

**I-326 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM COMPARAÇÃO COM UM SOLO PROVENIENTE DO CERRADO GOIANO**

**Raquel Pinheiro Reis Souza Ramalho**

Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente na Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

**Paulo Sérgio Scalize<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil, Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP, Professor Adjunto na Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

**Antônio Albuquerque**

Prof. Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Universidade da Beira Interior.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil. Av.: Universitária, 1488 - Quadra 86 - Lote Área Setor Universitário 74605220 - Goiânia, GO - Brasil Telefone: (62) 32096257 e-mail: pscalize.ufg@gmail.com

## RESUMO

Uma grande parte dos resíduos de estações de tratamento de água (ETA) no Brasil tem como destino final os mananciais mais próximos. Isso além de gerar desequilíbrio ecológico do ecossistema, problemas para a fauna e flora do local, aumenta também prejuízos econômicos, visto que o resíduo poderia ser reaproveitado ao invés de desperdiçado. Uma maneira de disposição adequada do resíduo é o lançamento em solos pobres, atuando como do fertilizante de baixo nível.

Diante disso, faz-se necessário a comparação das propriedades físico-químicas do resíduo e de um provável solo para aplicação do mesmo. O presente trabalho comparou as propriedades de um resíduo de uma ETA que utiliza o sulfato de alumínio como coagulante primário e solo proveniente do Cerrado em Goiás.

As análises realizadas mostraram um potencial para aplicação do resíduo no solo. Ambos possuem propriedades semelhantes de nutrientes, com destaque para as características positivas do resíduo em relação ao solo (alto pH, condutividade elétrica, Ca e matéria orgânica). Esse estudo evidenciou a aplicabilidade do resíduo e embasa o seu uso para fins agrícolas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solo, Cerrado, Resíduo, ETA.

## INTRODUÇÃO

O crescimento dos grandes centros urbanos tem gerado diversos problemas ambientais. Um desses desafios é a disposição adequada dos resíduos gerados nos processos de tratamento de água (BITTENCOURT *et al.* 2012), que em escala mundial são produzidos mais de 10.000 toneladas dia<sup>-1</sup> (CANIANI *et al.*, 2013).

Enquanto em países desenvolvidos como Estados Unidos e Reino Unido menos de 12% de todo o Resíduo de Estação de Tratamento de Água (RETA) produzido é disposto em corpos d'água (CORNWELL *et al.*, 2000; SIMPSON, BURGESS e COLEMAN, 2002) no Brasil, em estados como Minas Gerais e Goiás cerca de 82% desse resíduo ainda é disposto nos recursos hídricos (IBGE, 2010).

No Brasil o RETA é considerado resíduo sólido pela ABNT (2004) e é resultante dos processos de transformação da água bruta em potável, por meio da adição de um coagulante (geralmente sais de alumínio, ferro e polímeros orgânicos) seguido da coagulação, floculação, decantação e filtração (HOPPEN *et al.*, 2006). Os RETA são constituídos basicamente por hidróxidos de alumínio ou ferro, partículas inorgânicas e micro-organismos (TEIXEIRA, MELO e SILVA, 2007; MOREIRA *et al.*, 2011). Devido às características do resíduo serem semelhantes às encontradas no solo, como a presença de argila, areia, silte e substâncias húmicas (TEIXEIRA, MELO e SILVA, 2007) a disposição em solo para plantio é uma alternativa de reaproveitamento ecologicamente adequada.

O reuso do resíduo em solos provenientes do Cerrado ainda são escassos (FIGUEIREDO, ALBUQUERQUE e SCALIZE, 2012). Solos desse bioma são naturalmente ácidos, antigos, profundos, de baixa fertilidade e possui altos níveis de alumínio e ferro (SANO e ALMEIDA, 1998). Cerca de 90% dos solos do Cerrado são distróficos, de cor vermelha ou vermelha amarelada, porosos, permeáveis, bem drenados e bastante lixiviados. Devido a características desse bioma, dependendo de como o solo é manejado, há recorrentemente degradação em que o mesmo fica muito exposto, facilmente erodido e frequentemente sujeito à formação de voçorocas (COUTINHO, 2013).

Assim, o presente trabalho pretende comparar as características de um RETA que utiliza sulfato de alumínio como coagulante e um solo proveniente do Cerrado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O RETA foi coletado em outubro de 2013 na ETA Eng. Rodolfo José da Costa que está localizada em Goiânia/GO (16°34'53.48"S; 49°19'44.19"O) adjacente ao Rio Meia Ponte. A ETA produz 4.500.000 m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup> de água tratada, sendo responsável pelo abastecimento de 50% do município de Goiânia, incluindo bairros de Aparecida de Goiânia e Trindade. Estima-se que sejam produzidas 10 toneladas ano<sup>-1</sup> de massa seca de RETA na ETA (ARAÚJO e SCALIZE, 2013). Após a coleta, esse resíduo foi triturado em um triturador tipo pedra moinho, obtendo um material com granulometria inferior ou igual a 2,4 mm.

O solo foi coletado em junho de 2014 em uma área originalmente de Cerrado onde no momento de coleta havia pastagem, utilizou-se a camada de 0-20 centímetros. Posteriormente ele foi destorroado e passado em peneira de 4 mm.

Em ambas as amostras, solo e lodo, foram realizadas análises de acordo com Método de Análises do Solo sugerido pela Embrapa (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho, foram encontrados na amostra de resíduo 40% de areia, 33% de silte e 27% de argila, enquanto o solo apresentou 77% de areia, 8% de silte e 15% de argila. Agyin-Birikorang (2006) também encontrou em sua pesquisa maiores concentrações de areia em resíduos de três ETAs, tendo a porcentagem de areia entre elas variado de 72,5 a 80,4%, de silte de 11,5 a 12,7% e de argila de 8,13 a 14,8%.

As estruturas dos solos são umas das características mais importantes do ponto de vista da relação solo-planta, elas têm origem na pedogênese influenciando as diferentes composições de matéria granulométrica, mineralógica e orgânica (CENTURION *et al.*, 2004). Já as texturas dos resíduos tem direta relação com a constituição da água bruta (dada pela turbidez ou concentração de sólidos), textura do solo do manancial de captação, método de operação da ETA (tipo de operações unitárias, periodicidade de limpeza e manutenção de equipamentos) e em razão aos tipos de reagentes químicos adicionados no processo de tratamento (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2011).

A matéria orgânica encontrada nas amostras (Tabela 1) foi relativamente superior no resíduo (2,3%) em relação ao solo (1,6%). Estudos de OH *et al.* (2010) recomendam-se o uso desse tipo de resíduo em solos deficientes de matéria orgânica como substituto agrícola e um fertilizante de baixo nível ou, como um substituto do solo para recuperação de áreas degradadas.

Os índices de saturação de bases encontrados nas amostras são considerados alto para o lodo e médio para o solo (Tabela 1). Botero *et al.* (2009) e Teixeira, Melo e Silva (2007) indicam a utilização do resíduo com altos índices de saturação de bases para fins agrícolas em vista da correlação direta com a fertilidade.

Maiores valores de pH, teores de Ca, Mg e altas taxas de condutividade elétrica no resíduos em comparação ao solo (Tabela 1), também podem ser positivos para a aplicação do resíduo na agricultura ou em solos degradados. De acordo com Teixeira, Melo e Silva (2005), esses fatores interferem amplamente nos processos de adsorção e solubilização de íons responsáveis pela concentração de nutrientes no solo.

O Al total teve concentração superior no resíduo em relação ao solo. Isso ocorreu devido à natureza do RETA, gerado em uma ETA que se utiliza o sulfato de alumínio como coagulante primário. Em contrapartida, a amostra de solo apresentou concentração próxima ao do RETA, evidenciando as características de solos do Cerrado, que são naturalmente ácidos, com valores de pH que permitem a ocorrência natural íon trivalente  $Al^{+++}$ . Muitas plantas, como as nativas do bioma, utilizam as estratégias de exclusão ou de absorção do alumínio, resultando sem nenhum efeito prejudicial para seu crescimento vegetativo, reprodução ou suas funções metabólicas. Dessa forma, muitas espécies com ocorrência no Cerrado evoluíram para não só apenas sobreviver nessas condições, mas também, em algumas espécies, necessitarem desses ambientes (HARIDASAN, 2006). Dessa forma, o resíduo pode ser um produto que não causaria deficiências nutricionais às plantas com essas características.

Um dos maiores problemas observados na disposição do RETA no solo são as baixas doses de P disponível para a planta. Esse problema acontece devido à presença elevada de alumínio, que se liga fortemente ao P, imobilizando o mesmo (DAYTON e BASTA, 2001).

Em relação aos demais nutrientes, o solo apresentou maiores concentrações de K, Cu, Fe e Zn, sendo que havia mais que o triplo de Fe, Cu e Zn que no RETA (Tabela 1). Essas características são compatíveis aos solos do Cerrado que possuem altos níveis de desses elementos (SANO e ALMEIDA, 1998).

**Tabela 1: Resultados das análises para fins de fertilidade feitas nas amostras de RETA-Meia Ponte-GO e solo do Cerrado-GO.**

Amostra	Parâmetro																	
	pH	pH	CE	Ca	Mg	Ca+Mg	H+Al	CTC	P	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	S.B.	M.O.	Al total
	(CaCl <sub>2</sub> )	(H <sub>2</sub> O)	(mS cm <sup>-1</sup> )	(mEq 100cm <sup>-3</sup> )					(mg dm <sup>-3</sup> )						(%)			
RETA	5,5	6,7	220,7	5,7	0,5	6,2	1,9	8,4	3,0	132	2,0	0,8	132	79	0,9	78	2,3	0,46
Solo	4,9	5,8	165,6	3,1	1,0	4,1	3,7	8,2	2,0	160	2,0	2,6	414	50	3,9	55	1,6	0,37

Na Tabela 2 pode-se observar as quantidades de metais pesados nas amostras analisadas. O RETA possuiu altas concentrações desses elementos, enquanto que no solo todas as análises foram abaixo da leitura do equipamento. Esses metais podem estar relacionados a características naturais da água e solo do corpo hídrico captado ou ao aporte de efluentes domésticos e industriais nos mananciais onde a água é captada (BOTERO *et al.*, 2009).

**Tabela 2: Concentração de metais pesados nas amostras de RETA-Meia Ponte-GO e solo do Cerrado-GO.**

Amostra	Parâmetro			
	Cd	Cr	Ni	Pb
	(mg $kg^{-1}$ )			
RETA	53	52	34	1
Solo	ND	ND	ND	ND

ND: Não detectado. Menor leitura do equipamento: < 5 para Cd, Cr, Ni; < 1 para Pb.

Elliott, Dempsey e Maille (1990), em suas pesquisas, observaram que os níveis totais médios de Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn nos RETA são geralmente de 10 a 35% dos valores correspondentes em lodos de esgoto, que são muito mais aplicados em solos. Nas 8 ETAs estudadas, apenas duas tinham níveis totais de Ni perto dos níveis máximos recomendados nos Estados Unidos para aplicação de resíduos no solo. Apesar disso, se as condições do solo forem muito ácidas ( $pH < 5$ ) pode aumentar a disponibilidade de Cd no solo em 28%.

Não há normas que regulamentam a disposição do RETA em solo. Porém, existe a resolução CONAMA 375 (CONAMA, 2006), a qual normatiza as concentração máximas de metais pesados permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg/kg, base seca) para a aplicação em solo. Dessa forma, comparando-se com o CONAMA 375, o resíduo estudado nesse trabalho encontra-se adequado em relação às concentrações de três

elementos (Cr, Ni e Pb) e inadequado para o Cd. O resíduo apresentou  $14 \text{ mg kg}^{-1}$  a mais do que o permitido desse elemento ( $\leq 39 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Assim há, nesse caso, a necessidade de testes e experimentos preliminares com o objetivo de prever uma possível toxidez que o solo pode apresentar após a aplicação desse resíduo.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O RETA estudado nesse trabalho possui características que podem ajudar a melhorar o solo, como alto pH, condutividade elétrica, Ca e matéria orgânica.

Em contrapartida ele apresenta baixas taxas de outros nutrientes necessários como P e K e altos níveis de Cd, que podem interferir negativamente no desenvolvimento de plantas.

Em relação ao alumínio, o lodo apresentou maiores concentrações do que no solo, todavia isso não implica necessariamente em resultados negativos para as espécies do bioma Cerrado.

Ainda há a necessidade de outros estudos para corroborar a eficiência da aplicação do lodo em solos degradados ou na agricultura, porém o mesmo apresentou adequadas concentrações de nutrientes para embasar novas pesquisas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGYIN-BIRIKORANG, Sampson. Lability of drinking-water treatment residuals (WTR) immobilized phosphorus: implications for long-term stability. 2006. Tese de Doutorado. University of Florida.
2. ARAÚJO, F. C., SCALIZE, P. S. Produção de piso intertravado de concreto utilizando resíduo de Estação de Tratamento de Água. In: 12.º CONGRESSO DA ÁGUA / 16.º ENASB / XVI SILUBESA. 2013, Portugal.
3. BITTENCOURT, S., SERRAT, B. M., AISSE, M. M., MARIN, L. M. K. S., SIMÃO, C. C. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. Eng Sanit Ambient, v. 17, n. 3, p. 315-324, 2012.
4. BOTERO, W. G., SANTOS, A., OLIVEIRA, L. C., ROCHA, J. C. Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola. Quim. Nova, v. 32, n. 8, p. 2018-2022, 2009.
5. CANIANI, D., MASI, S., MANCINI, I. M., TRULLI, E. Innovative reuse of drinking water sludge in geo-environmental applications. Waste management, v. 33, n. 6, p. 1461-1468, 2013.
6. CENTURION, J. F., BEUTLER, A. N., SOUZA, Z.M. Physical attributes of kaolinitic and oxidic oxisols resulting from different usage systems. Braz. Arch. Biol. Technol., v. 47, p.725-732, 2004.
7. CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Ministério do Meio Ambiente (2006). Resolução 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, e dá outras providências.
8. DAYTON, E. A.; BASTA, N. T. Characterization of drinking water treatment residuals for use as a soil substitute. Water Environment Research, p. 52-57, 2001.
9. DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. LDIBE, São Carlos, 2011.
10. ELLIOTT, H. A.; DEMPSEY, B. A.; MAILLE, P. J. Content and fractionation of heavy metals in water treatment sludges. Journal of environmental quality, v. 19, n. 2, p. 330-334, 1990.
11. EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo 2 a edição. revista e atualizada. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997.
12. FIGUEIREDO NETO, A.; ALBUQUERQUE, A. ; SCALIZE, P. S.. Use of sludge treatment plant water in the production of tree seedlings with occurrence in the cerrado biome. In: 4th Internacional Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation, 2012, Porto. 4th Internacional Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation. Frence, 2012. v. 3. p. 874-879.
13. HARIDASAN, M. Alumínio é um elemento tóxico para as plantas nativas do cerrado? In: Prado, C. H. B. A., Casali, C. A. Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral.

- Barueri, editora Manole, 2006.
14. HOPPEN, C., PORTELLA, K. F., JOUKOSKI, A., TRINDADE, E. M., ANDREÓLI, C. V. Uso de lodo de estacao de tratamento de agua centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental. *Química Nova*, v. 29, n. 1, p. 79, 2006.
  15. MOREIRA, R. C. A., BOAVENTURA, G. R., NUNES, S. A., PINHEIRO, L. D. A., DO NASCIMENTO, C. T. C., DA SILVA, D. R., LIRA, C. D. P. Geochemical and geophysical study in a degraded area used for disposal of sludge from a water treatment plant. *Applied and Environmental Soil Science*, v. 2011, 2011.
  16. SANO, S. M., ALMEIDA, S. P. de (Ed.). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998.
  17. TEIXEIRA, S. R., SANTOS, G. T. A., SOUZA, A. E., ALESSIO, P., SOUZA, S. A., SOUZA, N. R. The effect of incorporation of a Brazilian water treatment plant sludge on the properties of ceramic materials. *Applied Clay Science*, v. 53, n. 4, p. 561-565, 2011.