

GESTÃO DO LODO DE ESGOTO DO AEOPORTO INTERNACIONAL/RJ: REVEGETAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

F. B. BEZERRA ^{(1)*}; D. V. PÉREZ ⁽¹⁾; A. G. ANDRADE ⁽¹⁾; N.A. MENEGUELI ⁽¹⁾; M. A. C. L. OLIVEIRA ⁽²⁾

(1) Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1024; Rio de Janeiro (RJ) 22460-000.

(2) Instituto de tecnologia, UFRRJ, Br 465, Km 07, Seropédica (RJ) 23851-970.

* bezerra@cnp.embrapa.br

Ao longo das últimas décadas, tem sido crescente a demanda por soluções que minimizem os impactos negativos causados ao meio ambiente pelos resíduos gerados por atividades antrópicas. Por ser predominantemente de composição orgânica, o lodo de esgoto pode influenciar, positivamente, as características do solo relativas a sua fertilidade e a sua erodibilidade, pois atua como condicionador das propriedades físicas, além de fornecer nutrientes para os vegetais. Entretanto, apesar dos efeitos benéficos, pode apresentar restrições quanto a sua utilização no solo para tais fins, devido à presença de metais pesados e microrganismos patogênicos, dependendo de sua origem. Dessa forma, verifica-se a necessidade de um constante monitoramento dos efeitos causados pela aplicação do lodo de esgoto no solo, suas implicações sobre a qualidade do meio ambiente e no desenvolvimento da vegetação implantada. O conhecimento da composição química da solução que percola no perfil do solo pode se constituir numa importante ferramenta de diagnóstico e monitoramento dos processos químicos do solo, de importância para a agricultura e o meio ambiente. Determinar a intensidade em que ocorrem as espécies químicas no sistema solo é fundamental para o entendimento dos processos naturais de decomposição química e para se ter acesso à disponibilidade, à biodisponibilidade, à mobilidade e ao ciclo geoquímico das espécies químicas no solo. A química da solução do solo concentra-se na fração disponível em que as espécies ocorrem, no sistema, em um determinado período de tempo e para um determinado ponto específico, sendo um usual preditor de transferência de massa do solo para outros compartimentos do meio ambiente. Ressaltando que a análise da composição dessa solução é, freqüentemente, mais instrutiva do que toda a análise do solo ou de seu extrato (Wolt, 1994). Este trabalho teve como objetivo principal verificar a viabilidade da aplicação do lodo de esgoto, produzido pela Estação de Tratamento de Esgoto do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro Galeão/ Antônio Carlos Jobim (ETAR-APOIO), no processo de revegetação de uma área degradada, denominada Jazida do Itacolomi, situada na área patrimonial do Aeroporto. Esta área era constituída por um Latossolo Amarelo que, por meio da intervenção humana, teve sua superfície original rebaixada em até 10 metros, promovendo a exposição do horizonte C do solo original. O experimento foi instalado segundo o delineamento fatorial 2x5 em blocos casualizados, com 3 repetições. Os tratamentos estudados foram as espécies vegetais (*Mimosa caesalpiniiifolia*, Sabiá e *Mimosa bimucronata*, Maricá), inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Rhizobium* e fungos micorrízicos e as seguintes doses de lodo (0,00; 2,85; 5,70; 11,40 e 22,80 t ha⁻¹) cujas principais características encontram-se na Tabela 1. As covas foram abertas com dimensões de 0,30 x 0,30 x 0,30 m, espaçadas de 2,0 m, formando parcelas com 64 m² de área, totalizando 16 covas por parcela. Todos os tratamentos receberam uma complementação com fertilizantes minerais, de 80g de fosfato de rocha e 30g de sulfato de potássio, por cova. Aos 180 dias após o plantio, foram coletadas amostras da camada superficial do solo, dentro do raio de abrangência das covas, com profundidade de até 20 cm, em todas as parcelas dos três blocos experimentais. As amostras foram secas em estufa à 40°C, destorroadas, passadas em peneira de malha de 2 mm e armazenadas em sacos plásticos. Foram realizadas análises das amostras de solo para a determinação das seguintes variáveis: pH; CTC; Corg.; P assimilável e Ntotal, de acordo com Embrapa (1997). Os teores de micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn) foram extraídos por solução

Mehlich 1 e determinados por espectrometria de emissão por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). A extração da solução do solo seguiu a metodologia descrita por Pérez et al. (2002). Nas soluções de solo obtidas, foram determinados os teores de Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cr, Co, Ni, Al, Cd e Pb, por espectrometria de emissão por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) e de Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} por cromatografia de íons. Como pode-se verificar na Tabela 2, as doses crescentes de lodo aplicadas exerceram efeitos significativos no aumento do teor de carbono orgânico no solo, refletindo diretamente em sua CTC. Os valores médios encontrados para o pH, indicaram que a aplicação do lodo de esgoto ocasionou uma diminuição considerável dessa variável, talvez, devido ao pH da área já se encontrar de certa forma, elevado em virtude de ter sofrido anteriormente, despejos de lixo de construção. As doses de lodo também influenciaram significativamente os teores de nitrogênio e de fósforo (Tabela 2), contribuindo para aumentar sua disponibilidade no solo. Com relação ao Fe, Zn e Cu, verifica-se na Tabela 3 que a disponibilidade desses micronutrientes, em geral, aumentou com o acréscimo das doses de lodo, à exceção do Mn, cujos teores mantiveram-se praticamente invariáveis, independentes da quantidade de matéria orgânica aplicada (Tabela 3), provavelmente devido a sua concentração inicial, no solo e a baixa concentração no lodo (Tabela 1). Os resultados obtidos para a solução do solo estão em consonância com os encontrados anteriormente, para o solo. Observa-se, na Tabela 4, que houve influência significativa das doses de lodo, com respeito ao pH da solução do solo. O pH mostrou-se pouco sensível à carga orgânica adicionada apresentando em média, uma variação de $\pm 0,5$ em seu valor. O comportamento de Ca, Mg, Na e K, na solução do solo, (Tabela 4) assemelha-se ao observado no solo (Tabela 2), o que evidencia o fato esperado da existência de um íntimo equilíbrio dinâmico entre o solo e a solução do solo. O teor de micronutrientes na solução do solo apresentou diferença significativa entre as doses de lodo para Mn, Fe e Zn, mas não para o Cu, como mostra a Tabela 4. Houve ainda semelhança de comportamento entre os resultados obtidos na análise do solo e na solução do solo, sugerindo que a análise da solução do solo pode ser considerada como um indicador apropriado das variáveis do solo, principalmente, no caso do Mn, cuja análise do solo indicou certa estabilidade em suas concentrações disponíveis enquanto a análise da solução do solo revelou uma tendência de aumento de seus teores disponíveis, em função das doses de lodo aplicadas (Figura 1). Os teores de Cr, Ni, Cd e Pb também foram analisados na solução do solo, sendo que todos apresentaram concentrações inferiores ao limite de detecção do equipamento, independentemente da dose de lodo aplicada. Este fato se deve, principalmente, às baixas concentrações iniciais desses elementos no lodo (Tabela 1) e à faixa de pH da solução do solo, em média, maior do que 6,0 (Tabela 4), favorecendo a precipitação desses cátions metálicos. A partir das concentrações médias, relativas às doses crescentes de lodo apresentadas na Tabela 5, verifica-se que os teores de cloretos (Cl^-) na solução do solo, não apresentaram diferenças significativas. Em contrapartida, os de NO_3^- e SO_4^{2-} mostraram-se altamente dependentes das doses de lodo. As maiores doses apresentaram concentrações demasiadamente altas, indicando um grande potencial de contaminação dos mananciais hídricos. Esses resultados estão de acordo com as considerações feitas na literatura, onde a disponibilidade de NO_3^- e SO_4^{2-} , no sistema solo-planta, ocorre através dos processos de mineralização de compostos nitrogenados e sulfurados. Tais processos apesar de se apresentarem dissociados e com taxas diferenciadas, estão diretamente ligados à variáveis do solo tais como pH, capacidade de troca catiônica (CTC), conteúdo de matéria orgânica e textura. Os resultados obtidos neste estudo permitiram concluir que a adição do lodo de esgoto ao solo aumentou, consideravelmente, os teores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio e, em menor extensão, os teores de magnésio e potássio, com pouca alteração no pH do solo. O pH próximo da neutralidade e o aumento da carga orgânica intensificaram, consideravelmente, a capacidade de troca catiônica do solo, promovendo maior retenção de

cátions metálicos e diminuindo sua disponibilidade, o que foi confirmado pelos teores, significativamente baixos de metais pesados, na solução do solo, indicando um baixo risco imediato de contaminação do solo e dos mananciais hídricos por estes elementos. A degradação da matéria orgânica promoveu aumento considerável de formas nitrogenadas e sulfuradas potencialmente lixiviáveis. As concentrações de nitratos e sulfatos, na solução do solo, estiveram próximas ou excederam os limites de potabilidade, em todas as doses de lodo aplicadas, indicando risco potencial dos mananciais hídricos. A metodologia utilizada para extração da solução do solo apresentou resultados satisfatórios, podendo-se considerar a análise da composição do solo uma importante ferramenta de diagnóstico e monitoramento dos seus processos químicos.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. 212p.

Pérez, D.V.; CAMPOS, R.C. de; NOVAES, H.B. Soil Solution Charge Balance For Defining The Speed And Time Of Centrifugation Of Two Brazilian Soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 33(13/14): 2021-2036. 2002.

Wolt, J. Soil solution chemistry: applications to environmental science an agriculture. New York: John Wiley. 345p. 1994.

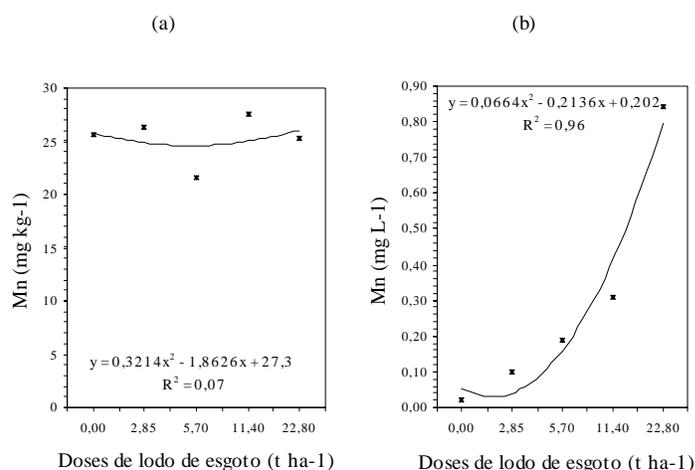


Figura 1: Curvas das concentrações médias de Mn no solo (a) e na solução do solo (b).

Tabela 1. Composição química parcial do lodo ETAR-APOIO.

Umidade (g kg ⁻¹)	8,2	Fe (g kg ⁻¹)	19,2
pH H ₂ O (1:2.5)	5,6	Al (g kg ⁻¹)	13,1
C _{org.} (g kg ⁻¹)	224,1	Mn (mg kg ⁻¹)	0,2
N _{TOTAL} (g kg ⁻¹)	26,7	Cu (mg kg ⁻¹)	362,7
P (g kg ⁻¹)	4,8	Zn (mg kg ⁻¹)	1543,3
K (g kg ⁻¹)	1,0	Ni (mg kg ⁻¹)	39,2
Mg (g kg ⁻¹)	3,4	Cr (mg kg ⁻¹)	72,7
Ca (g kg ⁻¹)	15,4	Pb (mg kg ⁻¹)	185,3
Na (g kg ⁻¹)	0,4	Cd (mg kg ⁻¹)	3,1

Tabela 2. Resultados médio de pH, C, N, P, Ca, Mg, Na, K e CTC, das amostras de solo, em função das doses de lodo de esgoto aplicadas

Dose Lodo t ha ⁻¹	pH	C	N	P	Ca	Mg	Na	K	CTC
		g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹				cmol kg ⁻¹
0,00	7,98a	4,69b	0,37b	5,37b	790,19ab	61,43b	18,79a	88,28b	4,75c
2,85	7,70ab	7,62b	0,64b	18,22a	878,59ab	70,68b	32,76a	123,97b	5,43bc
5,70	7,32b	7,93b	0,76b	18,12a	744,55b	71,68b	34,32a	141,72b	5,09c
11,40	6,44c	16,75a	1,72 ^a	29,02a	961,57ab	108,84a	29,71a	242,52a	8,03a
22,80	7,06bc	19,93a	2,08a	20,98a	1059,94a	82,15ab	30,31a	111,03b	7,10ab
CV %	7,7	48,5	56,2	52,1	26,3	36,9	64,3	59,7	27,9

Valores seguidos da mesma letra numa mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a P<0,05

Tabela 3. Resultados médios de Mn, Fe, Zn e Cu, das amostras do solo, em função das doses de lodo aplicadas

Dose Lodo t ha ⁻¹	Mn	Fe	Zn	Cu
	mg kg ⁻¹			
0,00	25,54a	39,97c	15,86b	3,30b
2,85	26,32a	44,46bc	34,63b	5,10b
5,70	21,54a	58,18abc	42,83b	4,92b
11,40	27,62a	75,76abc	88,50a	10,13a
22,80	25,22a	62,86ab	105,41a	10,72a
CV %	26,3	36,9	64,3	59,7

Valores seguidos da mesma letra numa mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a P<0,05

Tabela 4. Resultados médios de pH, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Zn e Cu da solução do solo

Dose Lodo t ha ⁻¹	pH	Ca	Mg	Na	K	Mn	Fe	Zn	Cu
		mg L ⁻¹							
0,00	6,95ab	119,99b	6,10b	10,68a	10,82a	0,02c	0,003bc	0,04b	0,018a
2,85	7,25a	222,02ab	15,77ab	17,45a	30,20a	0,10bc	0,015abc	0,07ab	0,015a
5,70	6,50ab	264,19b	12,64b	17,14a	28,95a	0,19bc	0,015ab	0,14ab	0,013a
11,40	5,94b	411,61a	38,01a	19,06a	62,93a	0,31bc	0,023a	0,35ab	0,020a
22,80	6,56ab	419,49ab	27,10ab	17,84a	29,53a	0,84a	0,002c	0,65a	0,043 ^a
CV %	14,5	8,9	8,5	16,0	8,3	8,3	10,3	12,5	13,7

Valores seguidos da mesma letra numa mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a P<0,05

Tabela 5. Resultados médios de cloretos, nitratos e sulfatos da solução do solo

Doses de Lodo t ha ⁻¹	Cl ⁻¹	NO ₃ ⁻¹	SO ₄ ⁻²
	mg L ⁻¹		
0,00	54,99a	44,40ab	215,70a
2,85	46,51a	36,90a	658,40ab
5,70	58,47a	72,80ab	631,10ab
11,40	73,51a	430,70b	1263,00b
22,80	60,35a	535,70b	1236,20b

Valores seguidos da mesma letra numa mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a P<0,05