.

OM2: Média dos tratamentos L2M0, L2M1, L2M2, L2M3.

OM3: Média dos tratamentos L3M0, L3M1, L3M2, L3M3.

ORG: Média dos tratamentos L0M0, L1M0, L2M0, L3M3.