

# **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS DA UNAERP CAMPUS GUARUJÁ**

## **Alternativa de contenção e desidratação natural de lodo na ETA do Passaúna (Curitiba –PR) através de contenção por GEOBAG®**

**David Dias Kerber**

Técnico em Meio Ambiente

JPTE Engenharia, Alameda Rio Negro, 1084 – 8º andar, Alpha Ville – Barueri – SP.  
ddkerber@gmail.com

Este simpósio tem o apoio da Fundação Fernando Eduardo Lee

### **Resumo:**

As Estações de Tratamento de Água (ETA) empregam quantidades de produtos químicos cada vez maiores, devido às condições precárias dos mananciais, aumentando a geração de resíduos (lodo). O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de GEOBAG® (contêiner de polipropileno) na contenção e desidratação de lodo da ETA Passaúna - Curitiba – PR, em comparação com o processo de centrifugação convencional. Foi utilizado um geotecido de polipropileno de alta resistência, nas dimensões de 6 x 12 m, com capacidade total de 72 m<sup>3</sup>, assentado em berço de brita e BIDIM®. O GEOBAG® possui minúsculos poros de geotêxtil que funcionam como elemento de contenção, resultando numa desidratação natural, com redução da massa de água. A contenção de lodo em GEOBAG® minimizou o uso de polímeros e energia elétrica, quando comparado ao processo de centrifugação. Porém, para futura implantação de uma ETA, há que se considerar a destinação final desse lodo. Além disso, devem-se avaliar, em maior grau, as características físico-químicas da água a ser tratada, antes da entrada na ETA, para reduzir o uso de coagulantes no processo de tratamento.

**Palavras-chave:** Tratamento de lodo, ETA, GEOBAG®, Desidratação de lodo.

### **Seção 1 – Meio Ambiente.**

#### **Apresentação: pôster.**

##### **1. Introdução**

O crescimento populacional nas cidades, junto ao esforço para a melhoria da qualidade de vida, tem aumentado a demanda por água tratada, conseqüentemente elevando a quantidade de resíduos sólidos provenientes de estações de tratamento de água ETA.

O lodo de ETA tem sua origem, na maioria das vezes, nas lavagens dos decantadores e representa de 0,3 a 1,0% do volume de água tratada. Este lodo é composto basicamente de partículas

de solo, matéria orgânica, metais da água *in natura* e substâncias geradas pela adição de produtos químicos. Quando caracterizados conforme norma NBR-10.004, são classificados como resíduos sólidos não inertes, portanto devendo ser tratados e dispostos convenientemente, de modo a eliminar o despejo de sólidos sedimentáveis em corpos de água e amortecer descargas concentradas nos corpos hídricos.

Devido a condições precárias dos mananciais, as ETAs empregam concentrações de produtos químicos cada vez maiores, aumentando a geração de resíduos ou lodos.

Os órgãos ambientais estão exigindo a definição de alternativas adequadas de disposição final dos resíduos de ETA e, para tanto, é necessário conhecer as características do lodo.

A problemática do tratamento e destino do lodo gerado em ETA tem sido um grande desafio dos atores envolvidos nos serviços de saneamento básico, considerando que estes resíduos há alguns anos atrás eram lançados diretamente nos corpos receptores, utilizados como mananciais dos municípios à jusante do lançamento. O lodo de ETA compromete o meio ambiente devido à predominância de teor de materiais sólidos e teores consideráveis de resíduos químicos. Por este motivo, o procedimento atual da ETA do Passaúna, encaminha o lodo de seu processo para aterros sanitários.

A porcentagem de lodo removida depende (i) da sua origem, seja de decantadores ou filtros rápidos convencionais, (ii) de unidades de filtração direta ou (iii) da técnica ou metodologia utilizada para a remoção do lodo, e geralmente se encontra entre 0,2 e 5 % do volume tratado pela estação de tratamento (RICHTER, 2001).

Em uma ETA de ciclo completo, basicamente, os resíduos são provenientes das limpezas ou descargas de decantadores, e da lavagem dos filtros. Em termos volumétricos, a maior quantidade é proveniente da lavagem dos filtros. No entanto, em termos mássicos, a maior quantidade de lodo produzida é gerada no sistema de separação sólido-líquido que, em uma estação de ciclo completo, é basicamente efetuada nos decantadores.

Cada linha geradora de resíduos apresenta características distintas em termos de vazão e concentração de sólidos, razão pela qual, diferentes concepções de tratamento devem ser consideradas. Outras atividades desenvolvidas na estação, como as lavagens dos tanques de preparação de produtos químicos, também contribuem para geração desses resíduos.

A quantidade e a qualidade dos resíduos produzidos em uma ETA dependem de vários fatores, destacando-se: (i) a qualidade da água bruta; (ii) tecnologia do tratamento; (iii) características da coagulação (tipo e a dosagem de coagulante e de alcalinizante ou acidificante); (iv) uso, característica e dosagem de auxiliar de coagulação (floculação ou filtração), do oxidante e do adsorvente (carvão ativado em pó); (v) método de limpeza dos decantadores

(ou flotadores); (vi) método de lavagem dos filtros; (vii) habilidade dos operadores; (viii) automação de processos e operações na estação; (ix) reuso da água recuperada no sistema de tratamento.

Os rejeitos ordinários do tratamento d'água, em ordem de produção, são: (i) resíduos de coagulação química, (ii) precipitados do abrandamento, (iii) lavagem dos filtros, (iv) sólidos da pré-decantação, (v) óxidos da remoção de ferro e manganês, e (vi) a solução usada na regeneração de unidades trocadoras de íons. Esses despejos variam extensivamente na sua composição, contendo os materiais concentrados, removidos na água bruta, além das substâncias químicas adicionadas à água. Esses rejeitos são produzidos continuamente e são descarregados intermitentemente; são acumulados nos decantadores durante períodos relativamente longos, enquanto que a lavagem dos filtros produz uma grande vazão por alguns minutos.

Na coagulação da água, para remoção de cor e turbidez, com sais de alumínio e ferro, os flocos resultantes são removidos nas unidades de decantação e nos filtros. Dependendo (i) da dureza físico-química da água bruta, (ii) da eficiência hidráulica das unidades de processo e (iii) do tipo e dose de coagulante aplicado, entre 65 e 90% do lodo gerado é acumulado nos tanques de decantação e o restante nos filtros.

Esta pesquisa visa reduzir o impacto nos corpos hídricos, minimizar custos para este tratamento, dispensando gastos com mão-de-obra especializada usando o mínimo de produtos químicos e a desidratação natural do mesmo, visando melhorar a condição da qualidade da água que conseqüentemente irá retornar ao processo inicial de tratamento, reduzindo assim, grandes cargas de metais pesados e matéria orgânica.

## **2. Estação de Tratamento de Água do Passaúna**

A ETA Passaúna foi implantada em 05/08/1985, localizada a oeste da Região Metropolitana de Curitiba (PR), sendo um dos mais antigos sistemas de tratamento e abastecimento de água desta cidade, fornecendo água tratada para cerca de um terço da população.

A água tratada distribuída pelo Sistema de Tratamento "Passaúna" é captada na Bacia Hidrográfica Passaúna, formada pelo rio homônimo e seus afluentes, a montante do ponto de captação.

A Bacia Hidrográfica Passaúna abrange uma área de 43 km<sup>2</sup> que, após a construção da barragem, gerou 8,5 Km<sup>2</sup> de área total inundada, com área total de contribuição de 153 Km<sup>2</sup>.

Este sistema de tratamento foi projetado de forma modular, onde cada módulo possui quatro decantadores, seis filtros e um floculador hidráulico. Os módulos têm capacidade para tratar 600 L/s, sendo que os quatro módulos têm conferem capacidade de tratamento de 2400 L/s nesta ETA.

Nesta ETA, o sistema de tratamento é convencional, ou seja, após a captação é adicionada sulfato de alumínio à água,

passando pelo tanque de coagulação com agitação rápida (onde o coagulante - sulfato de alumínio reage rapidamente com as impurezas) e, posteriormente pela floculação com agitação lenta (sendo que neste processo os flóculos se formam e aumentam de tamanho).

Após estas fases a água segue para os decantadores onde as partículas sólidas decantam por gravidade e a água clarificada passa para a fase de filtração. Então, a água segue para a câmara de contato com a adição de flúor para em seguida ser distribuída para a população já tratada e própria para consumo.

### **3. Materiais e métodos**

A tecnologia proposta de contenção e desidratação de lodo na ETA Passaúna, visando à redução dos impactos ao meio ambiente e custos, consistiu no seu armazenamento em unidades de GEOBAG®, o qual foi monitorado junto com a técnica convencional de tratamento por centrifugação para comparação.

#### **3.1. Unidades de GEOBAG®**

O GEOBAG® é um contêiner flexível, fabricado com geotecido de polipropileno de alta resistência (ver Figura 01), com minúsculos poros que funcionam como elemento de contenção, resultando numa desidratação natural com efetiva redução do volume de água.

Após a lavagem dos decantadores, o lodo é encaminhado à caixa de equalização de 500 m<sup>3</sup>, após o adensador. Este, que possui um raspador no fundo, homogeneiza o sólido. O lodo adensado é bombeado para o GEOBAG® por meio de bombas do tipo deslocamento positivo, sem passar pela centrifugação, para permitir a comparação.

Uma solução de polímero é injetada na tubulação da descarga. O lodo desaguado é depositado na célula GEOBAG® e contido até a sua desidratação, e a água clarificada retorna ao tratamento inicial da ETA, após passar pela caixa de equalização de 300 m<sup>3</sup>. O lodo desidratado, com considerável redução de volume é encaminhado para aterro sanitário.

Esta redução de volume permite que cada unidade GEOBAG® possa ser preenchida por enchimentos sucessivos, até que o volume disponível seja quase inteiramente ocupado pela fração sólida existente no rejeito.

Todo o processo ocorre sob condições sanitárias controladas, com total ausência de odores, derramamentos ou riscos de proliferação de quaisquer tipos de vetores ou insetos.

O GEOBAG® foi estrategicamente posicionado próximo ao adensador a fim de facilitar o recebimento do lodo.

A sua operação foi de duas horas diárias, durante os 60 dias, pois, a vazão de tratamento era superior à capacidade do GEOBAG® utilizado, para os fins desta pesquisa, em escala de teste-piloto.



Figura 1 – Vista da célula de GEOBAG®.

### **3.1.1. Sistema de Polimerização**

Para permitir a floculação dos sólidos contidos no lodo e facilitar a drenagem do excesso de água, facilitando a resistência específica à filtração, foi realizada adição de dois polímeros sintéticos, catiônico e outro aniônico.

Na ETA Passaúna o teor de sólidos presentes no lodo é da ordem de 2,8% estando dentro da faixa indicada pela literatura técnica que varia de 0,1 a 4%.

O floculante promove a separação de vários particulados, ou seja, quase completa dos sólidos e da água, proporcionando uma filtração excelente e ideal para utilização de GEOBAG®.

### **3.2 Procedimentos de verificação**

Para verificar a eficiência da utilização das unidades de GEOBAG® em relação ao tratamento convencional por centrifugação, foi realizado monitoramento diário de pH, cor, turbidez, alumínio, ferro, manganês, SS (Sólidos Sedimentáveis), SF (Sólidos Fixos), SV (Sólidos Voláteis) e SST (Sólidos Suspensos Totais), durante os 60 dias de operação na água percolada do GEOBAG® e da centrífuga da ETA Passaúna.

As análises de DQO (Demanda Química de Oxigênio) foram efetuadas duas vezes por semana e DBO<sub>5</sub> (Demanda Biológica de Oxigênio) uma vez por semana.

Logo ao término da utilização do GEOBAG®, houve acompanhamento dos sólidos totais por um mês, para traçar o gráfico e obter o percentual de sólidos contidos no mesmo.

## **4. Resultados e discussões**

Entre os dias 28/06/2006 e 26/08/2006, foi monitorada a qualidade da água percolada do GEOBAG® e da centrífuga na ETA Passaúna para os parâmetros apresentados no item 3.2.

Por se tratar de uma célula com micro poros, com tratamento através de filtração com camadas de BIDIM®, o percolado do GEOBAG® mostrou uma quantidade de cor, turbidez e sólidos sedimentáveis menor que a do percolado da centrífuga, conforme observados, respectivamente, nos gráficos 1, 2 e 3.

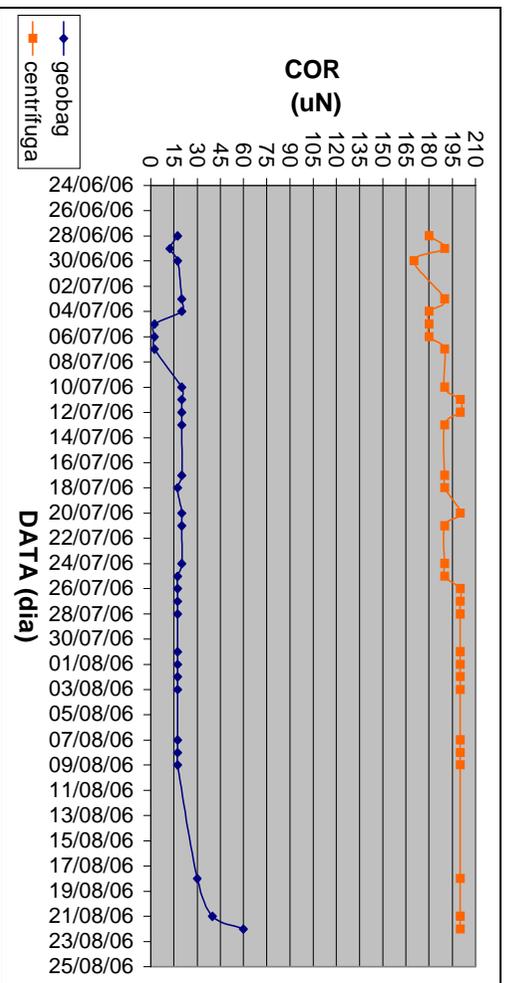


Gráfico 1 – Monitoramento da Cor do efluente após adensamento por centrifugação e no GEOBAG®.

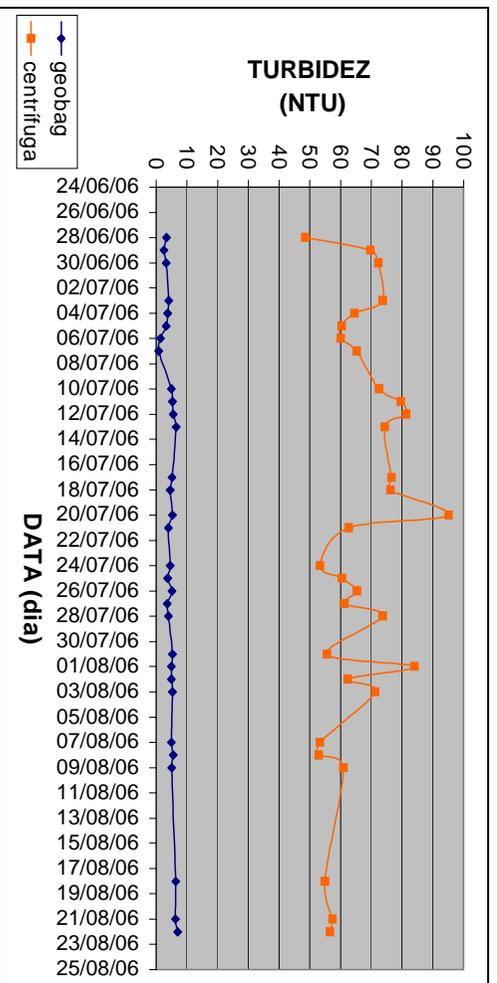


Gráfico 2 – Monitoramento da Turbidez do efluente após adensamento por centrifugação e no GEOBAG®.

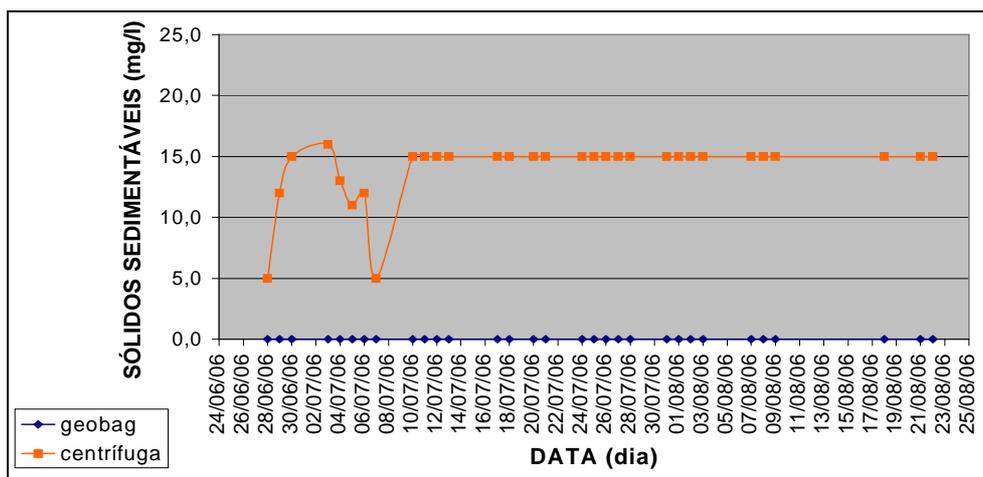


Gráfico 3 – Monitoramento dos Sólidos Sedimentáveis no efluente após adensamento por centrifugação e no GEOBAG®.

A turbidez da água percolada do GEOBAG® apresentou resultados constantes, do início ao fim do processo. Sucesso este decorrente da eficiência da filtração pela brita e BIDIM®. A média dos valores obtidos nas análises é de  $4,58 \pm 1,38$  mg/L. O percolado da centrífuga oscilou em alguns dias, devido à concentração dos metais, manganês e ferro, presentes na água de lavagem dos decantadores. A média dos valores obtidos nas análises da centrífuga foi de  $66,24 \pm 10,79$  mg/L. Os resultados do monitoramento são observados no Gráfico 01.

Na análise de cor do GEOBAG® se observa pequeno acréscimo ao final da pesquisa, em decorrência da sobrecarga de material orgânico, proveniente da injeção do lodo na célula, ocorrendo uma diminuição da eficiência no filtro de brita e BIDIM®. A média dos valores obtidos nas análises foi de  $19,20 \pm 10,20$  mg/L para o monitoramento do GEOBAG e de  $193 \pm 8,32$  mg/L para o monitoramento dos efluentes da centrífuga. Esta última apresenta pouca variação, conforme Gráfico 02.

Os valores praticamente nulos e a estabilização de SS da água percolada do GEOBAG® são corroborados pelos baixos valores dos parâmetros de cor e turbidez, parâmetro diretamente proporcional a estes dois (Gráfico 03).

Para este parâmetro, a água da centrífuga não passa por um processo de filtração, sofrendo apenas pequenas oscilações, porém, com valores mais elevados, decorrentes da variação da quantidade de matéria orgânica no lodo adensado. A média dos valores obtidos nas análises foi de  $14 \pm 2,63$  mg/L, sendo observada a estabilização da água após o dia 10/07/2006 como mostra o Gráfico 03.

O tratamento por GEOBAG®, por se tratar de uma célula de contenção onde o material sólido é retido e a água é percolada, reflete no aumento de matéria orgânica na água percolada, por concentração, o que provoca o aumento direto do parâmetro

Manganês, conforme aumento constante verificado no Gráfico 04. A média dos valores obtidos nas análises no parâmetro Manganês da água percolada do GEOBAG® foi de  $4,54 \pm 1,38$  mg/L.

Este aumento nos valores de Manganês não é verificado na água da centrífuga (Gráfico 04), onde a média dos valores obtidos nas análises foi de  $66,24 \pm 10,79$  mg/L, este sendo um valor atípico registrado no dia 21/07/2006, devido à qualidade da água adensada do processo de lavagem dos decantadores.

O parâmetro Alumínio registrou oscilação em alguns dias para as análises realizadas no GEOBAG®, mas, praticamente se manteve estável durante toda a pesquisa, com valores em torno de 0,02 mg/L. A média dos valores obtidos nas análises foi de  $0,11 \pm 0,17$  mg/L. O mesmo aconteceu na centrífuga, que a partir de 27/07/2006 se estabilizou em 0,80 mg/L (Gráfico 05). A média dos valores obtidos nas análises foi de  $0,62 \pm 0,18$  mg/L.

As análises de Ferro do percolado do GEOBAG® (exceção do dia 01/08/2006, com pico atípico) continuaram praticamente constantes por todo o período de operação, sendo que nos últimos dias, se observa um pequeno acréscimo, provavelmente devido à saturação do filtro, como mostra o Gráfico 06. A média dos valores obtidos nestas análises foi de  $1,17 \pm 2,08$  mg/L.

As análises de Ferro da centrífuga não apresentaram valores de estabilização, pela variação da água adensada (Gráfico 06). A média dos valores obtidos nas análises foi de  $3,48 \pm 1,59$  mg/L.

Por conta da saturação do filtro da caixa onde está localizada a célula de GEOBAG®, as análises de DQO e DBO não apresentaram valores de estabilização no processo (Gráficos 07 e 08, respectivamente).

Como a água da ETA Passaúna apresenta pouca variação, (Gráficos 07 e 08), devido sua procedência de barragem, os valores de DQO e DBO da centrífuga não tiveram grandes variações. A média dos valores obtidos no parâmetro DQO do GEOBAG® foi de  $89,9 \pm 44,13$  mgO<sub>2</sub>/L, e a média dos valores obtidos no percolado da centrífuga foi de  $137,6 \pm 17,70$  mgO<sub>2</sub>/L. A média dos valores obtidos no parâmetro DBO<sub>5</sub> do GEOBAG® nas análises foi de  $36,63 \pm 14,30$  mgO<sub>2</sub>/L, enquanto o percolado da centrífuga foi de  $56,46 \pm 11,89$  mgO<sub>2</sub>/L.

As curvas e variações dos resultados de pH nas amostras do GEOBAG® e da centrífuga estão de acordo com as características da água da barragem do Passaúna, que fica entre 7,7 e 8,0 (conforme monitoramentos realizados pela SANEPAR).

Com a adição de coagulantes, como o sulfato de alumínio, no processo de tratamento e polímeros para a coagulação no processo de retirada de lodo, este pH tende a diminuir, pois ainda possui íons de sulfato de alumínio que tem características ácidas.

Como apresentado no Quadro 1, o percentual de sólidos totais, em coleta logo ao término de funcionamento do GEOBAG®, foi de 6,47 mg/L e alcançou a estabilização no 10° (décimo) dia em torno de 10 mg/L.

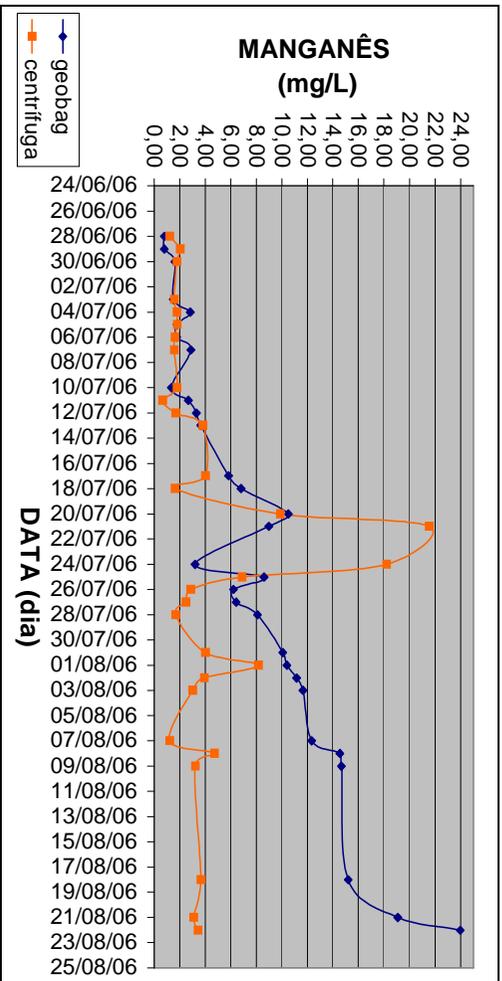


Gráfico 4 – Monitoramento do teor de Manganês no efluente após adensamento por centrifugação e no GEOBAG®.

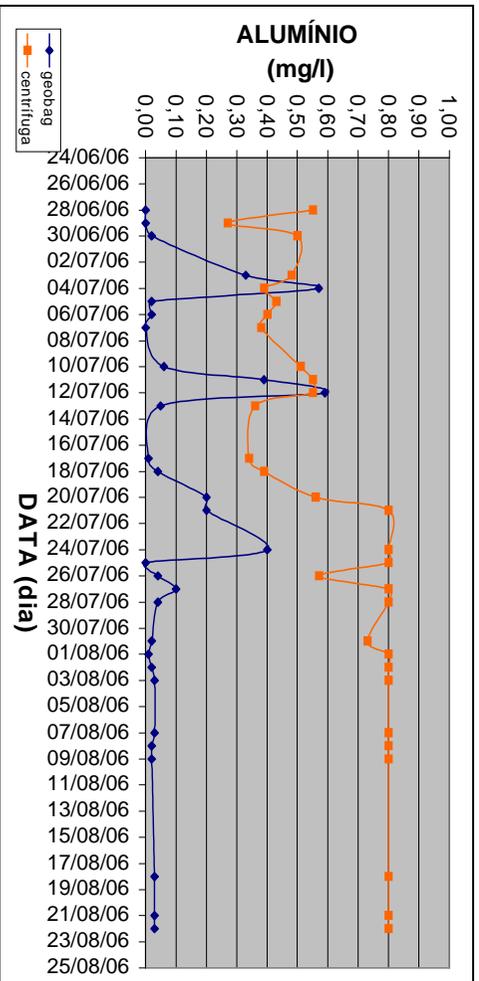


Gráfico 5 – Monitoramento de Alumínio no efluente após adensamento por centrifugação e no GEOBAG®.

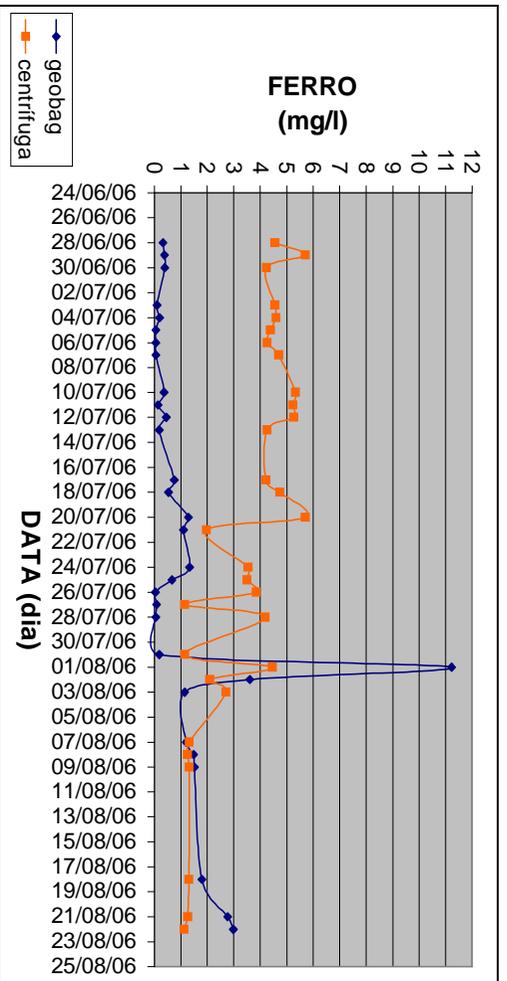


Gráfico 6 – Monitoramento de Ferro no efluente após adensamento por centrifugação e no GEOBAG®.

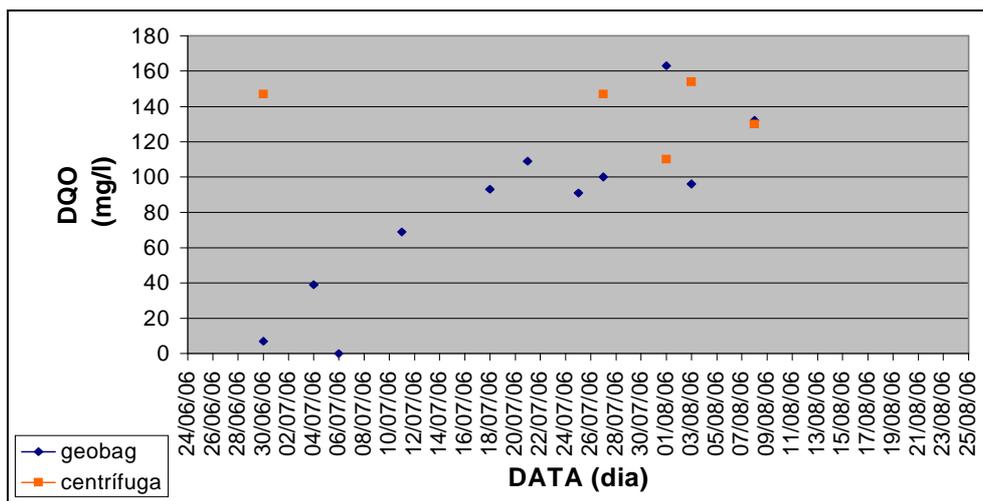


Gráfico 7 – Monitoramento de DQO no efluente após adensamento por centrifugação e no GEOBAG®.

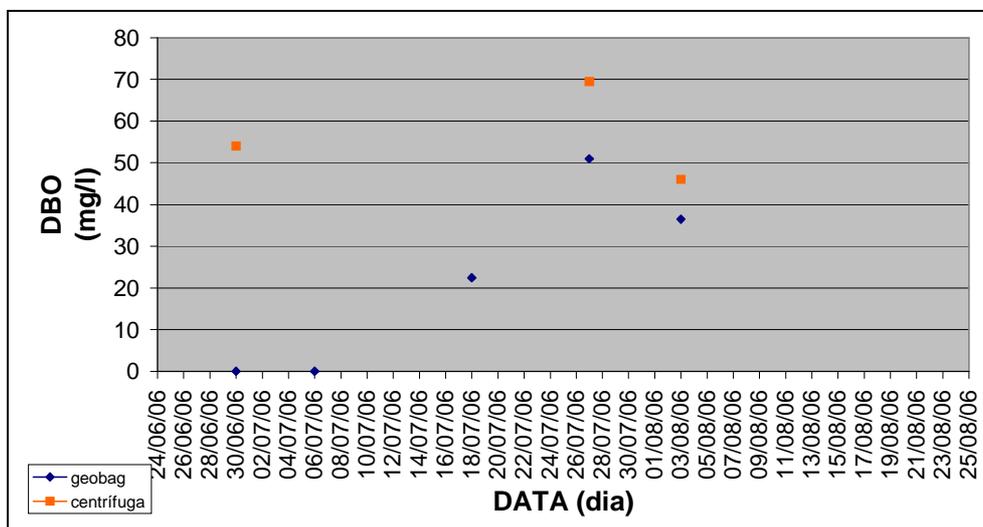


Gráfico 8 – Monitoramento de DBO<sub>5</sub> no efluente após adensamento por centrifugação e no GEOBAG®.

Data	Sólidos Totais %	Sólidos Voláteis %	Sólidos Fixos %
28/08/2006	6,47	2,78	3,69
30/08/2006	8,35	3,28	5,07
31/08/2006	7,11	3,11	4
01/09/2006	8,94	3,99	4,95
04/09/2006	9,37	3,9	5,47
05/09/2006	9,47		
06/09/2006	9,78		
07/09/2006	9,93		
08/09/2006	10,04		
11/09/2006	10,20		
12/09/2006	10,32		
13/09/2006	10,42		
14/09/2006	10,03		
03/10/2006	10,42		
04/10/2006	10,32		
05/10/2006	10,05		

Quadro 1 - Resultados dos sólidos do processo de desidratação do lodo na célula GEOBAG®.

## 5. Conclusões

A qualidade da água percolada do GEOBAG® apresentou melhores resultados nos parâmetros: cor, turbidez, Fe, Al, DQO e DBO<sub>5</sub>, fato este devido ao tipo do processo passar por uma filtração composta por uma camada de brita e outra de BIDIM®.

Ao longo do processo, observou-se também um acréscimo nas concentrações de Mn, Fe, e Al na água percolada do GEOBAG®, devido ao acúmulo gradativo de lodo adensado no mesmo. Como a água filtrada que sai do GEOBAG® retorna à calha *parshall*, no início do processo, isto pode provocar um aumento no residual destes metais no tratamento.

Com a utilização do GEOBAG®, se obtiveram reduções: (i) no custo de energia elétrica, por sua desidratação ser natural, ou seja, sem consumo de energia; (ii) no custo da mão-de-obra (manutenção) por se tratar de um sistema simplificado que não envolve o funcionamento de equipamento centrifugador para desidratação e; (iii) no consumo de polímero para coagulação e secagem do lodo, que reduziu aproximadamente 60% em relação ao processo centrifugado, mostrando-se uma alternativa mais eficiente e conseqüentemente mais econômica.

Para que o sistema de tratamento por GEOBAG® tenha a mesma eficiência no que se refere à capacidade de produção/dia de lodo em relação à centrifugação, há a necessidade de uma área considerável para sua instalação, o que comprometeria o seu uso em estações com pouco espaço físico.

Com a redução da turbidez e da cor, e conseqüentemente dos sólidos sedimentáveis, ocorre acréscimo do lodo a ser destinado, com o tratamento através do GEOBAG®, então, há necessidade de se considerar a destinação final desse lodo.

Deve-se também avaliar em maior grau as características físico-químicas da água de entrada na ETA, principalmente quando se faz necessário o maior aporte de Sulfato de Alumínio (coagulante) no processo de tratamento, aumentando assim o residual na água percolada de ambos os tratamentos.

## Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 10.004**: Resíduos Sólidos - classificação. Rio de Janeiro 2004 (a)

BARBOSA, Rosana Maria. **Avaliação do impacto de lodos em estações de tratamento de água à biota aquática através de estudos eco toxicológica**. 2000. Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CARDOSO, Fernanda A. **Caracterização do lodo da estação de tratamento de água Rio pequeno e destinação final**. Curitiba, 2004.

CORDEIRO, João Sérgio. Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETA's. In: REALLI, Marco Antônio Penalva (Coord.). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estação de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES 1999. Cap. 5.

DVORAK, Marcos Aurélio. **Reaproveitamento da água de lavagem de filtros e decantadores da ETA Passaúna**. Monografia - SPEI, Curitiba 2004.

HOPPEN, Cinthya. **Reciclagem de lodo de ETA centrifugado na construção civil, método alternativo para preservação ambiental**. 2004. Dissertação – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LEME, Francilio Paes. **Teoria e técnicas de tratamento de água**. São Paulo: CETESB, 1979.

RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M. de Azevedo. **Tratamento de água: Tecnologia atualizada**. 4. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1991

RICHTER, Carlos A. **Tratamento de lodos em estações de tratamento de água**. São Paulo: Edgar Blücher, 2001.

SCHUCHARDT, Wagner et al. Lodo de ETA. In: ZARPELLON, Agenor (Coord.). **Subsídios para o encaminhamento de ações para equacionamento do passivo ambiental**. Curitiba, v. 1, nov. 2003. Estudo e descritivo realizados pela USPD, SANEPAR.

VIANNA, Marcos Rocha. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. 3. Ed. Belo Horizonte: Imprimatur Artes, 1997.