RESÍDUOS SOLIDOS

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO AGRICOLA DE LODO DE ETE APÓS HIGEINIZAÇÃO ALCALINA E SECAGEM

Enedina Louise da Silva Souza[1]; Fernanda Santos Braga [2]; Ana Carolina de Sá Silva Lins[3]; Mariana da Penha Novaes[4]; Miriam Cleide Amorim[5]

[1]Engenheira Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, louise_souza1@hotmail.com.

[2]Aluna de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, fernandasantosbraga@hotmail.com.

[3]Engenheira Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, ana_carolina_lins@hotmail.com

[4] Engenheira Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco, mariana.penha.novaes@hotmail.com

[5] Docente da Universidade Federal do Vale do São Francisco, miriam.cleide@univasf.edu.br

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de caracterizar o lodo de esgoto de reatores Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) da ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) Centro Petrolina- PE, avaliando sua viabilidade para reuso agrícola de acordo a Resolução do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA) Nº 375/2006 e com a Lei n°6.894 de 1980, do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), em diferentes etapas de estabilização e higienização. As amostras foram coletadas em um período de quatro meses, correspondentes a lodo bruto (A1), lodo desaguado e tratado com cal (A2), lodo desaguado, alcalinizado e exposto ao sol em pátio de estocagem durante 30 dias (A3), 60 dias (A4) e após 90 dias (A5). O resíduo foi caracterizado através de análises de Umidade a 65°C, Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), pH em água (1:10), Fósforo Total, Nitrogênio amoniacal, Coliformes Termotolerantes. A partir dos resultados de sólidos voláteis foi calculado o carbono orgânico total (COT). O tratamento alcalino do lodo mostrou eficiência na estabilização, com elevação de pH suficiente para enquadra-lo na resolução CONAMA 375/2006, a umidade foi reduzida em 50%, e após secagem ao sol em mais de 40%. Houve redução de Fósforo Total e de Nitrogênio amoniacal ao fim do tratamento. O comportamento incomum dos sólidos totais voláteis sugere o acompanhamento da matéria orgânica presente no lodo. Os resultados de Coliformes termotolerantes foram satisfatórios enquadrando assim o biossólido na legislação CONAMA 375/2006 como Classe B.

Palavras-chave: Biossólido; Adubação; Tratamento.

INTRODUÇÃO

Uma das consequências geradas pelo crescimento populacional é o aumento na produção de efluentes, ocasionando em uma maior preocupação com a mitigação dos impactos causados com a destinação final do esgoto e seus subprodutos. Ao longo dos anos tem se pensado cada vez mais em formas de se aplicar de maneira eficaz o tratamento de esgoto e dos resíduos gerados em seus processos (BERNADINO & GOMES, 2013).

Nas áreas urbanas a maior parte dos esgotos é tratada em estações de tratamento de esgoto (ETE's) de diferentes formas a depender da natureza física, química e biológica do efluente produzido e do poder aquisitivo para implantação de distintos sistemas tecnológicos, e

ao fim do processo é esperado que o efluente seja despejado nos cursos hídricos, com um grau de substancias adequadas para sua depuração.

O tratamento de efluentes domésticos gera um subproduto semissólido de natureza predominantemente orgânica, denominado lodo de esgoto. Após passar pelo processo de secagem de estabilização biológica, o lodo de esgoto passa a chamar-se biossólido (SILVA; LELES; CHAER, 2015). Este possui quantidades satisfatórias de nutrientes, principalmente de N e P, que melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas dos substratos, auxiliando o crescimento das plantas (SANTOS, 2013; ABREU et al., 2017).

O gerenciamento desse resíduo é um grande desafio contemporâneo para empresas de saneamento, privadas ou públicas, pela quantidade gerada e complexidade de tratamento, acarretando em um alto custo para empresas da área (METCALF E EDDY, 2014). Como opção para o gerenciamento desse resíduo, surgiram pesquisas para nortear o seu reuso, e hoje em dia o uso do lodo de esgoto tem diretrizes estabelecidas na Resolução CONAMA Nº 375/2006 que define critérios e procedimentos, para o uso, especificamente agrícola, de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

OBJETIVOS

O presente trabalho buscou caracterizar o lodo de esgoto dos reatores Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) da ETE Centro Petrolina- PE, avaliando sua viabilidade para reuso agrícola após diferentes etapas de estabilização e higienização.

METODOLOGIA

Área de estudo

O trabalho experimental foi desenvolvido utilizando amostras de lodo anaeróbio provenientes de quatro reatores UASB da Estação de Tratamento de Esgotos - ETE centro da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) do município de Petrolina-PE (FIGURA 1), nos meses de janeiro a abril de 2017.

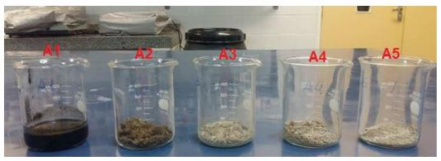
Amostragem

Procedeu-se à higienização aplicando cal virgem ao lodo oriundo dos reatores UASB, que posteriormente foram dispostos em pátio de estocagem exposto ao sol e foram avaliados os efeitos dos tratamentos pelos períodos de 30, 60 e 90 dias, a partir do tratamento alcalino. Foram coletadas cinco amostras num período de quatro meses. No primeiro mês, referente a janeiro, foram coletadas duas amostras, lodo bruto (A1) e do lodo desaguado e tratado com cal virgem

(A2), após a higienização o lodo foi deixado em pátio de estocagem e coletado com 30 (A3), 60 (A4) e 90 dias (A5).

Foram utilizados frascos de polietileno, previamente higienizados. As amostras foram acondicionadas em recipientes térmicos e transportadas imediatamente para o Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco, armazenadas em baixas temperaturas para futuras análises. A Figura 2 apresenta as amostras coletadas durante os meses decorrentes da pesquisa.

Figura 1: Amostras coletadas ao decorrer do experimento.



Fonte: Própria autoria.

Caracterização do lodo

O conjunto de análises laboratoriais foi executado de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). As análises de coliformes termotolerantes e pH foram realizadas em menos de 24h após a coleta.

A partir dos Sólidos Totais Voláteis foi possível encontrar valor o Carbono Orgânico Total (COT) e a Eficiência na remoção de STV. O Carbono orgânico o total foi encontrado por meio da Equação 1.

$$\mathrm{COT} = \frac{\mathrm{STV}}{1{,}86}$$

Onde,

COT: Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$);

STV: Sólidos Totais Voláteis ($mg.L^{-1}$).

A Equação 1 foi elaborada utilizando o fator de correção igual a 1,86 proposto por Pereira et al. (2006). Os dados foram analisados utilizando estatística descritiva básica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do potencial agronômico do lodo

O lodo de esgoto proveniente de reatores UASB, após tratamento com e cal e tratamento térmico foi avaliado de acordo com seu potencial agrícola, levando em conta as

exigências presentes nas normas vigentes para utilização deste resíduo como biossólido agrícola. As análises realizadas para a caracterização foram sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e sólidos totais voláteis (STV), nitrogênio amoniacal (N-NH3) e fósforo total; Nos tratamentos, Lodo bruto (A1), higienizado com cal (A2), após 30 dias (A3), 60 dias (A4) e 90 dias (A5) de exposição do lodo alcalinizado ao sol. Os parâmetros foram analisados entre os meses de janeiro a abril de 2017. Na Tabela 1, estão dispostas as médias aritméticas das repetições de cada amostra.

Tabela 1: Parâmetros indicadores do potencial agronômico do lodo nas amostras com os diferentes tratamentos.

Análises	Tratamento				
	A1	A2	A3	A4	A5
ST ($mg.L^{-1}$)	345,49	3127,79	4203,33	5308,23	5103,61
STF ($mg.L^{-1}$)	151,73	2261,27	3342,99	4147,69	4123,06
STV ($mg.L^{-1}$)	256,08	866,52	860,34	1160,54	980,56
Fósforo Total ($mg.L^{-1}$)	172,50	368,50	86	86	-
$N\text{-}NH_2$ ($mg.L^{-1}$)	265,07	95,20	37,33	28	26,03

Fonte: Própria autoria.

As concentrações de sólidos totais, fixos e voláteis sofreram elevação considerável, com o tratamento inicial que consistia na desidratação e adição de cal. Foi observado um aumento expressivo na concentração de sólidos totais (ST) nas primeiras amostras coletadas.

A condição referida na resolução CONAMA 375 de 2006, para processos de redução de agentes patogênicos e atratividade de vetores através de secagem ao ar é que, após o processo de secagem, a concentração de sólidos totais alcance no mínimo 90% de massa seca, sem que haja mistura com qualquer aditivo. Partindo dessa premissa não é possível enquadrar os resultados no anexo I da resolução n° 375/06 por essa condição de tratamento, já que antes da estocagem no pátio houve adição de cal. No entanto, o mesmo anexo que enquadra a secagem cita o tratamento alcalino como opção para redução de agentes patogênicos e atratividade de vetores, no qual os resultados foram satisfatórios.

Diversos autores discorrem sobre a redução de sólidos orgânicos. Conforme Lima (2010), os tratamentos com cal e desaguamento do lodo contribuem para a redução de sólidos voláteis. Gomes et al. (2013) e Ricci et al. (2010a, 2010b), citam a perda de orgânicos voláteis em decorrência da elevação do pH. No entanto, os valores de sólidos voláteis, que estão diretamente relacionados com a matéria orgânica e por sua vez estão ligados ao teor de carbono, não seguiram a literatura. Em trabalho realizado por Gascó et al. (2005), observou-se enriquecimento de carbono em amostras obtidas de lodo de esgoto com elevados conteúdos de ácidos fúlvicos.

O aumento da concentração de sólidos voláteis entre as amostras A3 e A4 pode ser explicado pela ocorrência de chuvas nos dias 07, 10, 20 e 21/02, nos dias 01, 16/03, e com a possível presença de ácidos fúlvicos no lodo, estes solúveis em água. Porém, a determinação de ácidos fúlvicos não fez parte do escopo deste trabalho.

O fósforo faz parte da estrutura celular vegetal, sendo considerado um elemento essencial para o crescimento das plantas (FARIAS, 2018). Diversos autores discorrem sobre o aumento expressivo de fósforo disponível no 41 solo com a utilização de biossólidos. A biodisponibilidade do fósforo no lodo é de 40 a 80% do total contido no resíduo (GOMES et al, 2013). Os valores mínimos de máximos de fósforo foram 86 $mg.kg^{-1}$ e 368,5 $mg.kg^{-1}$. Os resultados mostraram um aumento de fósforo na amostra A2.

A elevação do pH ocasionada pela adição de cal tem como consequência a redução na concentração de fósforo como mostrados nos trabalhos de Santos (2013) e Abreu et al. (2014). O aumento da concentração de fósforo, provavelmente se deu pelo processo de desaguamento do lodo, já que este elemento se encontra na fase sólida e a secagem eleva o teor de sólidos. Valores similares foram encontrados em Pesquisa desenvolvida por Farias (2018). A Instrução Normativa nº 25 de 2009 do MAPA, não indica limites concentração para macro e micronutrientes encontrados no composto para aplicação agrícola.

O nitrogênio amoniacal apresentou uma redução expressiva com incorporação de cal ao lodo, com perda de 62,82% da concentração nesse tratamento. A calagem do lodo tem como consequência um decréscimo de aproximadamente 50% de nitrogênio, crescente proporcionalmente à dosagem de cal aplicada (FARIAS, 2018). Farias (2018) e Ricci (2017a) monitoraram o nitrogênio amoniacal em estação de tratamento de esgoto, localizada no município de Florianópolis (SC), aplicando diferentes dosagens de cal no lodo, notando tal redução à medida que aumentava da quantidade de cal aplicada.

Ao fim dos 90 dias de estocagem houve uma remoção de 89,83% do nitrogênio amoniacal em relação ao lodo bruto (A1). Foi possível verificar a redução do nitrogênio amoniacal devido a alcalinização do meio, que potencializa a volatilização do NH3, que ocorreu devido ao aumento do pH. Segundo Tisdale et al. (1985), ao apresentar valores de pH partir de 11, praticamente toda forma de nitrogênio amoniacal presente no lodo está sob estado gasoso. O lodo apresentou valor de 12,46 para pH, após a desidratação e calagem, mantendo-se acima de 11 ao decorrer dos 30, 60 e 90 dias de estocagem. Não é possível comparar este parâmetro com as normas vigentes do Brasil, já que não foi possível realizar análises de NTK, nitrogênio

nas formas orgânicas, nitrito e nitrato. A aplicação de nitrogênio no solo deverá ser correspondente às necessidades da cultura.

Parâmetros de estabilização do lodo

Observou-se na Tabela 2 que, a cal aplicada teve efeito significativo no comportamento do pH, houve um aumento de 7,47 para 12,46, mantendo-se elevado ao decorrer do tratamento térmico solar. Com 30 dias a amostra apresentou valor de 12,32, com 60 dias foi observado valor de 11,94 e com 90 dias o resultado obtido foi de 11,91.

Tabela 2: Parâmetros de estabilização do lodo das amostras com diferentes níveis de tratamentos*

Análises	Tratamentos				
	A1	A2	A3	A4	A5
Umidade (%)	96,04	43,67	3,20	2,21	1,27
pH	7,47	12,46	12,32	11,94	11,91
SV/ST	0,60	0,28	0,21	0,22	0,24

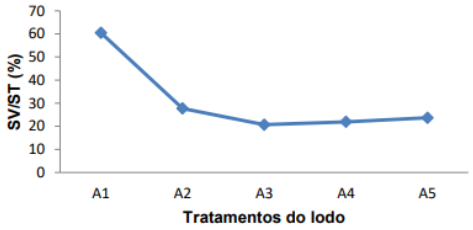
Fonte: Própria autoria

A resolução Conama 375/2006 diz que a quantidade de cal aplicada deve ser suficiente para a elevação do pH para no mínimo 12 em 2 horas e 11,5 em 22h sem aplicação adicional à uma temperatura de 25 °C. A estabilização química do lodo é disposta na resolução como redutor de atratividade de vetores, sob as condições de elevação de pH citadas acima. Portanto, os resultados do experimento obedecem às condições do processo de redução de atratividade de vetores, apresentando menor valor aos 90 dias.

Os resultados encontrados a partir do tratamento alcalino estão dentro do que limita a Instrução Normativa MAPA 25/2009, no Anexo III, que confere a umidade máxima permitida para fertilizantes orgânicos compostos, classe D é de 70%. Os efeitos após 30 dias de secagem apresentaram redução significativas. A estabilização com cal reduziu em 54,53% a umidade e após 30 dias de secagem ao sol em 96,66% e até o final dos 90 dias de experimento houve uma perda sensível de umidade. Os resultados estão na faixa encontrada por Peixoto et al. (2005), que demonstrou a eficiência do pátio de estocagem na ETE Melchior, em Brasília, evidenciando redução de 86% para 20% da umidade, o experimento teve durabilidade de 30 dias. A redução da 43 umidade do lodo por secagem prolongada ao sol é também citada na pesquisa de Lima (2010).

A Figura abaixo apresenta o gráfico com os valores com a variação da relação de sólidos voláteis e totais. De acordo coma resolução CONAMA 357 (2006), para que agrícola o lodo seja considerado estável a relação SV/ST deve ser inferior a 0,7. Os tratamentos desde lodo bruto até a secagem térmica por 90 dias apresentaram valores inferiores ao limite requerido na legislação.

Figura 2: Variação da relação de sólidos voláteis e totais.



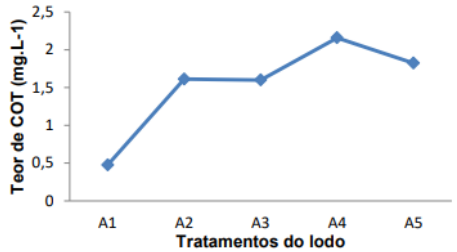
Fonte: Própria autoria.

A amostra A1 apresentou valor de 0,6 na relação entre sólidos totais e voláteis, demonstrando que o lodo encontrava-se estável, com bom nível de digestão da matéria orgânica antes mesmo do início do experimento. Silva et al. (2010) discorre sobre os processos de tratamento de lodo de esgoto e seu grau de estabilização, considerando o lodo decorrente de reatores UASB estabilizado e apresenta relação SV/ST na faixa de 0,55 – 0,60 em lodos secundários anaeróbios.

A amostra A2 apresentou resultado de 0,28, mantendo-se relativamente constante nas amostras A3 e A4, com valores respectivamente de 0,21 e 0,22 para a relação entre sólidos voláteis e totais. O valor de SV/ST encontrado ao fim do tratamento do lodo, ou seja, após 90 dias de estocagem, foi de 0,24. Lima (2010) notou redução de 0,61 para 0,35 em experimento similar, realizado na região metropolitana da Grande Vitória, Espirito Santo.

A Figura 4 mostra o gráfico contendo informações sobre as variações do carbono orgânico total durante os tratamentos. Os teores de carbono orgânico total obtidos partir da equação 1, desenvolvida por Silva et. al (2010), variou durante todo o tratamento seguindo a tendência dos STV como esperado. Ao fim dos 90 dias de estocagem a amostra A5 apresentou um valor maior que o da amostra inicial (A1), 0,47 $mg.L^{-1}$ e 1,82 $mg.L^{-1}$, respectivamente. O valor máximo obtido para COT foi de 2,16 $mg.L^{-1}$ na amostra A5, como pode ser observado na figura 15. A justificativa de tal resultado segue a mesma tendência do aumento dos sólidos voláteis no lodo.

Figura 3: Variações do carbono orgânico total durante os tratamentos.



Fonte: Própria autoria.

De acordo com Von Sperling (2005) o objetivo de se introduzir o processo de higienização no tratamento do lodo é garantir um baixo nível de patogenicidade para que, dependendo da alternativa da disposição final adotada, o lodo não venha a trazer riscos à saúde da população, aos trabalhadores que irão manuseá-lo e impactos ao meio ambiente. Não foi possível avaliar a eficiência na redução de coliformes, pela falta de dados nas amostras A1 e A2. Diversos autores constataram a presença de coliformes fecais em lodos provenientes de reatores UASB (LIMA, 2010; RICCI et al. 2017b).

As amostras A3, A4 e A5 demonstraram ausência de coliformes fecais após os tratamentos de desaguamento, alcalinização e um mês de estocagem. De acordo com Faria (2018) a sobrevivência de coliformes termotolerantes em esgotos é prolongada em baixas temperaturas e, quando acima de 25ºC, ocorre mais de 99% de redução em um período de 10 a 15 dias. Dados obtidos pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) em estudos sobre eficiência da adição de cal no lodo, também apresentaram redução de 100% de coliformes termotolerantes. Portanto os valores obedeceram a Instrução Normativa nº 27, de 5 de junho de 2006 do MAPA, define os limites máximos de contaminantes patógenos admitidos em fertilizantes orgânicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos de tratamento aos quais o lodo foi submetido foram eficientes na redução significativa de patógenos, enquadrando o lodo estabilizado, em relação à segurança do uso, como Classe B. Portanto as culturas indicadas para tal classe de lodo são cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos. Porem recomenda-se a realização de outros estudos imprescindíveis, como análise de produção, viabilidade econômica e testes de mistura de lodo com solo em futuros trabalhos, para adaptar, dentro das normas da Resolução Conama Nº 357, o uso desse biossólido na produção agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M. et al. Characterization of sewage sludge generated in Rio de Janeiro, Brazil, and perspectives for agricultural recycling, Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 38, n. 4, p. 2433-2448, 2017.

ANDREOLI, C. V., TAMANIN, C. R., HOLSBACH, B., PEGORINI, E. S., NEVES, P. S. Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. In: biossólidos – alternativas de uso de resíduos do saneamento. Rio de Janeiro: Editora ABES, 2006.398 p.

BARROS, I. T.; COSTA, A. C. S.; ANDREOLI, C. V. Avaliação da higienização de lodo de esgoto anaeróbio através do tratamento ácido e alcalino. SANARE – Revista Técnica da Sanepar. Tese de Mestrado. Curitiba, 2006. v.24, n.24, p.61-69,

BERNADINO, U. B.; GOMES, I. H. Estudo comparativo da produção de lodo das estações de tratamento de esgoto de mulembá e vale encantado e avaliação dos custos com sua disposição. 2013.74 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Faculdades Integradas Espírito Santenses, Vitória, 2013.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. The nature and properties of soils. 12. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 881p. apud CHENG, H.; XU, W.; LIU, J.; ZHAO, Q.; HE, Y.; CHEN, G. Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turfgrass growth. Ecological Engineering, v. 29, p. 96-104, 2007.

COMPARINI, J. B. Estudo do decaimento de patógenos em biossólidos estocados em valas e em biossólidos submetidos à secagem em estufa agrícola. São Paulo: Tese de Doutorado (Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001, 278p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA), CT Saúde, Saneamento ambiental e Gestão de Resíduos, GT regulamentação do uso agrícola do lodo de esgoto. Disponível em: http://www.mma.gov.Br/port/conama/. Acesso em: 09 de abril de 2017.

FARIAS, W. M. BIOCHAR de lodo de esgoto como condicionador do solo: efeitos nas propriedades agronômicas, fertilidade do solo e qualidade da matéria orgânica. Universidade de Brasília. Tese de doutorado em agronomia, Brasília - DF, 2018.

GASCÓ, G.; BLANCO, C. G.; GUERRERO, F.; MÉNDEZ LÁZARO, A. M. The influence of organic matter on sewage sludge pyrolysis. Journal Analytic Applied Pyrolysis, n. 74, p. 413-420, 2005.

GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de Tectona grandis L. CERNE, Lavras , v. 19, n. 1, p. 123-131, Mar. 2013 .

LIMA, M. R. P. Uso de estufa agrícola para secagem e higienização de lodo de esgoto. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. 284 p.

LELES, P. S. S.; OLIVEIRA-NETO, S. N.; ALONSO, J. M. Restauração florestal em diferentes espaçamentos. In: LELES, P. S. S.; OLIVEIRA-NETO, S. N. (Ed.). Restauração florestal e a Bacia do Rio Guandu. Seropédica: Editora da UFRRJ, 2015, p. 101-153.

MALTA, L. R. S.; TSUTIYA, M. T. Otimização da estabilização cálcica do biossólido produzido na ETE Lavapés de São José do Campo / SP, para uso agrícola. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville, SC, Anais Eletrônicos: Abes/SC, 2003.

METCALF, E.; EDDY, M. Wastewater engineering: treatment and Resource recovery. 5. ed. New York: McGraw Hill, 2014.

PEIXOTO, J. I. G. et al. Secagem e higienização natural do biossólido gerado na estação de tratamento de esgotos de Brasília Sul (ETE Sul). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais Eletrônicos. Abes/MS, 2005.

PEREIRA, M. G.; VALLADARES, G. S.; ANJOS, L. H. C.; BENITES, V, M.; ESPÍNDULA JR, A.; EBELING, A. G. Organic carbon determination in histosols and soil horizons with high organic matter content from Brazil. Sience Agricultural, n. 63, p. 187-193, 2006.

PIMENTEL, F.J. Guedes. APROVEITAMENTO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM CAMADA DE COBERTURA DE ATERRO SANITÁRIO. Tese de mestrado (Engenharia Agrícola e Ambiental), UFSC. Florianópolis, 2012.

RICCI, A. B.; PADOVANI, V. C. R.; DE PAULA JÚNIOR, D. R. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. I - atributos físicos e revegetação. R. Bras. Ci. Solo, 34:543-551, 2010.

RICCI, A. B.; PADOVANI, V. C. R.; DE PAULA JÚNIOR, D. R. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. II - atributos químicos e revegetação. R. Bras. Ci. Solo, 34:543-551, 2010.

SANTOS, F. E. V. Caracterização física e química de substratos com lodo de esgoto na produção de mudas de Aegiphila sellowiana Cham. 2013. 151f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

SILVA, R. D.; LANDGRAF, M. D.; ZOZOLOTTO, T. C.; REZENDE, M. O. O. Estudo preliminar do vermicomposto produzido a partir de lodo de esgoto doméstico e solo. Ecl. Química, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 61 - 67, 2010.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; PEATON, J.D.; HAVLIN J.L. Soil fertility and fertilizers. 5ª ed., New York, 1985.

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. Biological wastewater treatment in warm climate regions. London: IWA Publishing; 2005, p. 1452.