



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

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

II-042 – INFLUÊNCIA DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DOS FILTRADOS SOBRE A RESISTÊNCIA ESPECÍFICA À FILTRAÇÃO DE LODOS DE ETE's CONDICIONADOS COM POLIELETRÓLITOS

Walace Marcelino Braga

Licenciado em Química pela Universidade Federal do Espírito Santo (1996), Prof. do Centro Biomédico da UFES e da Escola de Medicina Santa Casa de Misericórdia – EMESCAM-Vitória, ES. Mestrando em Engenharia Ambiental na UFES.

Ricardo Franci Gonçalves⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Sanitarista – UERJ (1984), Pós-graduado em Eng. de Saúde Pública - ENSP/RJ (1985), DEA - Ciências do Meio Ambiente - Univ. Paris XII, ENGREF, ENPC, Paris (1990), Doutor em Engenharia do Tratamento e Depuração de Água – INSA de Toulouse, França (1993), Prof. Adjunto do DHS e do PMEA - UFES.

Endereço⁽¹⁾: Av. Fernando Ferrari, s/n – Goiabeiras – Vitória – ES – Brasil - CEP.: 29060-970 – Caixa Postal: 01-9011 - Telefax.: (027) 3335-2165 / Tel: (027) 3335-2857

 franci@npd.ufes.br -

PALAVRAS-CHAVE: Desidratabilidade de Lodos; UASB; Condicionamento, Polieletrólitos; Reologia; Resistência Específica à Filtração.

INTRODUÇÃO

Nos processos de separação sólido- líquido podem ser evidenciados, de acordo com o movimento das fases, duas situações: O sólido se move através do fluido em repouso, ou fluido se move através de uma fase sólida estacionária. Na centrifugação, verifica-se o primeiro tipo de evento, enquanto, na filtração, alvo principal deste trabalho, o segundo.

Quando se força a suspensão contra um leito poroso, parte do sólido fica retida sobre esse meio, formando um depósito denominado torta, e cuja espessura vai aumentando no decurso da operação. O campo específico de atuação da filtração é a separação de sólidos relativamente puros ou o alto nível de clarificação de um fluido, a partir de suspensões diluídas. Ao contrário do que, a princípio se pensa, os poros do meio filtrante não necessitam ter, obrigatoriamente, diâmetros menores do que as partículas do que o das partículas suspensas. Os canais do meio filtrante geralmente não são retilíneos, restando, já no início do processo, algumas partículas a partir da formação da torta. Esta, por sua vez, é que será o verdadeiro leito poroso filtrante.

As primeiras porções do filtrado são, assim, geralmente turvas. As características da torta variam com o tipo de partículas suspensas e com as condições gerais da filtração, sendo que a resistência oferecida ao escoamento do filtrado varia ainda com a espessura da mesma. Se a vazão de filtrado aumenta, essa resistência também deve aumentar e, considerando o escoamento do fluido como laminar, a queda de pressão (perda de carga) deveria aumentar linearmente com a taxa de filtração. Esse comportamento ideal denomina-se incompressibilidade, muito embora não seja o que se observa quando as partículas em suspensão são flocculentas ou gelatinosas, e não perfeitamente cristalinas. Sendo assim, a resistência ao fluxo aumenta mais rapidamente do que a velocidade do escoamento, determinando uma relação que não será de primeira ordem entre essas grandezas. Dessa forma, a literatura preconiza a utilização de auxiliares de filtração, que funcionam como uma espécie de esqueleto incompressível, entre a torta e o leito filtrante original. São muito utilizados: terras de infusórios, terra fuller, areia fina, diatomita, amianto, gesso e carvão, entre outros.

A força resistiva ($\vec{m}$) ou resistência específica à filtração (REF), clássico parâmetro utilizado na avaliação da desidratabilidade de suspensões e, em particular, dos lodos de ETE's, tem a seguinte equação constitutiva, de acordo com os experimentos mais recentes, desde o pioneiro trabalho de Henry Darcy, 1856:

$$\vec{m} = \frac{\eta}{k} \left[1 + \frac{c\rho\sqrt{k}\|\vec{q}\|}{\eta} \right] \vec{q} \quad (1),$$

onde: η é a viscosidade, newtoniana, do fluido, enquanto, k (definido como a permeabilidade, dimensão de L^2) e c (adimensional), são parâmetros que dependem apenas de fatores estruturais da matriz porosa, quando não ocorrem interações físico-químicas entre esta e o fluido (Massarani, 1997).

Na situação em que o escoamento do fluido pela matriz porosa é lento, $\frac{c\rho\sqrt{k}\|\vec{q}\|}{\eta} \ll 1$, a função quadrática expressa

pela equação 4 recai na forma linear $\vec{m} = \frac{\eta}{k} \vec{q}$ (2), muito conhecida como Lei do Escoamento de Darcy.

Por fim, Coackley e Jones (1956), derivaram uma equação, a partir do trabalho de Carman (1933), de adaptação da Lei de Darcy para a filtração, em especial à vácuo, definindo a resistência específica à filtração, (R), conforme:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P A}{L} \cdot \frac{1}{\eta R} \quad (3),$$

onde:

dV/dt = Vazão;

ΔP = Diferença de pressão no sistema;

A = Superfície do meio filtrante;

L = Espessura do meio filtrante;

η = Viscosidade do fluido e

R = Resistência Específica à Filtração (REF).

A extensão das equações 4 a 6 para o escoamento de uma classe de fluidos não- newtonianos pode ser feita substituindo η pela viscosidade efetiva, ou seja, o quociente entre a função tensão de cisalhamento, $\tau(\gamma)$, e γ , a taxa de cisalhamento, $\frac{\tau(\gamma)}{\gamma}$. Nesse aspecto reside a influência da reologia do fluido (filtrado) sobre a filtrabilidade, isto é, a aptidão ao desaguamento pelo processo de filtração.

O trabalho procurou avaliar o comportamento reológico de filtrados originados do condicionamento com polieletrólitos de lodos de uma ETE do tipo UASB+BF e descrever a sua influência sobre a resistência específica à filtração (REF), na forma da sua função tensão de cisalhamento, $\tau(\gamma)$, aplicada esquema de Coackley e Jones.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta das amostras de lodo - Coleta das amostras de lodo

O lodo utilizado nesta pesquisa foi obtido em uma ETE capacidade para 1000 habitantes, que trata esgotos sanitários em um reator anaeróbio do tipo manta de lodo (UASB) seguido de uma etapa de pós-tratamento a base de biofiltros aerados submersos (tabela 1). O lodo de descarte da etapa aeróbia desta ETE é enviado para adensamento e digestão no

próprio UASB. As amostras foram coletadas a partir do fundo do reator UASB. As características médias das amostras de lodo utilizadas encontram-se descritas na tabela 2.

Tabela 1: Características da ETE UFES

DADOS	UASB + BF
População (hab)	1000
Q médio (l/s)	1,0
Área (m ²)	5,3
Altura útil (m)	5,3
Volume (m ³)	26,0
TDH (horas)	8,0

Tabela 2 : Características do lodo UASB + BF

Tipo de lodo	PH	SS (%)	SV(%)
Lodo UASB	6,4 – 6,6	4 – 6	55 – 64

Preparação das soluções de polímeros e de lodo condicionados com polímeros

Conduziu-se segundo a Water Environment Research Foundation; Guindace Manual for Polymer Selection in Wastewater Treatment Plants (1993). Utilizou-se poliacrílamidas tipo catiônico, aniônico e não-iônico.

Testes com funil de Buchner (Resistência Específica à Filtração - REF)

O procedimento do teste segundo Adams, Ford e Eckenfelder Jr (1981).

Viscosimetria dos filtrados de lodos condicionados com polímeros

As medidas de viscosidade se deram pelo Reo – Viscosímetro de queda de esfera HAAKE – KD 2.1 ,em sala climatizada a $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, de acordo com a metodologia indicada pelo fabricante.

Sólidos totais (ST) em amostras de lodo brut

A concentração de sólidos das amostras foi determinada acordo com as metodologias propostas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 19th Edition (1995), p.2-57 (2540-E).

RESULTADOS

Reogramas obtidos dos testes de viscosimetria dos filtrados a partir dos lodos condicionados com polieletrólitos não-iônico, aniônico e catiônico, na dosagem de 4 kg / ton de sólidos:

Os resultados obtidos na pesquisa indicam uma boa correlação entre os três parâmetros (CST, REF e Viscosidade Aparente). Grande similaridade de resultados obtidos pela viscosimetria, em relação aos métodos clássicos de TSC e REF foi observada. Considerando que a viscosidade dos filtrados após o condicionamento deve-se, principalmente, à estabilização das partículas coloidais por efeito eletroestérico e, ao excesso de polímero livre após a dosagem ótima, pode-se concluir que, entre os polímeros utilizados nesse trabalho, o mais hidrofílico é o aniônico. Tal fato é devido às elevadas densidades de carga negativa em suas moléculas, resultando em um maior inchamento no meio aquoso, o que aumenta a viscosidade do filtrado, tanto antes, quanto após a melhor dosagem. Devido à carga superficial negativa apresentada pelas partículas, o polímero catiônico exerce efeito de desestabilização coloidal mais intenso, pela drástica

diminuição do potencial zeta. Isso resulta em um sistema altamente floculado, com um menor teor de sólidos no filtrado. Outro fator contribuinte para a menor viscosidade, mesmo quando há excesso do polímero livre (após o ponto ótimo) é o menor caráter hidrofílico desse polímero, geralmente hidrolizados apenas parcialmente. Os pesos moleculares estão em uma mesma ordem de grandeza, por isso, não deve ser um fator determinante para os resultados obtidos.

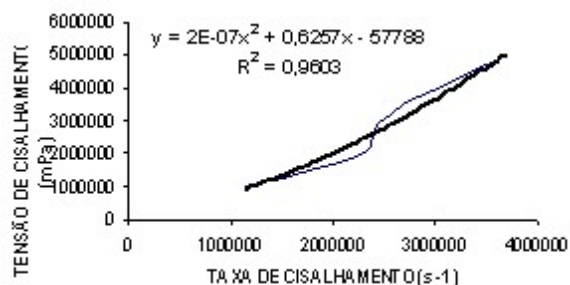


Figura 1 – Reograma do filtrado condicionado com polímero catiônico

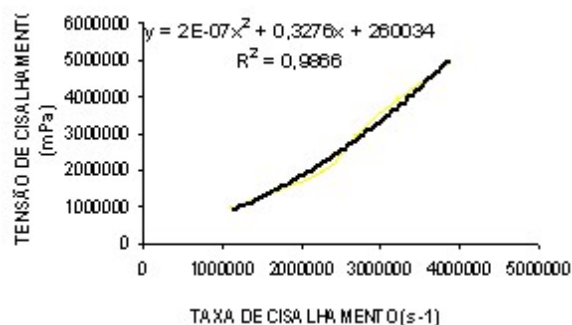


Figura 2 – Reograma do filtrado condicionado com polímero não-iônico.

A análise dos reogramas mostrados nas figuras 1 e 2 sugerem um método de comparação da eficiência dos referidos polieletrólitos como auxiliares do desaguamento de lodos. Algumas observações podem ser ressaltadas:

- A dosagem que melhora a aptidão ao desaguamento é aquela que aumenta a taxa de cisalhamento em relação ao controle (lodo bruto), em uma mesma tensão de cisalhamento.
- A dosagem ótima depende da tensão de cisalhamento imposta no processo de desaguamento e corresponde àquela que mais eleva a taxa de cisalhamento, em relação ao lodo bruto, a uma mesma tensão aplicada.
- O polímero catiônico foi o que apresentou maior elevação da taxa de cisalhamento, requerendo a menor tensão e na menor concentração de polímero. Evidencia-se, portanto, como o melhor condicionante.

Dados a respeito da reologia de filtrados de lodos condicionados são ainda escassos ou inexistentes na literatura. Os resultados obtidos neste trabalho sugerem uma inflexão no reograma, na dosagem ótima. Os resultados mostram que essa inflexão é mais acentuada para o polímero de melhor desempenho como auxiliar na desidratação, caracterizando o fluido resultante do desaguamento como mais próximo do comportamento newtoniano, isto é, da água pura. Essa observação fica mais clara na análise das curvas de viscosidade versus taxa de cisalhamento, tal como a apresentada na figura 3.

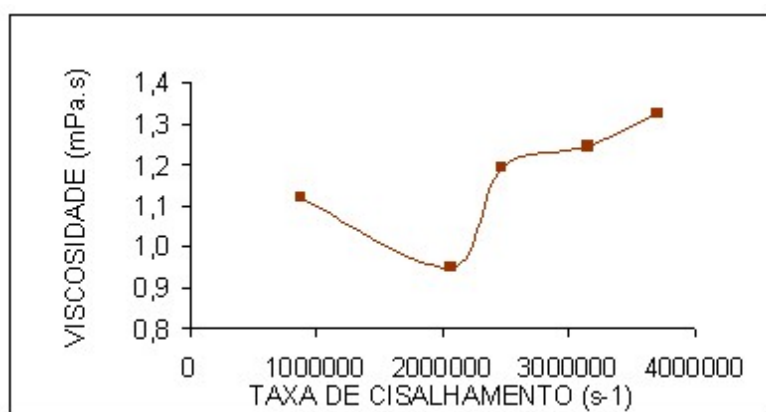


Fig 3 - Variação da viscosidade do filtrado condicionado com polímero aniônico com a taxa de cisalhamento

CONCLUSÃO

Uma caracterização reológica para o filtrado originado em operações de condicionamento de um lodo de ETE foi evidenciada neste trabalho.

Os resultados obtidos mostram que o modelo de Coackley-Jones se parece se aplicar muito bem aos filtrados condicionados com polímero. Grande similaridade foi encontrada entre as curvas de REF e viscosidade versus dosagem de polímero. Evidencia-se, ainda, menor grau de interação deste com a água em relação aos outros polímeros testados. Entretanto, um acentuado desvio foi observado no comportamento dos filtrados condicionados com polímero aniônico em relação ao referido modelo.

Parece razoável estabelecer uma correlação para o controle da REF pela vazão imposta ao sistema. Esta última, mantidas as demais condições operacionais determina a taxa de cisalhamento. Estudos no sentido de avaliar a influência das características da torta sobre a resistência à filtração são requeridos em complemento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PROSAB pelo financiamento de parte da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHE, D.H. and PAPAVALOPOULOS, E.N. (1999) – Viscous behaviour of sludge centrate in response to polymer conditioning –Water Res.Vol.34, nº1,pp. 354-358– Elsevier Science Ltd- PII : s0043-1354(99)00143-8

BUTTERWORTHS MONOGRAPHS IN CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING - Solid-Liquid Separation- Butterworth & Co Ltd, 1981-pp.242-263.

LEE, D.J. and WANNING, C.H. (2000)- Theories of Cake Filtration and Consolidation and Implications to Sludge Dewatering- Water Res.,34, pp. 1-20.

MASSARANI, G. – Fluidodinâmica em Sistemas Particulados- Ed. UFRJ, 1997- pp. 79-96.