

Aporte de nutrientes em solos tratados com lodo de esgoto: estudo de caso da região de Campo Mourão, Noroeste do Paraná

RESUMO

Marco Aurelio Knopik

marcoak@sanepar.com.br

Companhia de Saneamento do Paraná,
Maringá, Paraná, Brasil

Rubens Rufine

rrufine@sanepar.com.br

Companhia de Saneamento do Paraná,
Maringá, Paraná, Brasil

Simone Bittencourt

sbittencourt@sanepar.com.br

Companhia de Saneamento do Paraná,
Curitiba, Paraná, Brasil

Francielli Gasparotto

francielli.gasparotto@unicesumar.edu.br

Centro Universitário Unicesumar,
Maringá, Paraná, Brasil

O lodo de esgoto apresenta quantidade significativa de matéria orgânica e nutrientes, sendo benéfico seu uso em áreas agrícolas. Este estudo de caso apresenta os resultados da destinação agrícola do lodo produzido nas Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGLs) da Região de Campo Mourão, noroeste do estado do Paraná, no período de 2012 a 2016. O processo segue as determinações da Resolução da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (Sema) 021/09 e inclui controles quanto aos odores, à contaminação por substâncias orgânicas e inorgânicas poluentes e aos microrganismos que podem causar doenças. Analisou-se o resultado de 15 lotes de lodo de esgoto aplicados em áreas agrícolas no período. Foram destinadas 5.244 t (3.262 t de sólidos totais), que promoveram um aporte médio ao solo de 912 kg ha⁻¹ de carbono orgânico, 582 kg ha⁻¹ de cálcio total, 160 kg ha⁻¹ nitrogênio total, 143 kg ha⁻¹ de magnésio, 24 kg ha⁻¹ de fósforo, 22 kg ha⁻¹ de enxofre, 6 kg ha⁻¹ de sódio, 4 kg ha⁻¹ de potássio e de 2,15 kg ha⁻¹ e 0,76 kg ha⁻¹, respectivamente para os micronutrientes zinco e cobre. A aplicação agrícola, por meio da elaboração de 30 projetos agrônômicos, beneficiou 14 agricultores, que reduziram a compra de fertilizantes e calcário, evitando um custo médio por hectare de R\$ 539,56. Desta forma, a atividade vem proporcionando a destinação adequada do material sob os aspectos sanitário, ambiental e social.

PALAVRAS-CHAVE: Bio sólido; Reciclagem agrícola; Resíduo de Saneamento.

1 INTRODUÇÃO

As águas residuárias provenientes dos centros urbanos são um dos principais agentes de poluição dos recursos hídricos. Frente a esta problemática, a implantação de estações de tratamento de esgoto (ETEs), possibilitam o retorno da água em melhores condições aos mananciais hídricos (BETTIOL; CAMARGO, 2000). O tratamento do esgoto, promove a degradação da carga orgânica, com a consequente geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

Destacam-se pelo seu elevado volume e geração contínua, os resíduos sólidos, provenientes principalmente do tratamento preliminar (desarenador/areia, gradeamento/lixo), e do tratamento secundário: como a espuma e o lodo de esgoto.

Nos sistemas biológicos de tratamentos de esgoto, parte da matéria orgânica é adsorvida e convertida em biomassa microbiana, denominada de lodo biológico ou biossólido (VON SPERLING; ANDREOLI, 2001). A quantidade de lodo produzido, varia em relação aos tipos de tratamento (VAN HAANDEL; CAVALCANTI, 2001), sendo necessária a retirada do lodo de excesso, para a manutenção da eficiência do tratamento. Assim, a produção da biomassa bacteriana ou do lodo de esgoto, é uma característica intrínseca do processo de tratamento de esgoto, o que torna-se um desafio às empresas de saneamento à gestão e à destinação final adequada desses resíduos (BITTENCOURT et al., 2017a).

A elevação dos índices de coleta e tratamento do esgoto sanitário, a crescente demanda pela sociedade e pelos órgãos ambientais por melhorias no tratamento dos efluentes, aliados a maiores eficiências das ETEs, na remoção da carga orgânica presente no esgoto, conduzem ainda, para uma maior geração desses resíduos nas ETEs, em especial ao lodo de esgoto.

Seu gerenciamento e sua disposição correta, é uma das etapas de grande complexidade no processo operacional. Embora os custos operacionais podem variar entre 20 a 60%, a gestão da destinação final vem sendo negligenciados (VON SPERLING; ANDREOLI, 2001; SAMPAIO, 2013).

Apenas alguns Estados como o Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Distrito Federal vem reutilizando o lodo agrícola, sendo que o aterro sanitário é ainda a destinação da maior parte desse resíduo no Brasil (SAMPALIO, 2013).

No Brasil, (SOARES, 2004) estimou a produção entre 150 a 220 mil t ano⁻¹ de sólidos totais (ST). No Estado do Paraná, a média de geração em 2015 e 2016 foi de aproximadamente de 19 mil t ano⁻¹ ST (BITTENCOURT; CZORNE, 2017).

A Companhia de Saneamento do Estado do Paraná – Sanepar, seguindo as diretrizes da Agenda 21, e mais recentemente da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), definiu o uso agrícola como alternativa prioritária de disposição final, desenvolvendo atualmente o Programa de utilização agrícola de lodo de esgoto. O programa prioriza a disposição final adequada e a melhoria na produtividade agrícola do Estado do Paraná (BITTENCOURT et al., 2009).

A Resolução Conama nº 375/2006 (BRASIL, 2006) definiu em nível federal, critérios e procedimentos para o uso agrícola do lodo de esgoto gerados em ETEs. No Paraná, a Resolução é complementada pela Resolução Sema 021/2009 (PARANÁ, 2009). No ano seguinte, a publicação da Lei 12.305/2010, referente à

Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece, no artigo 9º, que na questão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamentos dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Desta forma, o corpo técnico da Companhia de Saneamento do Paraná, vem se adequando a esta nova realidade, objetivando a higienização do lodo, através do processo de estabilização alcalina prolongada (EAP), que adiciona cal, na proporção que variam entre 30 a 50%, em relação ao ST do lodo bruto, ofertando aos agricultores, um subproduto que garanta a qualidade ambiental, sanitária e agronômica, através da rastreabilidade.

O relatório de rastreabilidade é o documento que contém dados que possibilitam relacionar a origem e a qualidade dos lotes de lodo de esgoto utilizados como insumo com as respectivas glebas agrícolas onde foram aplicados, culturas e destino dos produtos colhidos, objetivando identificar não conformidades e problemas para a saúde humana, animal ou ambiental (PARANÁ, 2009).

O lote de lodo de esgoto consiste na quantidade desse material — destinado para uso agrícola — gerada por uma UGL no período compreendido entre duas amostragens subsequentes, caracterizadas química e microbiologicamente. Para que seja realizada a aplicação de um lote de lodo de esgoto em determinada área agrícola é elaborado, por profissional habilitado, o projeto agronômico, observando os critérios e procedimentos da legislação vigente (PARANÁ, 2009).

O presente estudo de caso apresenta os resultados da destinação agrícola do lodo de esgoto produzido nas Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGLs) da Região de Campo Mourão, noroeste do estado do Paraná, no período de 2012 a 2016, para subsidiar estudos comparativos de uso de lodo de esgoto em solos de diferentes locais ou regiões brasileiras.

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado na região que corresponde à Unidade Regional de Campo Mourão (URCM) da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Essa região, localizada no noroeste do estado do Paraná, possui 9 municípios, dos quais, 7 contavam com sistema de esgotamento sanitário em 2016, correspondendo a cerca de 5,1 milhões de $m^3 \text{ ano}^{-1}$ de esgoto tratado. O esgoto coletado foi tratado em 8 ETEs, as quais possuem tratamento biológico em reatores anaeróbios, tipo UpflowAnaerobicSludgeBlanket (UASB), com existência ou não de unidades de pós-tratamento como: filtro biológico percolador, lagoa de polimento ou filtro anaeróbio. Em nenhuma das ETEs verificou-se a existência de decantador primário em operação.

Em 2016, a URCM possuía 4 UGLs (Tabela 1), constituídas por uma ou mais ETEs licenciadas pelo órgão ambiental estadual, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), das quais, todas destinaram lotes de lodo de esgoto para aplicação agrícola no período de 2012 a 2016 (com exceção do ano de 2013). Dessa forma, essas UGLs e os lotes de lodo de esgoto destinados por elas foram objeto desse estudo de caso.

Os documentos, em meio físico e digital, utilizados para a coleta de dados para realização do estudo foram: projetos agronômicos, laudos laboratoriais e relatórios de rastreabilidade fornecidos pela Sanepar.

De 5 relatórios de rastreabilidade, foram obtidas informações da quantidade total de lodo de esgoto destinada para uso agrícola a cada ano, do período de 2012 a 2016.

Foram obtidos dados de 30 projetos agronômicos, que correspondiam à destinação agrícola de 15 lotes de lodo de esgoto. Desses projetos agronômicos, foram obtidos os seguintes dados:

- Quantidade, em toneladas de massa total e toneladas de sólidos totais (t ST), de lodo de esgoto destinado ao uso agrícola;
- Quantidade total e por propriedade agrícola de hectares (ha) que receberam lodo de esgoto;
- Dose de aplicação de lodo de esgoto nas áreas agrícolas;
- Quantidade de nutrientes fornecida pela aplicação do lodo de esgoto;
- Custo evitado pelo agricultor, de compra de fertilizantes e corretivos de acidez do solo, devido ao uso do lodo de esgoto;
- Cultivos agrícolas nos quais o lodo de esgoto foi utilizado;
- Número de agricultores que utilizaram o lodo de esgoto;
- Municípios onde estavam localizadas as áreas agrícolas que receberam lodo de esgoto.

Tabela 1 - Número de projetos agronômicos elaborados e de lotes destinados por Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL), região de Campo Mourão, noroeste do Paraná, Brasil, de 2012 a 2016

Ano	Município	Nome UGL	Projetos agronômicos (n.)	Lotes destinados (n.)
2012	Campo Mourão	Rio km 119	4	1
	Campo Mourão	Rio do Campo	4	1
	Barbosa Ferraz	Lontras	2	1
	Goioerê	Água Bela	2	1
2014	Campo Mourão	Rio km 119	3	1
	Campo Mourão	Rio do Campo	4	1
	Corumbataí do Sul	Corumbataí do Sul	1	1
2015	Campo Mourão	Rio km 119	1	1
	Goioerê	Água Bela	1	1
	Ubiratã	Água do Palmito	2	1
2016	Campo Mourão	Rio km 119	1	1
	Campo Mourão	Rio do Campo	3	2
	Goioerê	Água Bela	1	1
	Ubiratã	Água do Palmito	1	1

Nota: UGL – Unidade de Gerenciamento de Lodo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os 15 lotes de lodo de esgoto foram destinados, de 2012 a 2016, para aplicação em 30 áreas agrícolas (correspondendo a 30 projetos agrônômicos elaborados) nos municípios de Campo Mourão, Farol, Luiziana, Moreira Sales, Araruna e Ubitatã. Foram beneficiados 14 agricultores que utilizaram o material para o cultivo de: soja, milho, aveia e trigo. O lodo de esgoto foi fornecido e entregue na propriedade sem custo para o agricultor, o qual proporcionou a redução na compra de fertilizantes fosfatados, potássicos e calcário, evitando um custo médio por hectare de R\$ 539,56.

Tabela 2 - Quantidade de lodo de esgoto, higienizado por EAP, aplicada em áreas agrícolas, tamanho das áreas e dose de aplicação, região de Campo Mourão, noroeste do Paraná, Brasil, de 2012 a 2016

N Ano t	Projetos agrônômicos (n.)	Área aplicada (ha)	Quantidade destinada (t MT)	Quantidade destinada (t ST)	Dose de aplicação* (t ha ⁻¹ MT)	Dose de aplicação* (t ha ⁻¹ ST)
2012	12	179	2321	1453	12,8	8,0
2013	0	-	-	-	-	-
2014	8	126	1201	663	10,4	5,8
2015	4	63	559	379	9,0	6,2
2016	6	114	1163	766	10,0	6,5
Total	30	482	5244	3262	-	-
Média	5	32	350	217	11	7
Máximo	12	82	1037	689	17	11
Mínimo	0	12	64	41	5	3

estabilização Alcalina Prolongada; MT – Massa Total; ST- Sólidos Totais. *médias anuais.

Observa-se que no ano de 2012 foi destinada para uso agrícola uma maior quantidade de lodo quando comparado com os demais anos (Tabela 2). Essa situação aconteceu devido à destinação em 2012 de uma quantidade de lodo que estava acumulada nas áreas das ETEs, a mais de cinco anos. Nos anos posteriores, conforme verificado nos relatórios de rastreabilidade, passou-se a destinar somente o lodo produzido anualmente.

Verificou-se um tamanho médio de 32 ha das áreas agrícolas nas quais o lodo foi aplicado, tamanho esse maior que o de 16,7 ha, verificado por Bittencourt et al. (2017a) em estudo da gestão do processo de uso agrícola de lodo de esgoto no estado do Paraná, no período de 2011 a 2013.

A dose de aplicação média do lodo de 7 t ha⁻¹ ST (Tabela 2), foi semelhante a verificada por Bittencourt et al. (2017b) para o interior do estado do Paraná. A necessidade de correção de acidez do solo utilizando-se o cálculo pelo método de saturação de bases do solo foi o fator que limitou a determinação da dose de aplicação de lodo, na maior parte dos projetos agrônômicos. Nenhum projeto obteve limitação de dose de aplicação em função da carga total acumulada de metais no solo.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos parâmetros agrônômicos dos lotes da Unidade Regional de Campo Mourão destinados ao uso agrícola, no período de 2012 a 2016.

Tabela 3 - Parâmetros agronômicos dos lotes de lodo de esgoto, higienizados por EAP, aplicados a áreas agrícolas, região de Campo Mourão, noroeste do Paraná, Brasil, de 2012 a 2016

N o t a : E A P - E s	Parâmetro	Média	Máximo		Coeficiente de Variação (%)
			(% ST)	Mínimo	
	Carbono orgânico total	13,55	22,64	8,87	27
	Nitrogênio total	2,39	4,88	1,00	46
	Fósforo total	0,38	1,07	0,16	57
	Potássio total	0,07	0,14	0,03	45
	Cálcio total	9,21	14,20	2,20	40
	Magnésio total	2,27	3,88	0,18	55
	Enxofre total	0,34	0,92	0,07	64
	Sódio total	0,09	0,14	0,04	31
	Cobre total	0,01	0,02	0,00	70
	Zinco total	0,03	0,07	0,00	74

tabilização Alcalina Prolongada; ST- Sólidos Totais.

O carbono orgânico foi o elemento em maior concentração (13,5%) em relação aos demais elementos determinados no lodo de esgoto. Fato também observado por Bittencourt et al. (2017b), que verificou uma média de 13,9% de carbono orgânico em lotes de lodo da Região Metropolitana de Curitiba, higienizados por EAP, aplicados a áreas agrícolas, no período de 2007 a 2013.

A média dos demais nutrientes foram observadas na seguinte ordem decrescente: cálcio, nitrogênio, magnésio, fósforo, enxofre, sódio, potássio, zinco e cobre (Tabela 3).

Valores de nitrogênio total (Tabela 3) inferiores aos relatados por Nogueira et al. (2010), de 2,9% a 4,1%, para lodo da ETE Barueri, em São Paulo, deveram-se ao processo de higienização do lodo, uma vez que a elevação de pH provoca a perda de nitrogênio amoniacal por volatilização (CARNEIRO; SOTTOMAIOR; ANDREOLI, 2005).

Os lotes analisados apresentam características corretivas de acidez do solo, sendo o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) encontrados em elevadas concentrações, devido à adição de óxidos e hidróxidos de Ca e Mg, no processo de higienização por EAP. Dessa forma, os teores de Cálcio total (Tabela 3) foram superiores a 1,9% de ST para lodo de sistema de lodos ativados convencional (BORGES; COUTINHO, 2004) e 2,5 % de ST para lodo de digestor anaeróbio gerado no processo de lodos ativados (PIRES et al., 2007).

Os resultados dos parâmetros inorgânicos (metais) dos lotes da Unidade Regional de Campo Mourão destinados ao uso agrícola, no período de 2012 a 2016 são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que a média dos teores de metais nos lotes destinados ao uso agrícola estava abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução Sema 021/2009 (Paraná, 2009), a qual, é mais restritiva que o Conama 375/206 (BRASIL, 2006) para os parâmetros Cádmio, Cobre, Mercúrio, Níquel e Zinco.

Tabela 4 - Parâmetros inorgânicos dos lotes de lodo de esgoto, higienizados por EAP, aplicados a áreas agrícolas, região de Campo Mourão, noroeste do Paraná, Brasil, de 2012 a 2016

Parâmetro	Média	Máximo	Mínimo	Coeficiente de Variação (%)	VMP Resolução	
					Conama 375/06	Sema 021/09
	(mg kg ⁻¹ ST)				(mg kg ⁻¹ ST)	
Arsênio	<6,02	<10	<0,01	58,24	41	41
Bário	239,36	212,56	<0,04	31,77	1.300	1.300
Cádmio	11,34	16,44	1,19	47,25	39	20
Cromo	216,97	303,59	18,07	49,45	1.000	1.000
Cobre	241,24	225,2	<1,02	31,17	1.500	1.000
Mercúrio	1,99	0,24	<0,01	3,46	17	16
Molibdênio	7,35	6	<0,04	32,99	50	50
Níquel	79,58	122,31	<0,10	45,63	420	300
Chumbo	114,72	241,62	14,29	66,91	300	300
Selênio	<13,18	<10	<0,10	25,9	100	100
Zinco	561,39	652,5	<0,80	37,44	2.800	2.500

Nota: EAP – Estabilização Alcalina Prolongada; VMP – Valor Máximo Permitido; ST- Sólidos Totais. *Valores com o símbolo (<) apresentaram concentração abaixo do limite de quantificação laboratorial.

Verificou-se uma concentração média na seguinte ordem decrescente: zinco, cromo, cobre, bário, chumbo, níquel, cádmio, molibdênio, selênio, arsênio e mercúrio (Tabela 4). Dentre as 11 substâncias inorgânicas analisadas, em todos os lotes, para o arsênio e selênio, as concentrações foram abaixo do limite de quantificação laboratorial. Para o mercúrio, 14 dos 15 lotes apresentaram valores abaixo do limite de quantificação, apresentando a menor concentração em relação aos demais elementos. Semelhante ao verificado por Bittencourt et al. (2017b) observaram-se elevados coeficientes de variação nos resultados de concentração de substâncias inorgânicas dos lotes.

A Tabela 5 apresenta os resultados do aporte de nutrientes nos solos das áreas agrícolas onde os lotes da Unidade Regional de Campo Mourão, foram aplicados, no período de 2012 a 2016.

Tabela 5 - Aporte de nutrientes nos solos tratados com lodo de esgoto, higienizados por EAP, região de Campo Mourão, noroeste do Paraná, Brasil, de 2012 a 2016

Parâmetro	Total	Média	Máximo	Mínimo
		(kg ha ⁻¹)		
Carbono orgânico total	13.673	912	1.828	333
Nitrogênio total	2.393	160	313	34
Fósforo total	358	24	54	10
Potássio total	65	4	9	1
Cálcio total	8.733	582	978	185
Magnésio total	2.143	143	301	19
Enxofre total	327	22	62	6
Sódio total	88	6	11	2
Cobre total	11,465	0,764	1,892	0,005
Zinco total	0,202	0,013	0,067	0

Nota: EAP – Estabilização Alcalina Prolongada; ST- Sólidos Totais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De 2012 a 2016, verificou-se que 5.244 t (3.262 t ST) de lodo de esgoto, higienizado por EAP, foram aplicadas em 482 ha de áreas agrícolas na região de Campo Mourão, noroeste do Paraná. Observou-se que 14 agricultores reduziram a compra de fertilizantes e calcário, evitando um custo médio, por hectare, de R\$ 539,56, para o cultivo da soja, milho, aveia e trigo, trazendo benefícios sociais e econômicos.

Houve grande variabilidade na concentração das substâncias inorgânicas (metais) nos lotes de lodo de esgoto, no entanto os níveis dessas substâncias foram abaixo dos limites da Resolução Sema nº 021/2009, comprovando que o controle do recebimento de efluentes industriais na rede de esgotamento doméstico é eficaz para obtenção de lodos com baixos teores de substâncias inorgânicas.

O uso agrícola do lodo de esgoto trouxe benefícios agrônômicos nas áreas onde o material foi aplicado, devido ao aporte médio ao solo de 912 kg ha⁻¹ de carbono orgânico, 582 kg ha⁻¹ de cálcio total, 160 kg ha⁻¹ nitrogênio total, 143 kg ha⁻¹ de magnésio, 24 kg ha⁻¹ de fósforo, 22 kg ha⁻¹ de enxofre, 6 kg ha⁻¹ de sódio, 4 kg ha⁻¹ de potássio e de 2,15 kg ha⁻¹ e 0,76 kg ha⁻¹, respectivamente para os micronutrientes zinco e cobre.

O uso agrícola do lodo de esgoto é atualmente a alternativa prioritária de disposição final na unidade regional de Campo Mourão. A área de abrangência da Gerência Geral Noroeste (GGNO) da Sanepar, região noroeste do Estado, que inclui, além da unidade Regional de Campo Mourão (objeto deste estudo de caso), as Unidades Regionais de Maringá, Umuarama, Paranavaí, vêm apresentando a universalização da reciclagem material, reutilizando 100% do lodo gerado para fins agrícolas, findando a destinação desse resíduo em aterros sanitários.

Nutrient input in soils treated with sewage sludge: case study of Campo Mourão region, Northwest of Paraná

ABSTRACT

The sewage sludge presents significant amount of organic matter and nutrients, and its use is being beneficial in agricultural areas. This study case presents the results of the agricultural use of the sludge produced in the Sludge Management Units (SLUs) of the Campo Mourão Region, Northwest of Paraná State, from 2012 to 2016. The process follows the determinations of the Resolution of the State Secretariat of the Environment (Sema) 021/09 and includes controls on odors, contamination by organic and inorganic polluting substances and microorganisms that can cause disease. The results of 15 batches of sewage sludge applied in agricultural areas, during the period, were analyzed. Were disposed 5,244 t (3,262 t of total solids) which promoted a input to the soil of: 912 kg ha⁻¹ of organic carbon, 582 kg ha⁻¹ of total calcium, 160 kg ha⁻¹ total nitrogen, 143 kg ha⁻¹ of magnesium, 24 kg ha⁻¹ of phosphorus, 22 kg ha⁻¹ of sulfur, 6 kg ha⁻¹ of sodium, 4 kg ha⁻¹ of potassium and 2,15 kg ha⁻¹ and 0,76 kg ha⁻¹, respectively for the zinc and copper micronutrients. The agricultural application benefited 14 farmers, through the elaboration of 30 agronomic projects, causing the reducing of the purchase of fertilizers and limestone, avoiding an average cost of R\$ 539.56 per hectare. In this way, the activity has provided the adequate destination of the material under the sanitary, environmental and social aspects.

KEY WORDS: Biosolids; Agricultural recycling; Waste from Sanitation.

REFERÊNCIAS

BETTIOL, W; CAMARGO, O. A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Editores Wagner Bettiol e Otávio A. Camargo, Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312 p.

BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C. V.; MOCHIDA, G. A.; MARIN, L. M. K. de S. Uso agrícola de lodo de esgoto, estudo de caso da Região Metropolitana de Curitiba. Revista Aidis, 4 vol. 2, no. 1. p. 1-11, 2009.

BITTENCOURT, S.; AISSE, M. M.; SERRAT, B. M. Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.22 n.6, nov/dez 2017. p. 1129-1139. 2017a

BITTENCOURT, S.; AISSE, M. M.; SERRAT, B. M. Parâmetros agronômicos e inorgânicos de lodo de esgoto: estudo de caso da Região Metropolitana de Curitiba (PR). Revista DAE, ed. 207, n.1680, setembro 2017, p. 50-61. 2017b.

BITTENCOURT, S.; CZORNE, S. Z. M. Characterization of sewage sludge sanitized: a case study of the Parana State, Brazil, from 2014 to 2015. The 14th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies, 2017, Florianópolis. The InternationWaterAssociationPublishing, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 30 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

BORGES, M. R.; COUTINHO, E. L. M. Metais pesados dos solos após aplicação de bio sólido, I – Fracionamento. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, n. 3, p. 543- 555, 2004.

CARNEIRO, C.; SOTTOMAIOR, A. P.; ANDREOLI, C.V. Dinâmica de nitrogênio em lodo de esgoto sob condições de estocagem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, n. 6, p. 987-994, 2005.

NOGUEIRA, T. A. R.; MELO, W. J. de; FONSECA, I. M.; MARQUES, M. O.; HE, Z. Barium uptake by maize plants as affected by sewage sludge in along-term field study. Journal of Hazardous Materials, v.181, n.1-3, p. 1148-1157, 2010.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução Sema nº 021, de 30 de junho de 2009. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Diário Oficial [do] Estado do Paraná, Curitiba. 2009. Disponível em: <<http://www.documentos.dioe.pr.gov.br/dioe>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

PEDROZA, M.M, VIEIRA, G.E.G., SOUZA, J.F., PICKLER, A.C., LEAL, E.R.M., MILHOMEN, C.C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v.11, n. 16, p. 89-XX, jul./dez.2010.

PIRES, A. M. M.; MARCHI, G.; MATTIAZZO, M. E.; GUILHERME, L. R. G. Organic acids in the rhizosphere and phytoavailability of sewage sludge-borne trace elements. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n.7, p. 917-924, 2007.

SAMPAIO, A.O. Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. Revista DAE, nº 193, setembro-dezembro 2013, 2013.

van HAANDEL, A.; CAVALCANTI, P. F. F. Geração e composição de lodo em sistemas de tratamento de esgotos sanitários. In: ANDREOLI, C. V. (coord.). Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001.282 p.

VON SPERLING, M.; ANDREOLI, C.V. Introdução. In: ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (coord.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 6)

Recebido: 02 jun. 2018.

Aprovado: 19 jul. 2018.

DOI: 10.3895/rbpd.v7n3.8597

Como citar: KNOPIK, M. A.; RUFINE, R.; BITTENCOURT, S.; GASPAROTTO, F.. Aporte de nutrientes em solos tratados com lodo de esgoto: estudo de caso da região de Campo Mourão, Noroeste do Paraná. R. bras. Planej. Desenv., v. 7, n. 3, Edição Especial Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, p.379-389, ago. 2018.. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Simone Bittencourt

R. Engenheiros Rebouças, 1376, Rebouças, Curitiba, Paraná, Brasil

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

