



II-021 – USO DE GEOTUBES PARA DESIDRATAÇÃO DE LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Evandro Rodrigues de Britto⁽¹⁾

Biólogo pela UB em 1963. Funcionário da CEDAE por 39 anos, tendo sido Diretor de Esgotos (1994/1995 e 1999/2001), Diretor Regional (2001/2002) e Diretor de Atividades Especiais (2003). Presidente da FEEMA (1979/1983), da CECA (1979/1983) e do Conselho Federal de Biologia (1985/1987). Professor Titular de Biologia Sanitária da Escola de Engenharia da UFRJ (1967/1973) e da PUC (1967/1969) e Professor Regente de Evolução da UFRJ (1973).

Leo César Queiroz Cavalcanti Melo⁽²⁾

Químico Industrial pela UFP em 1998. Funcionário da COMPESA por 5 anos, tendo sido Gerente de Águas (1999/2001) e Gerente de Esgotos (2001/2004). Atualmente é Gerente de Aplicação da ALLONDA Geossintéticos Ambientais Ltda.

Lucio Henrique Bandeira⁽³⁾

Engenheiro Civil pela UFRJ em 1973. Mestrado em Saúde - Área de Concentração "Saneamento Ambiental" - Escola Nacional de Saúde Pública - FIOCRUZ - 2003. Foi Superintendente Adjunto de Saneamento - Departamento de Engenharia e Ciências do Ambiente da SESP; Chefe de Gabinete da Presidência da Fundação Nacional de Saneamento; Subsecretário Adjunto de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro; Superintendente da Diretoria de Projetos Especiais da CEDAE e Diretor Presidente da LCBandeira Consultoria e Participação.

Nathalia Paiva Barbosa de Castro⁽⁴⁾

Engenheira Civil pela UFJF em 1999. Mestrado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA – em Geotecnica 2005. Engenheira Civil da Coneplan Empreendimentos Gerais Ltda. – Juiz de Fora – MG (1999), Engenheira de Campo da Schlumberger Oilfield Services (2000) e Engenheira da ALLONDA Geossintéticos Ambientais Ltda. (desde 2006).

Endereço⁽¹⁾: Cond. Vale de Itaipu, casa 649, Itaipu, Niterói, RJ, CEP: 24340-140 - Brasil - Tel: (21) 2709-2304 - e-mail: erbritto@oi.com.br

RESUMO

Esta é uma solução inovadora para secagem de lodos de estações de tratamento. Consiste no processo de geocontenção em grandes “bags” que permite a contenção do lodo, até a desidratação completa, em pleno estado de massa seca.

A utilização de tubos de geotêxtil para desaguamento de lodos resultantes de diversos processos vem se mostrando uma solução ambientalmente correta, viável economicamente, em função da economia de energia e manutenção, além do pequeno investimento inicial de implantação.

O processo de desaguamento através do geotube gera um percolado com excelente qualidade, podendo ser utilizado como água de reuso.

PALAVRAS-CHAVE: Geotube, Desidratação, Lodo de Estações de Tratamento de Esgotos.

INTRODUÇÃO

O problema de secagem de lodos, seja proveniente de estações de tratamento, seja proveniente de fossas sépticas, é um dos maiores que se enfrenta na operação de um sistema de saneamento.

Os lodos de estações de tratamento de esgotos, após o processo de digestão, comumente são enviados a leitos de secagem, centrífugas, filtros prensa, filtros a vácuo, prensas desaguadoras ou outros equipamentos menos usuais.

O material desaguado através destas técnicas convencionais alcança, no máximo, 55% de massa seca, com exceção dos leitos de secagem, os quais promovem uma boa desidratação do lodo, porém enfrentam o problema do longo período de exposição (Jordão 1975).

Outra questão é a disposição do material desidratado. Além da barreira cultural em relação à adubação de áreas necessitadas, a alternativa de aterramento enfrenta a dificuldade de ser alcançada a massa seca com 75%, exigência de algumas unidades. Isto acaba por obrigar o operador da ETE a deixar o lodo secando em área do terreno da estação, até atingir a percentagem exigida e, quando ocorrem às chuvas neste período, a meta torna-se praticamente inalcançável.



ETE da Penha com lodo disposto ao relento - RJ

Os lodos provenientes de caminhões limpa-fossa são outro grande problema, pois são dispostos em locais inadequados ou encaminhados a estações de tratamento, agravando a situação já relatada.

SOLUÇÃO PROPOSTA

Neste trabalho, apresenta-se uma solução inovadora para o condicionamento e destinação dos lodos gerados em sistemas de tratamento existentes.

“Uma nova tecnologia, para secagem de lodos de estações de tratamento, começa a ser empregada em nosso país e consiste no processo de geocontenção em grandes “bags” que utiliza como material de fabricação um fio de polipropileno, de alta resistência mecânica e tenacidade, trançado em rede, em forma de teia trapezoidal, de tal forma que esta construção permita a contenção do lodo, até a desidratação completa, em pleno estado de massa seca e, ainda, a drenagem do líquido sem os sólidos, que é devolvido ao ambiente ou recirculado e tratado por processo complementar. Esta tecnologia não apresenta, praticamente, nenhum impacto ambiental” (Britto, E. R. 2007).

Segundo (Castro 2005, Vidal e Urashima 1999, Moo-Young et al 2002, Fowler et al 2002), a percentagem de sólidos aumenta gradativamente podendo chegar a menos de 20% de umidade.

As principais características desse produto são:

1. Alta resistência à tração, grande capacidade mecânica e elevada tenacidade.
2. A costura é feita de maneira a resistir às altas tensões sob as quais o sistema está submetido, principalmente no momento do bombeamento (Pilarczyk 2000), além de ser igualmente resistente à degradação química e biológica.
3. Alta eficiência de filtração com elevados teores de sólidos retidos.
4. Resistente à presença de produtos químicos, alcalóides e ácidos em geral.
5. Resistente aos raios solares tipo UV.



Efluente líquido drenado do geotube.

UTILIZAÇÃO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS.

Na ETE Âncora, no Município de Rio das Ostras, RJ, utilizou-se a tecnologia em substituição aos leitos de secagem, tendo em vista que a mesma era muito próxima de um conjunto residencial, trazendo significativos impactos ambientais para a população residente e, além disso, existia a expectativa de obter um percolado que pudesse ser disposto no corpo receptor sem problemas de contaminação.



Primeiras unidades de 9,14 m. instaladas na ETE Âncora em Rio das Ostras – RJ.

A ETE Âncora utiliza o processo de lodos ativados, variante aeração prolongada por batelada, com câmara de aeração única e digestor aeróbio, para uma vazão de 8 l/s, atendendo a 5.000 habitantes. O efluente da câmara de aeração passa por um conjunto de quatro filtros de areia (em paralelo 2 a 2) em série, cujo efluente final era lançado no corpo receptor.

A tecnologia geotube foi adotada porque apresenta vantagens sobre o processo de leitos de secagem, tais como as descritas a seguir:

- A ausência de impacto ambiental referente a odores;
- Aumento na segurança da área, uma vez que o controle de entrada e circulação, principalmente de crianças foi intensificado. Além disso, esta técnica permite uma contenção do material desaguado de maneira que este permanece protegido no interior do tubo, minimizando o risco de contato com os seres humanos, evitando-se assim, a disseminação de doenças e acidentes;
- Eliminação dos incômodos causados pela utilização dos leitos de secagem em relação ao período de fortes e prolongadas chuvas;
- Facilidades construtivas e área requerida bem menor;
- As unidades geotubes podem ser utilizadas, após seu enchimento completo, como material de dique, de preenchimento de área a ser aterrada, de contenção de encostas e de taludes;



- Após a secagem completa do lodo, este poderá ser removido e ser utilizado como material de recobrimento de aterros sanitários adicionando-se terra na proporção de 1:1, ou como condicionador de solos em áreas de jardinagens públicas. A lona de impermeabilização da célula de assentamento poderá ser reaproveitada como proteção contra erosão de taludes ou encostas.

RESULTADOS DAS ANÁLISES.

Os valores obtidos a partir de uma primeira avaliação da qualidade de vários pontos de coleta são apresentados em resumo na Tabela 1, onde o efluente do digestor é o lodo digerido que é encaminhado aos bag's, sendo, portanto, o afluente aos mesmos.

Tabela 1					
		Afl.ETE	Efl. Digestor	Efl. Geotubes	Efl.ETE
Coli. total	NMP	54,75 x E5	36,54x E5	48,84 X E3	104,62 x E3
Bact. Heter	UFC/ml	8 x E6	28,2 x E4	380	28,9 x E3
BOD	mg/l	151	147	27	35
COD	mg/l	594	573	131	308
P total	mg/l	<5	30	<2	<2
N Kjeld.	mg/l	67	79	72	67
O & G	mg/l	7	2	2	1
pH		6,9	7,1	7,4	7
SST	mg/l	120	364	18	51
SSF	mg/l	<5	74	<5	<5
SSV	mg/l	120	290	18	51
Surfact.	mg/l	1,8	0,94	1,9	1,8
Turbidez	NTU	39	47	15	23

Observou-se que o fluido drenado do geotube foi significativamente melhor que o efluente da ETE apesar deste último passar por um polimento em filtros de areia.

Numa segunda etapa foram realizadas 840 análise em 4 pontos, no período compreendido entre 26/04/2006 a 16/05/2006, a saber:

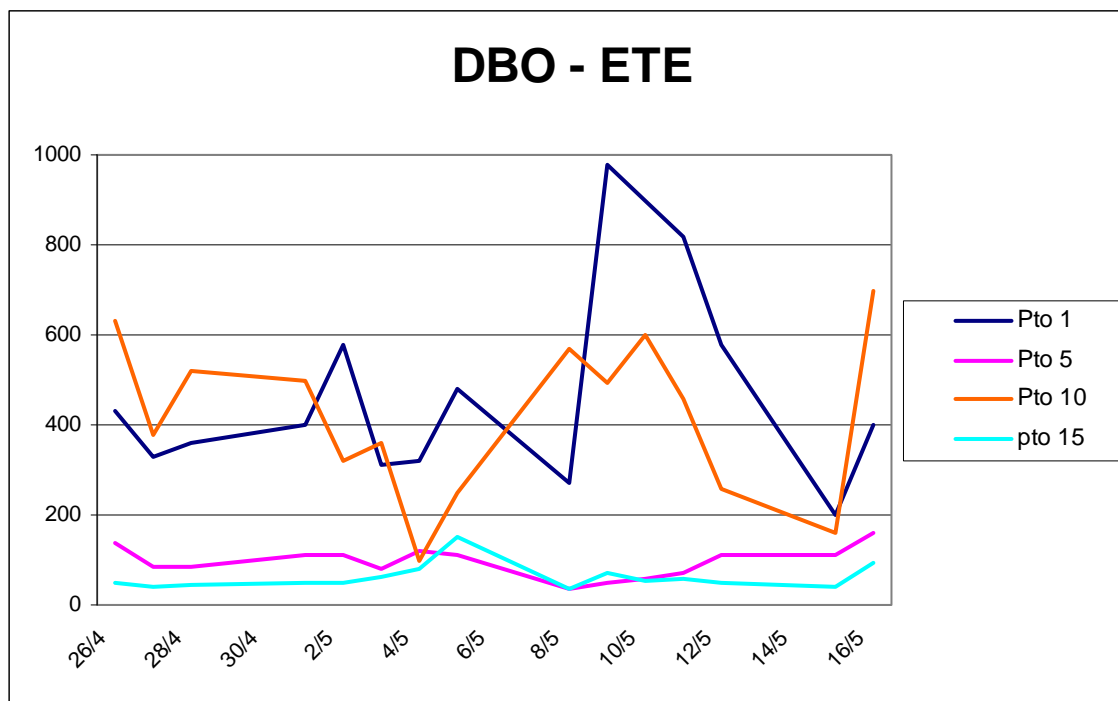
- Ponto 01 – Afluente da ETE.
- Ponto 05 – Efluente da ETE.
- Ponto 10 – Afluente aos BAG's.
- Ponto 15 – Efluente dos BAG's.

Os resultados obtidos são mostrados nas tabelas e gráficos abaixo, e as médias aritméticas dos valores medidos, na tabela 2.



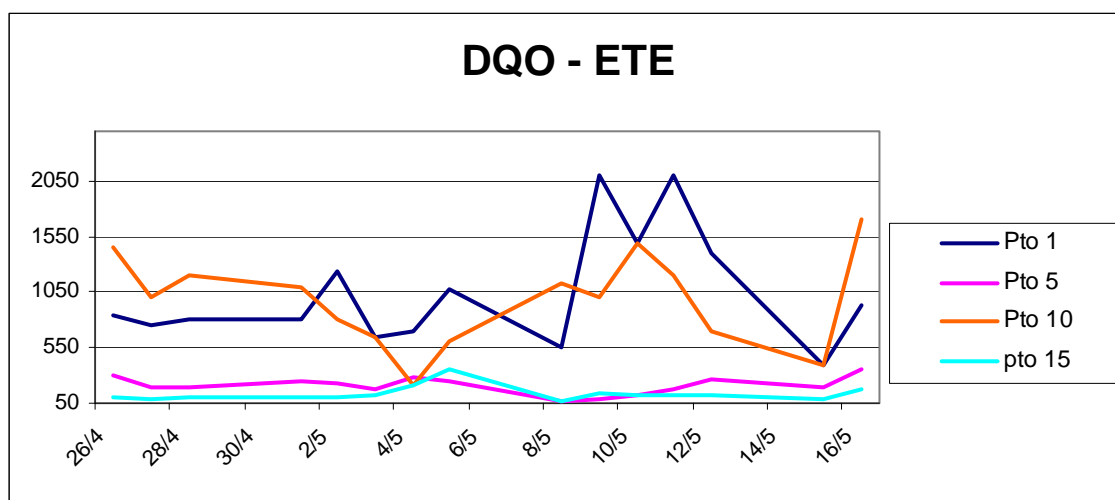
TABELAS E GRÁFICOS - RESULTADOS RIO DAS OSTRAS

DBO (mg/l)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	430	140	630	48
27/abr	330	84	380	40
28/abr	360	86	520	46
1/mai	400	110	500	48
2/mai	580	110	320	48
3/mai	310	80	360	64
4/mai	320	120	100	82
5/mai	480	110	250	150
8/mai	270	35	570	35
9/mai	980	50	495	72
10/mai	900	60	600	54
11/mai	820	72	460	60
12/mai	580	110	260	50
15/mai	200	110	160	40
16/mai	400	160	700	92
MÉDIA	490,7	95,8	420,3	61,9



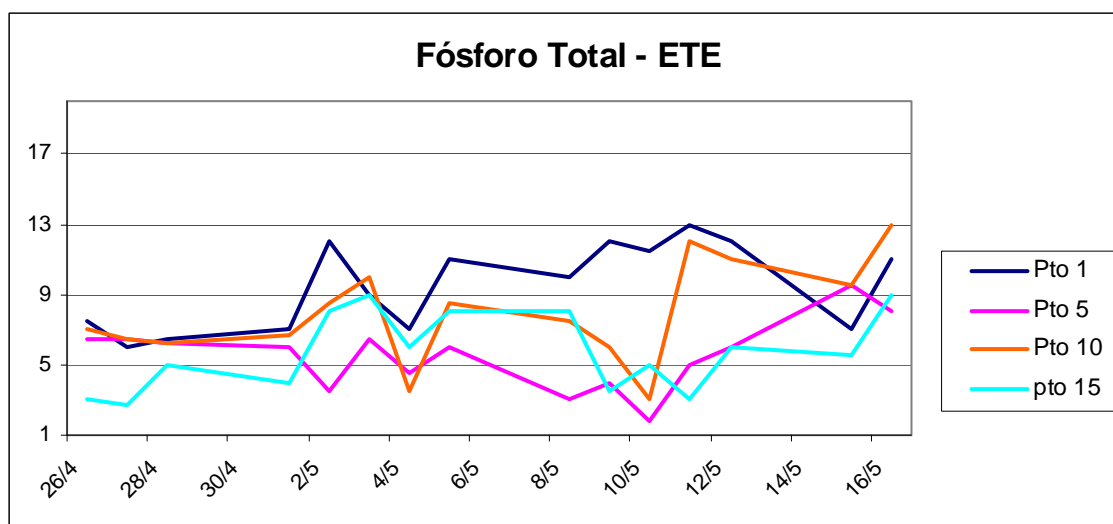


DQO (mg/l)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	850	300	1450	100
27/abr	760	200	1000	90
28/abr	800	200	1200	100
1/mai	810	250	1100	100
2/mai	1240	230	800	110
3/mai	650	170	650	130
4/mai	700	280	220	210
5/mai	1080	240	600	350
8/mai	552	76	1124	74
9/mai	2100	95	1000	140
10/mai	1500	130	1500	130
11/mai	2100	180	1200	130
12/mai	1400	270	700	120
15/mai	400	200	400	90
16/mai	930	360	1700	180
MÉDIA	1058,1	212,1	976,3	136,9



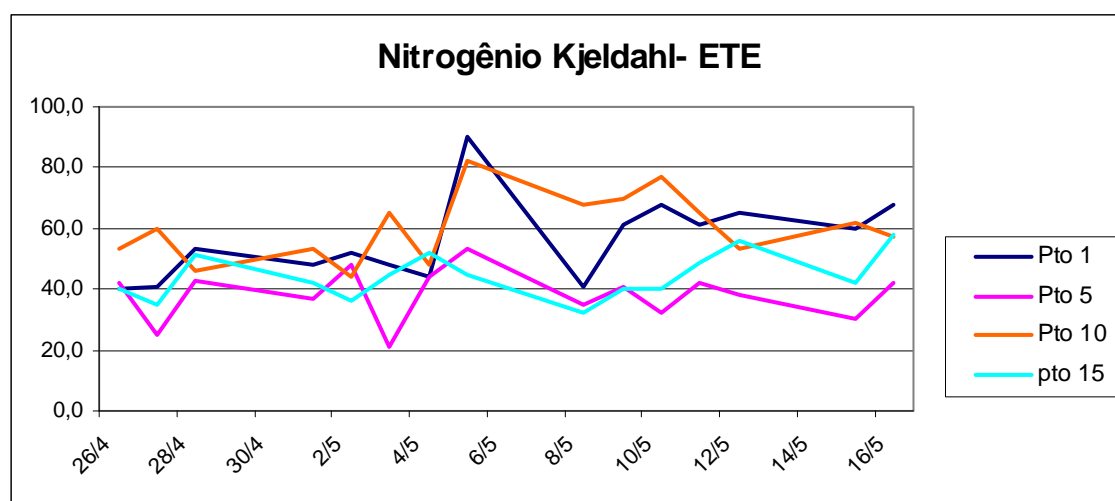


Fósforo Total (mg/l)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	7,5	6,5	7,0	3,0
27/abr	6,0	6,5	6,5	2,7
28/abr	6,5	6,2	6,2	5,0
1/mai	7,0	6,0	6,7	4,0
2/mai	12,0	3,5	8,5	8,0
3/mai	9,0	6,5	10,0	9,0
4/mai	7,0	4,5	3,5	6,0
5/mai	11,0	6,0	8,5	8,0
8/mai	10,0	3,0	7,5	8,0
9/mai	12,0	4,0	6,0	3,5
10/mai	11,5	1,8	3,0	5,0
11/mai	13,0	5,0	12,0	3,0
12/mai	12,0	6,0	11,0	6,0
15/mai	7,0	9,5	9,5	5,5
16/mai	11,0	8,0	13,0	9,0
MÉDIA	9,5	5,5	7,9	5,7



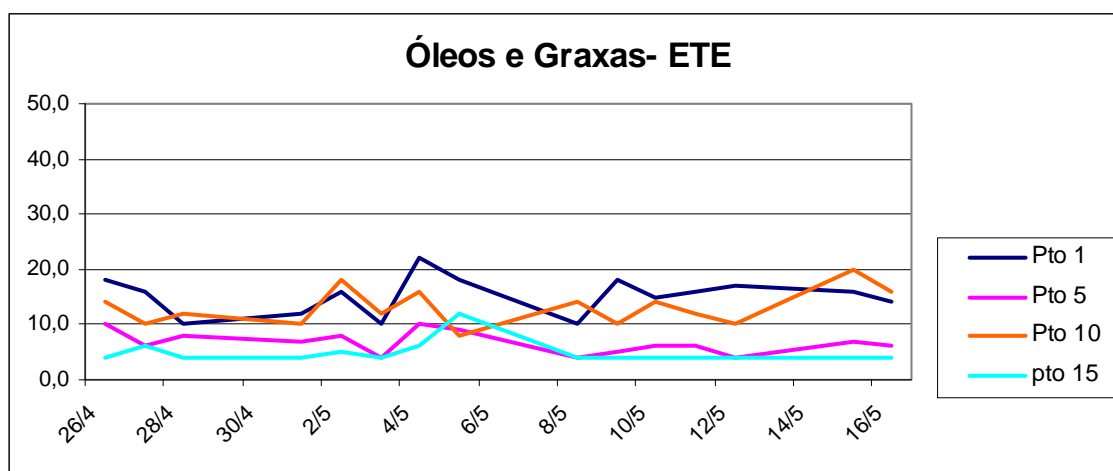


Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	40,0	42,0	53,0	40,0
27/abr	41,0	25,0	60,0	35,0
28/abr	53,0	43,0	46,0	51,0
1/mai	48,0	37,0	53,0	42,0
2/mai	52,0	48,0	44,0	36,0
3/mai	48,0	21,0	65,0	45,0
4/mai	44,0	44,0	48,0	52,0
5/mai	90,0	53,0	82,0	45,0
8/mai	41,0	35,0	68,0	32,0
9/mai	61,0	41,0	70,0	40,0
10/mai	68,0	32,0	77,0	40,0
11/mai	61,0	42,0	65,0	49,0
12/mai	65,0	38,0	53,0	56,0
15/mai	60,0	30,0	62,0	42,0
16/mai	68,0	42,0	57,0	58,0
MÉDIA	56,0	38,2	60,2	44,2





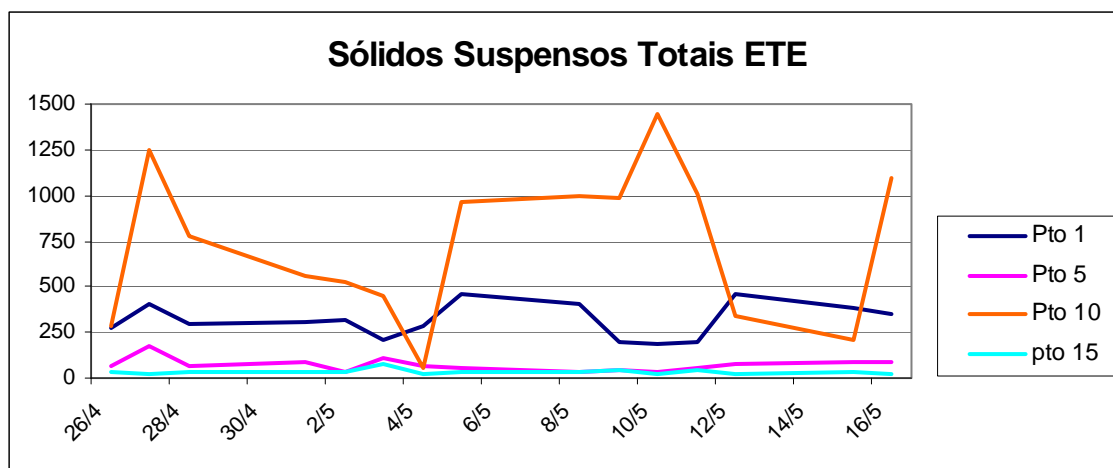
Óleos e Graxas (mg/l)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	18,0	10,0	14,0	4,0
27/abr	16,0	6,0	10,0	6,0
28/abr	10,0	8,0	12,0	4,0
1/mai	12,0	7,0	10,0	4,0
2/mai	16,0	8,0	18,0	5,0
3/mai	10,0	4,0	12,0	4,0
4/mai	22,0	10,0	16,0	6,0
5/mai	18,0	9,0	8,0	12,0
8/mai	10,0	4,0	14,0	4,0
9/mai	18,0	5,0	10,0	4,0
10/mai	15,0	6,0	14,0	4,0
11/mai	16,0	6,0	12,0	4,0
12/mai	17,0	4,0	10,0	4,0
15/mai	16,0	7,0	20,0	4,0
16/mai	14,0	6,0	16,0	4,0
MÉDIA	15,2	6,7	13,1	4,9



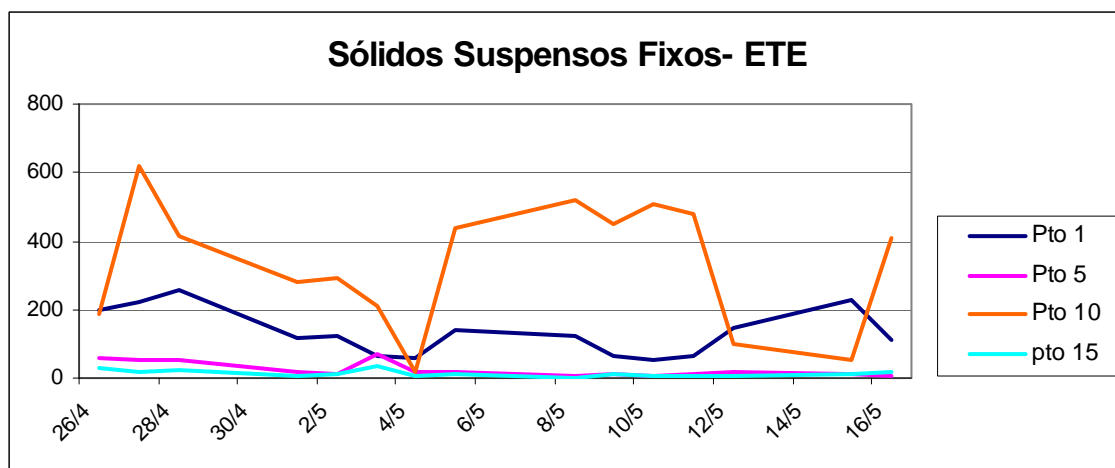


pH (Sorensen)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	6,90	7,20	7,30	7,30
27/abr	6,90	7,20	7,20	7,30
28/abr	7,40	7,50	7,40	7,50
1/mai	6,76	6,87	6,77	6,80
2/mai	6,97	7,27	7,07	7,18
3/mai	7,01	7,21	7,04	7,29
4/mai	6,85	7,23	7,18	7,36
5/mai	6,91	7,22	7,10	7,15
8/mai	7,10	7,40	7,20	8,20
9/mai	6,80	7,40	7,20	7,30
10/mai	6,60	7,20	7,20	7,30
11/mai	6,80	7,20	7,00	7,50
12/mai	6,80	7,00	7,00	7,70
15/mai	6,50	7,00	6,90	7,20
16/mai	6,60	7,30	8,70	7,40
MÉDIA	6,86	7,21	7,22	7,37

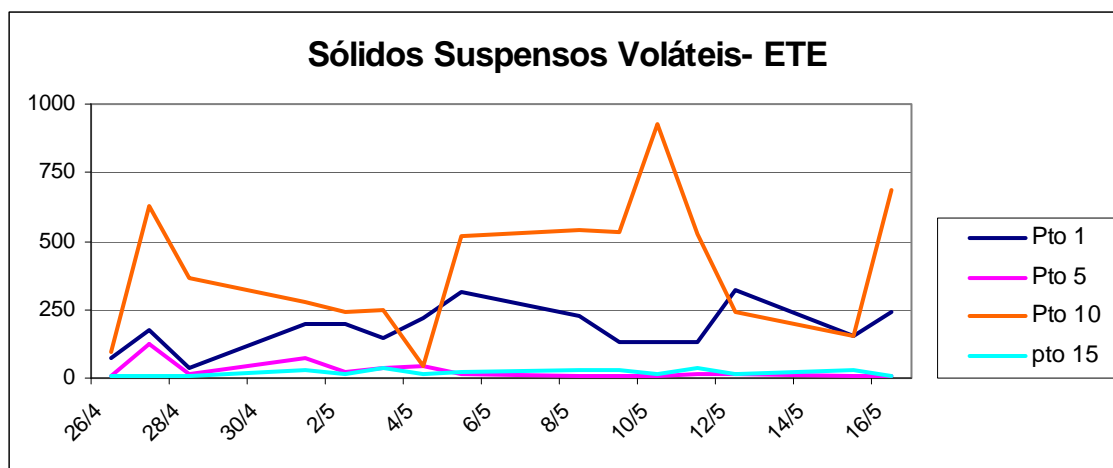
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	276	70	280	34
27/abr	400	178	1250	22
28/abr	296	62	780	28
1/mai	312	86	560	30
2/mai	320	32	530	32
3/mai	206	106	454	72
4/mai	280	64	58	20
5/mai	456	52	960	32
8/mai	400	32	1000	30
9/mai	196	41	984	44
10/mai	184	36	1440	18
11/mai	196	57	1008	44
12/mai	464	80	340	24
15/mai	384	88	208	38
16/mai	350	88	1096	26
MÉDIA	315	71	730	33



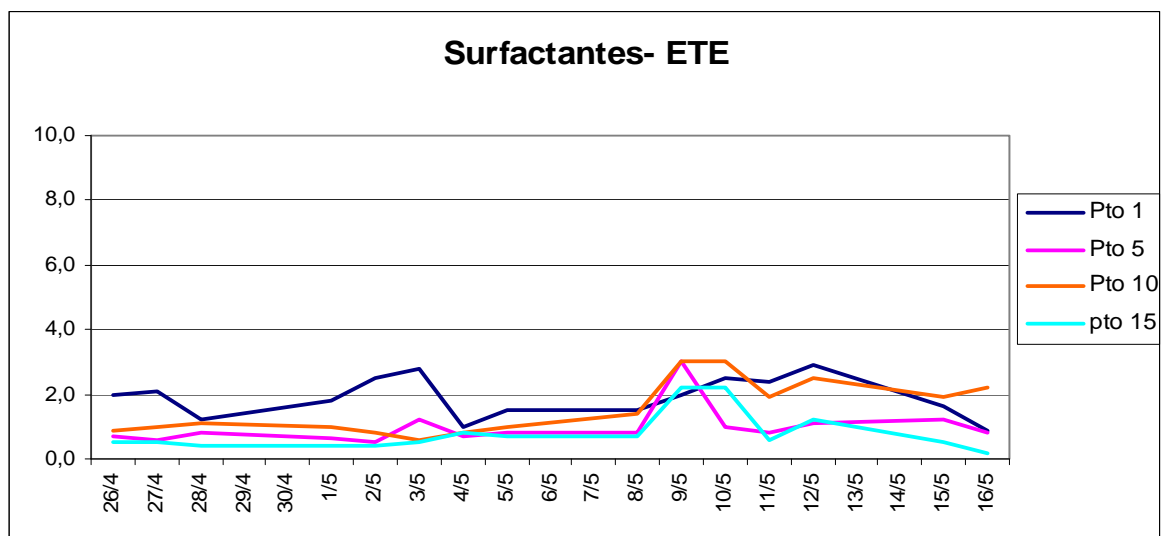
Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	200	60	184	30
27/abr	224	55	620	18
28/abr	256	50	416	22
1/mai	116	16	280	4
2/mai	120	9	290	14
3/mai	62	72	208	34
4/mai	60	20	15	4
5/mai	143	16	440	9
8/mai	125	4	520	2
9/mai	66	10	450	12
10/mai	50	4	510	3
11/mai	66	13	480	4
12/mai	144	16	100	8
15/mai	228	10	54	10
16/mai	110	8	408	20
MÉDIA	131	24	332	13



Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	76	10	96	4
27/abr	176	123	630	4
28/abr	40	12	364	6
1/mai	196	70	280	26
2/mai	200	23	240	18
3/mai	144	34	246	38
4/mai	220	44	43	16
5/mai	313	16	520	23
8/mai	225	4	540	28
9/mai	130	10	534	32
10/mai	134	4	930	15
11/mai	130	13	528	40
12/mai	320	16	240	16
15/mai	156	10	154	28
16/mai	240	8	688	6
MÉDIA	180	26	402	20



Surfactantes (mg/l)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	2,0	0,7	0,9	0,5
27/abr	2,1	0,6	1,0	0,5
28/abr	1,2	0,8	1,1	0,4
1/mai	1,8	0,7	1,0	0,4
2/mai	2,5	0,5	0,8	0,4
3/mai	2,8	1,2	0,6	0,5
4/mai	1,0	0,7	0,8	0,8
5/mai	1,5	0,8	1,0	0,7
8/mai	1,5	0,8	1,4	0,7
9/mai	2,0	3,0	3,0	2,2
10/mai	2,5	1,0	3,0	2,2
11/mai	2,4	0,8	1,9	0,6
12/mai	2,9	1,1	2,5	1,2
15/mai	1,6	1,2	1,9	0,5
16/mai	0,9	0,8	2,2	0,2
MÉDIA	1,9	1,0	1,5	0,8



Turbidez (NTU)				
Data	Ponto 1	Ponto 5	Ponto 10	Ponto 15
	Esgoto Bruto	Efluente Filtro Areia	Afluente bag's	Efluente bag's
26/abr	70,0	30,2	520,0	4,0
27/abr	200,0	36,0	490,0	4,2
28/abr	312,0	40,1	740,0	3,9
1/mai	191,0	10,7	490,0	2,3
2/mai	198,0	21,5	544,0	6,3
3/mai	232,0	54,1	436,0	6,4
4/mai	205,0	50,1	496,0	4,7
5/mai	321,0	51,7	522,0	4,3
8/mai	180,0	25,0	265,0	10,0
9/mai	280,0	30,0	360,0	12,0
10/mai	320,0	28,0	300,0	16,0
11/mai	360,0	27,0	230,0	15,0
12/mai	170,0	50,0	145,0	63,0
15/mai	200,0	65,0	49,0	57,0
16/mai	160,0	57,0	230,0	60,0
MÉDIA	226,6	38,4	387,8	17,9

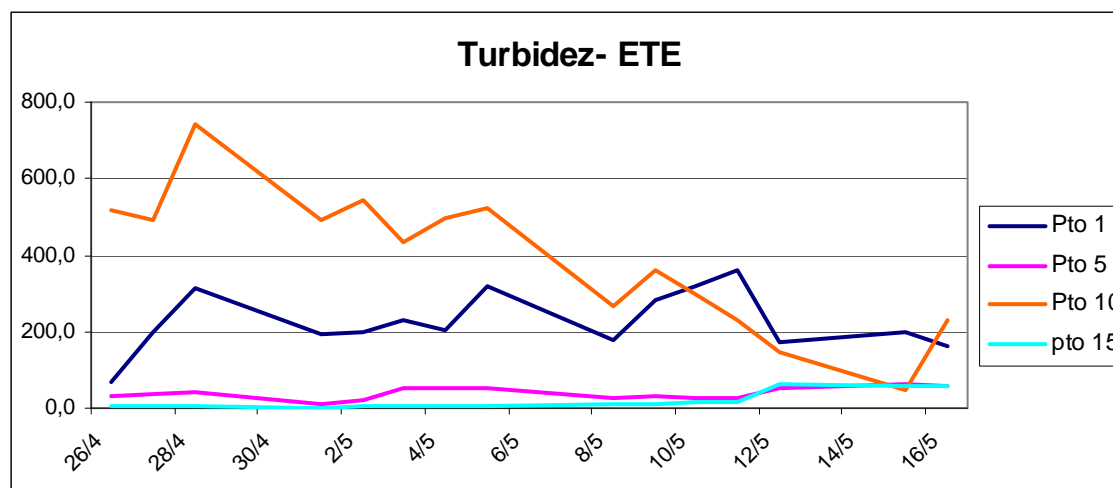


Tabela 2

Parâmetro	Afl.ETE	Efl.ETE	Redução	Afl.Bag	Efl.Bag	Redução
DBO	460	96	79,13%	378	59	84,39%
DQO	1.022	212	79,25%	880	130	85,22%
Fósf.tot.	9,5	5,5	42,10%	7,9	5,7	27,85%
Nitr.Kjeld.	30	38,2	0	60	44	26,67%
O & G	14	6,6	52,85%	13	4,9	62,31%
pH	6,97	7,21		7,22	7,36	
SST	323	71	78,01%	730	33	95,48%
SSF	142	24	83,09%	332	13	96,08%
SSV	177	47	66,90%	402	20	95,02%
Surfac.	1,9	0,98	48,42%	1,47	0,78	46,94%
Turbidez	206	38	81,55%	374	18	95,19%

Foram analisados, também, os coliformes totais, fecais e as bactérias heterogênicas, que não constam da tabela acima, pois não cabe tirar médias aritméticas desses valores.

Essa série de análises confirmou que, com exceção de fósforo total, os demais parâmetros são reduzidos com maior eficiência pelos bag's do que pela ETE, apesar do afluente aos bag's ser o lodo digerido da ETE e o afluente da ETE ser esgoto bruto.

Uma característica peculiar ao material do tipo lodo é a sua granulometria fina e sua instabilidade. Dessa forma, para a perfeita operação do sistema utilizando a tecnologia geotube, é necessário que haja uma prévia floculação do material a ser desaguado no intuito de promover uma aglutinação das partículas e, por conseguinte, a formação de grumos com diâmetros maiores e passíveis de serem retidos pela malha do geotêxtil. Esta floculação costuma ser feita antes da entrada nos "bags" e através da adição de um polímero ao lodo ou outro tipo de floculante, a depender do tipo de material em questão.



Sistema de polimerização e floculação da ETE Âncora.

Uma comparação que se pode fazer em relação aos leitos de secagem, por exemplo, é que estes, apesar da intensa manutenção que é exigida, além do problema das chuvas, possuem certa perenidade, o que não ocorre com os tubos de geotêxtil.

As unidades geotube permitem o desaguamento de grandes volumes de material, alcançando alto teor de massa seca (mais de 80% de MS), porém, após serem preenchidos até a sua capacidade máxima, não são reutilizados.

TEMPO DE UTILIZAÇÃO E CUSTOS

Quando da implantação dos bag's de 8 metros, colocados em regime de emergência acreditava-se que o tempo de duração dos mesmos seria de 12 meses, isto porque, faltava experiência na utilização da metodologia e dados confiáveis que permitissem o cálculo real do tempo de uso.

Estes bag's entraram em operação em junho de 2005 e só foram desativados em janeiro de 2008, funcionando, portanto, 31 meses. O custo total dos 2 bag's de 8 metros foi de R\$ 12.565,16 (doze mil quinhentos e sessenta e cinco reais e dezesseis centavos) o que dá um valor de R\$ 405, 32 / mês.

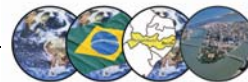
Os dois bag's de 30 metros (na realidade um bag de 60 m. cortado ao meio por falta de estoque para o atendimento de emergência) entraram em operação em setembro de 2005 e estavam até a data de 29/10/2008 (última visita feita a ETE antes da redação do presente trabalho) em operação, recebendo 40 m³ de lodo num período de 12 a 15 dias. O custo deste bag's foi de R\$ 26.513,05 (vinte e seis mil quinhentos e treze reais e cinco centavos). Este custo dividido pelos meses em funcionamento dá um valor de R\$ 716,56 / mês, até a data considerada.

CONCLUSÕES

A utilização de tubos de geotêxtil para desaguamento de lodos resultantes de diversos processos vem se mostrando uma solução ambientalmente correta, viável economicamente, em função da economia de energia e manutenção (problema comum quando da implantação de técnicas que utilizam equipamentos mecânicos), além do pequeno investimento inicial de implantação e de ser um processo que se adapta às características e condições de contorno de cada projeto.

Os resultados obtidos nas análises dos parâmetros mostraram que a nova tecnologia de desidratação de lodos de estações, não só produz um efluente líquido de melhor qualidade como alcança valores de massa seca muito superiores aos métodos convencionais.

O processo de desaguamento através do geotube gera um percolado com qualidade de lançamento no corpo receptor, podendo ser utilizado como água de reuso ou, ainda, em condições de retornar ao processo. Isto permite não só uma economia para empresa, mas também uma economia do próprio recurso natural.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JORDÃO, E. P., Pessoa, C. A., Tratamento de esgoto doméstico. 628.3 J82t V.1. Capítulo 10, pp. 185-203. Rio de Janeiro, Brasil, 1975.
2. BRITTO, E. R., Auditoria Ambiental e em Saneamento. ABES, pp. 136. Rio de Janeiro, Brasil, 2007.
3. CASTRO, Nathalia P. B., Sistemas tubulares para contenção de lodo e sedimentos contaminados. 2005. 103f. Tese de mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
4. VIDAL, D., URASHIMA, D. C. Dimensionamento de filtros e drenos em geossintéticos. In: GEOSINTÉTICOS'99. Outubro de 1999, Rio de Janeiro.
5. MOO-YOUNG, H. K., et al. Testing procedures to assess the viability of dewatering with geotextile tubes. Geotextiles and Geomembranes, v. 20, p. 289-303, 2002.
6. FOWLER, J., et al. Dewatering sewage sludge and hazardous sludge with geotextile tubes. GEOSYNTHETICS - 7TH ICG, 2002, Nice. Anais...Nice, 2002. p. 1007-1012.