

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

I-023 – DESAGUAMENTO DE LODO DE ETA EM LEITO DE SECAGEM COM E SEM COBERTURA

Luiza de Nazaré Almeida Lopes ⁽¹⁾

Acadêmica de Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará. Bolsista Iniciação Tecnológica SECTAM

Luiza Carla Girard Teixeira Machado

Engenheira Civil pela UFPA. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP. Doutora em Desenvolvimento Sócio-Ambiental pelo NAEA/UFPA. Professora Adjunta do Departamento de Hidráulica e Saneamento e do Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará – UFPA.

Rubens Chaves Rodrigues

Acadêmico de Engenharia Sanitária pela UFPA. Bolsista PIBIC / CNPq

José Almir Rodrigues Pereira

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Mestre em Recursos Hídricos pela UFPB. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Professor Adjunto do Departamento de Hidráulica e Saneamento e do Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará – UFPA.

⁽¹⁾Endereço: Pass. Samarina, 38 / Guamá – Belém – Pará – CEP 66075-740 – Brasil – Tel (91) 269-0097 llopes@ufpa.br

RESUMO

No trabalho foi avaliado o desempenho de leitos de secagem utilizados no desaguamento de lodo gerado nos decantadores da Estação de Tratamento de Água do Bolonha (ETA Bolonha), operada pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) na Região Metropolitana de Belém (RMB). Na ETA Bolonha existem seis decantadores convencionais, sendo que a remoção do lodo ocorre a cada 12 dias. O experimento foi realizado no Sistema Experimental de Desaguamento de Lodo (SEDL) da Universidade Federal do Pará, tendo sido utilizados 2 leitos de secagem (1 coberto e 1 descoberto) de 1,0 m², com meio filtrante composto por camadas de areia, seixo e tijolo. As duas etapas experimentais tiveram duração de 21 dias, sendo na 1ª e 2ª etapas utilizadas lâminas de lodo de 30 cm e 60 cm, respectivamente. Os parâmetros definidos para o monitoramento foram: teor de umidade, teor de sólidos totais fixos e voláteis, carga de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis, pH, alcalinidade, massa específica, alumínio, ferro e coliformes totais. Os resultados obtidos nas duas etapas mostram que o teor de sólidos totais no lodo variou de 17,1 % a 19,3 % nos leitos cobertos e de 28,3 % a 22,4 % nos leitos descobertos. Com intuito de redução da área e aproveitamento das condições climáticas da região, é possível sugerir a utilização de leitos de secagem descobertos e com lâmina inicial de lodo de 60 cm.

PALAVRAS-CHAVE: Desaguamento, Leito de Secagem, Lodo.

INTRODUÇÃO

No tratamento convencional de água são utilizadas unidades de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, para transformar água inadequada ao consumo humano em produto que esteja em conformidade com o padrão de potabilidade, sendo para isso empregados processos e operações com a introdução de produtos químicos, gerando resíduos sólidos e semi-sólidos (lodo).

A Estação de Tratamento de Água do Bolonha (ETA Bolonha), administrada pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), abastece aproximadamente 65% da água consumida na Região Metropolitana de Belém (RMB), tendo

produção de 54.864 m³ de lodo mensal nos seis decantadores do tipo convencional.

Na composição do lodo nos decantadores são encontradas elevadas concentrações de alumínio, pois o sulfato de alumínio é utilizado como coagulante primário na ETA Bolonha. Por essa razão, há necessidade de dispor esses resíduos de modo econômico e ambientalmente seguro, já que estes despejos são potencialmente poluentes, devido à presença de impurezas removidas da água bruta durante o processo de tratamento e da fração residual dos compostos químicos adicionados. Em geral, a maior parcela dessas impurezas é de natureza inorgânica, formada por areia, siltes e argilas, sendo a parte orgânica constituída de substâncias húmicas.

Essas impurezas podem provocar depleção de oxigênio quando lançadas em cursos d'água, inibindo a atividade biológica, prejudicando as condições estéticas (mudanças de cor e turbidez), aumentando a concentração de sólidos no fundo do corpo receptor (assoreamento) e influenciando negativamente em áreas de criação e desova de peixes.

De acordo com Di Bernado, Scalize e Souza Filho (1999), os lodos gerados em ETAs são geralmente classificados como resíduos sólidos classe 2, devendo, portanto, ser devidamente tratados e dispostos sem que provoquem danos ao meio ambiente.

O estudo de tecnologias de desaguamento natural do lodo visa reduzir o seu volume, facilitar o manuseio, e diminuir o custo de transporte até o destino final. Assim, na pesquisa foi verificada a viabilidade técnica do uso dos leitos de secagem, com e sem cobertura, já que esse tipo de unidade não requer equipamentos mecânicos e nem grandes habilidades operacionais, sendo um processo natural baseado em condições climáticas, portanto viável para regiões com elevadas temperaturas e intensidade de evaporação, como é o caso da região amazônica.

PROCEDIMENTOS E INSTALAÇÕES

As duas etapas experimentais tiveram duração de 21 dias (período estimado para perda de umidade do lodo), sendo na 1ª e 2ª etapas utilizadas lâminas de lodo de 30 e 60 cm, respectivamente. A amostra do lodo foi removida dos decantadores da ETA Bolonha, conforme apresentado na Fotografia 1.



Fotografia 1 - Vista aérea dos seis decantadores da ETA Bolonha.

A limpeza dos decantadores da ETA Bolonha, como mostra na Fotografia 2, é realizada em intervalos de 12 dias. Para esta operação são fechadas as comportas de entrada de água floculada e abertas as válvulas de fundo, sendo os lodos removidos encaminhados para o canal de drenagem de lodo.



Fotografia 2 - Limpeza dos decantados da ETA-Bolonha.

O lodo coletado nos decantadores da ETA Bolonha foi transportado em caminhões tipo "limpa fossa", previamente higienizados, até o Sistema Experimental de Desaguamento de Lodo (SEDL), sendo o lançamento nos leitos de secagem (LS) realizado por conjunto motor-bomba do próprio caminhão.

O SEDL é constituído por 12 leitos de secagem com dimensões $1,0 \text{ m}^2$ ($1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$) e fundo com declividade de 2 %, para facilitar o escoamento do líquido percolado através do meio drenante até a tubulação (PVC, $D = 32 \text{ mm}$). Para evitar infiltrações, as paredes e o fundo dos leitos de secagem foram impermeabilizadas com manta asfáltica de polipropileno. Na Fotografia 3 é mostrado o SEDL do Campus Profissional localizado na UFPA.



Fotografia 3 - Sistema Experimental de Desaguamento de Lodo – UFPA.

Na seleção do meio filtrante foram realizados ensaios de granulométrica no Laboratório de Construção Civil da UFPA, sendo utilizado o método do peneiramento para seleção de grãos de areia e brita, de acordo com as recomendações da NBR 12.209/92 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

No experimento foi utilizada camada de areia de 10 cm de espessura sobre uma camada de seixo de 5 cm de espessura. Abaixo destas foram colocadas camada de 15 cm de seixo 1 e 2 e uma camada de 25 cm de seixo 3 e 4, conforme proposto por Gutierrez (2003). A camada suporte, acima da camada de areia, foi composta por tijolos recozidos, conforme mostrado na Fotografia 4.



Fotografia 4 - Camada suporte de tijolos recozidos maciços.

Para facilitar a identificação, cada leito de secagem foi denominado por uma sigla conforme Quadro 1.

Etapas	Camada Inicial	Leito Coberto	Leito Descoberto
1ª Etapa	30 cm	C30	D30
2ª Etapa	60 cm	C60	D60

Quadro 1 - Denominação dos leitos de secagem

Nas duas etapas da pesquisa foram coletadas, diariamente, amostras de lodo para análises físico-químicas e bacteriológicas no Laboratório Controle de Resíduos da UFPA, de acordo com os procedimentos descritos na American Public Health Association (1995). No decorrer da pesquisa foi quantificada também a altura de rebaixamento do lodo, com auxílio de régua graduada.

Ao término da pesquisa foram coletadas amostras do lodo desaguado em cada leito de secagem, para determinação das características físico-químicas (teor de umidade, teor de sólidos totais, massa específica, ferro total, alumínio e pH) desse resíduo.

RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentadas as principais características do lodo bruto nas etapas experimentais, sendo que as diferenças nos valores podem ser atribuídas à homogeneização deficiente no caminhão tipo "limpa-fossa".

Tabela 1 - Caracterização do lodo bruto da ETA Bolonha.

Parâmetros	1ª Etapa		2ª Etapa	
	C 30	D 30	C 60	D 60
Teor de Umidade (%)	99,60	99,49	99,86	99,83
Teor de sólidos totais (%)	0,4	0,51	0,14	0,17
Teor de sólidos totais fixos (%)	0,13	0,15	0,06	0,06
Teor de sólidos totais voláteis (%)	0,27	0,36	0,08	0,11
Carga de sólidos suspensos totais (Kg SST/m ²)	0,408	0,405	0,61	0,63
Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	550	700	280	400
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	1,3 x 10 ³	1,3 x 10 ³	1,1 x 10 ³	1,1 x 10 ³
pH	6,9	6,8	7,2	6,9
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	90	130	73,3	86,7

Nos dois ensaios realizados foram aplicadas taxas médias de 0,407 e 0,620 KgSST/m², respectivamente, sendo esses valores inferiores à taxa máxima de 15 KgSST/m² estabelecida pela NBR 12.209/92 para lodos de esgoto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992). As taxas obtidas foram cerca de 36 vezes menores no primeiro ensaio e 24 vezes menores no segundo ensaio do que o máximo normalizado. Cabe ressaltar que são poucos os trabalhos relacionados com desaguamento de lodo de ETAs em leito de secagem.

A redução na altura da camada de lodo nos leitos de secagem ocorreu de forma acentuada no 1º dia, quando foi realizada a primeira drenagem do LS. Em seguida, as alturas da camada de lodo nos leitos cobertos (C30 e C60) apresentaram pequenas mudanças, sendo nos leitos descobertos (D30 e D60) observadas maiores oscilações em decorrência das chuvas. Ao final dos ensaios, todos os leitos apresentaram lâmina de 0,5 cm de lodo. Contudo, os resultados da 2ª etapa podem ser explicados pela reduzida taxa de sólidos suspensos totais aplicados no lodo. No Gráfico 1 são mostradas as variações na camada de lodo nos leitos cobertos e descobertos.

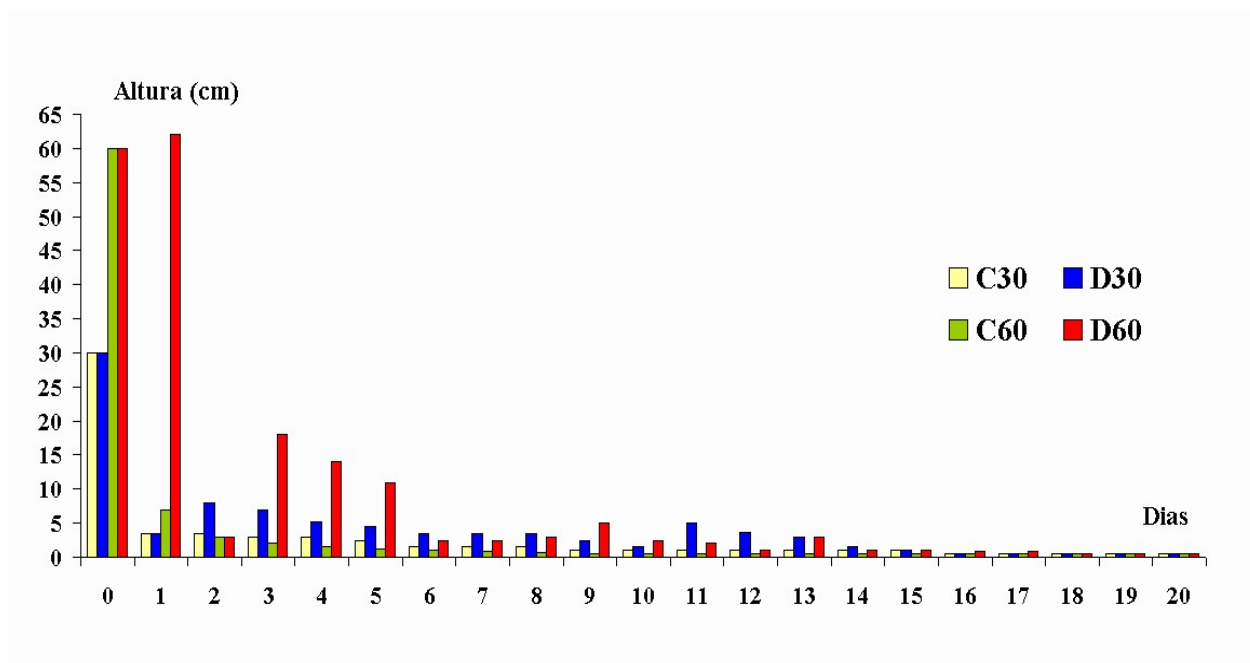


Gráfico 1 - Variação da altura da camada de lodo dos leitos cobertos e descobertos.

O decréscimo na altura da camada de lodo dos leitos de secagem foi acompanhado de aumento progressivo no teor de sólidos do lodo, devido à perda de umidade por evaporação e drenagem, sendo também possível perceber variações, que podem ser explicadas pelas precipitações pluviométricas, conforme mostrado no Gráfico 2.

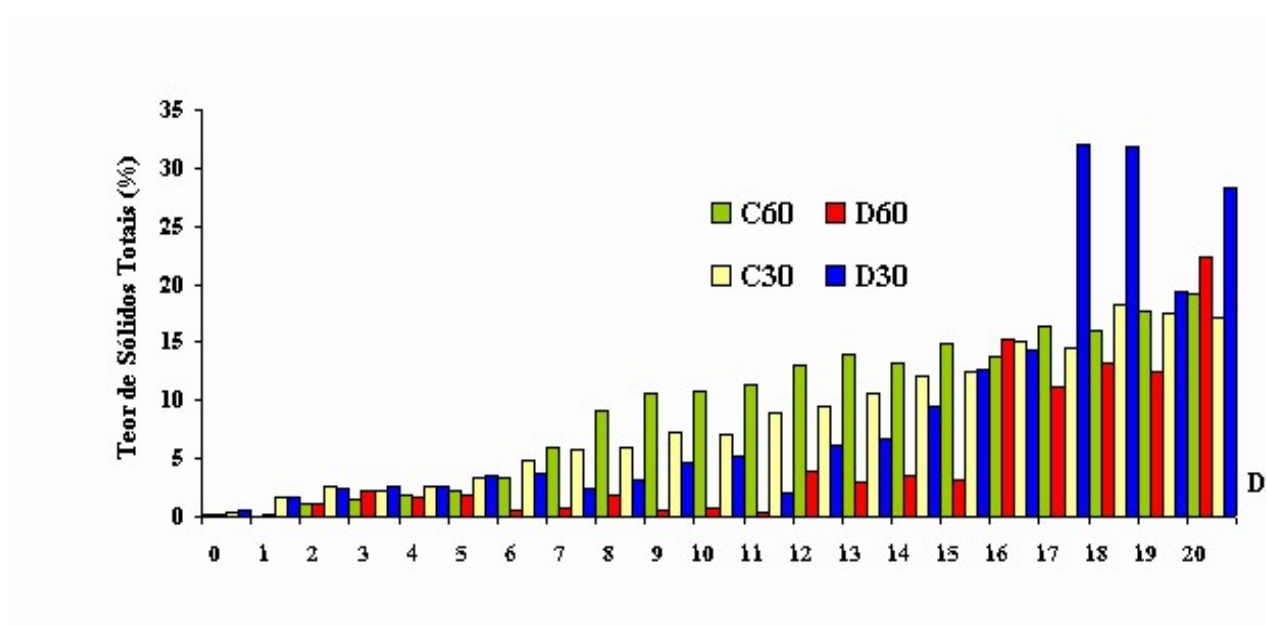


Gráfico 2 - Teor de sólidos totais do lodo nos leitos de secagem com e sem cobertura.

Ainda é possível verificar que os leitos cobertos (C30 e C60) apresentaram melhor desaguamento nas fases inicial e intermediária do período de desaguamento, o que pode ser explicado por não ter sofrido influência das chuvas. No entanto, os leitos descobertos (D30 e D60), apesar de expostos às precipitações pluviométricas, tiveram teores de sólidos finais mais elevados do que os obtidos nos leitos cobertos, chegando ao teor de sólidos totais de 28,24 % no leito D30, o que representa aumento de 65 % em relação ao valor obtido no C30 (17,10 %). Esse fato pode estar relacionado, com a melhor evaporação da água contida nos lodos, pelo recebimento direto de insolação.

No final dos ensaios, o lodo disposto nos leitos de secagem com e sem cobertura tiveram teores de sólidos adequados ao manuseio da torta (nos dois experimentos), ou seja, estando aptos para serem encaminhados à disposição final ou aproveitamento. Na Fotografia 5 (a) e (b) e Fotografia 6 (c) e (d) são mostradas as camadas de lodo na 1ª etapa (C30 e D30) e na 2ª etapa (C60 e D60), respectivamente, no último dia do experimento.



Fotografia 5 - Lodo desaguado no último dia do experimento nos leitos C30 (a) e D30 (b).



Fotografia 6 - Lodo desaguado no último dia do experimento nos leitos C60 (c) e D60 (d).

Os teores de sólidos fixos e voláteis permaneceram praticamente constantes ao longo do período de desaguamento, apresentando médias de sólidos voláteis de 68,35 %, 69,5 %, 64,65 % e 63,62 % nos leitos C30, D30, C60 e D60, respectivamente.

As características finais do lodo desaguado no sistema experimental de leitos de secagem estão apresentadas na Tabela 2, sendo possível observar que, nos leitos cobertos, o lodo apresentou maior massa e teor de umidade mais elevado que os oriundos dos leitos descobertos.

Tabela 2 - Caracterização final do lodo desaguado em leitos de secagem coberto e descoberto.

Parâmetros	C30	C60	D30	D60
Teor de umidade (%)	82,90	80,75	71,76	77,6
Teor de sólidos totais (%)	17,1	19,3	28,3	22,4
Massa específica (g/cm ³)	2,49	2,31	2,204	2,29
Massa (g)	5076,9	4582	3703,8	4469
Alumínio (%)	11,54	10,94	10,92	12,04
Ferro Total (%)	6,56	5,53	6,13	7,26
pH*	6,5 – 7,2	6,0 – 7,7	6,0 – 7,2	6,3 – 7,5

* Faixa de variação

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em função dos resultados obtidos no SEDL, é possível concluir que a redução de umidade foi mais acelerada para a lâmina de 30 cm, do que para a de 60 cm nos leitos descobertos e para os leitos cobertos não houve alteração significativa.

É importante ressaltar que a formação da torta de lodo foi mais demorada nos leitos descobertos. Contudo, formada a torta, o desaguamento do lodo foi mais rápido, aumentando os teores de sólidos finais.

A NBR 12.209/1992 não faz referência à altura mais apropriada a ser aplicada nos leitos de secagem, logo não se comparou a altura ensaiada no experimento, com possível valor de altura normatizado. Além disso, são poucos os trabalhos e normas que enfocam o desaguamento de lodo de ETA em leitos de secagem.

A utilização de leitos de secagem é uma operação viável para o desaguamento do lodo da ETA Bolonha, pois o lodo final gerado no experimento teve teor de sólidos entre 17,1 e 28,3 %, o que facilita o manuseio e diminui os custos de transporte até as alternativas de aproveitamento e disposição final, sendo esse um dos fatores mais importantes na composição dos custos de gerenciamento de lodo.

Com o trabalho foi constatado que a reduzida taxa de sólidos suspensos totais do lodo da ETA Bolonha facilitou o desaguamento, porém existe necessidade de estudos com taxas mais elevadas. Assim, na pesquisa foi possível concluir que o melhor desempenho ocorreu no leito de secagem descoberto, com camada inicial de 60 cm de lodo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**: NBR 12.209/1992. Rio de Janeiro, 1992.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19^o ed. Washington, 1995.
3. CORDEIRO, João Sérgio. Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. In: REALI, M.A.P. (Coord.). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro: Projeto PROSAB; ABES, 1999.
4. DI BERNARDO, Luiz; SCALIZE, Paulo Sérgio; SOUZA FILHO, Aloysio Gomes. Água de Lavagem de filtros rápidos. In: REALI, M.A.P. (Coord.). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro: Projeto PROSAB; ABES, 1999.
5. GUTIERREZ, Lucy Anne Cardoso Lobão. **Influência da cobertura e dos sólidos sedimentáveis no desaguamento de lodo em leitos de secagem, instalados na Região Metropolitana de Belém**. 2003. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

6. MACHADO, Luiza Carla Girard Teixeira. **Análise de ciclo de vida aplicada ao gerenciamento de resíduos o caso da ETA Bolonha –RMB.** 2003. 337 f. Tese (Doutorado em Ciências do Desenvolvimento Sócio-Ambiental) – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.
7. RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água.** São Paulo: E. Blucher, 2001.