



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

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

II-043 – CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DOS LODOS GERADOS EM UM REATOR UASB TRATANDO ESGOTO SANITÁRIO E LODO AERÓBIO DE DESCARTE

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.

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.

Endereço⁽¹⁾: Av. Fernando Ferrari, s/n – Goiabeiras - Vitória - ES - CEP: 29060-970 - Brasil – Caixa postal: 01-9011-
Tel: (27) 3335-2857/ (27) 3335-2165

 franci@npd.UFES.br

PALAVRAS-CHAVE: Lodos UASB+BF; Reologia; Viscosimetria Cinemática; Reometria Rotacional.

RESUMO

A maioria das estações de tratamento encontra-se trabalhando acima de sua capacidade e requerendo um aumento de vazão em função da demanda que aumenta dia após dia. Uma grande parte dessas estações utiliza tradicionalmente o sulfato de alumínio como coagulante primário e poucas vezes usam algum tipo de polímero como auxiliar de floculação. Na escolha desses produtos nem sempre a qualidade da água a ser tratada é levada em consideração. Procurando atender aos padrões de qualidade exigidos e a sobrecarga que muitas vezes é inevitável, observa-se que em cada caso haverá um coagulante e/ou um auxiliar de floculação mais adequado a essas situações. De posse de tal constatação, faz-se necessário que se investigue em laboratório por meio novas metodologias, os vários produtos que aplicados à água bruta possibilitam obter água tratada com qualidade, em quantidade satisfatória, visando sempre o menor custo.

Sendo assim, o presente trabalho vem relatar um estudo realizado em uma estação de tratamento de água projetada para a vazão nominal de 120 L/s porém, funcionando com 158 L/s, apresentando por esse motivo, água decantada com altos valores de turbidez e cor, o que sobrecarrega os filtros.

Os estudos realizados nessa estação resultaram não só a melhoria da qualidade da água decantada e filtrada como também possibilitou o aumento de sua capacidade com razoável economia dos produtos químicos que atuam na coagulação. A estação trata atualmente a vazão de até 280 L/s, mantendo a qualidade da água conforme os padrões exigidos pela portaria 36/GM, de 1990.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Floculação.

INTRODUÇÃO

Diversas etapas que compõem o gerenciamento dos lodos produzidos em estações de tratamento de esgotos dependem do seu comportamento como fluido, pasta ou sólido. Este comportamento exerce influência importante no desempenho, por exemplo, de sistemas de bombeamento e tubulações, nos processos de mistura, nas transferências de massa e calor durante os processos de digestão e no condicionamento com polímeros (Moeller e Torres, 1997).

Nesse sentido, o estudo das características reológicas de lodos gerados em estações de tratamento de esgoto é uma tendência relativamente recente, e tem se mostrado uma ferramenta muito eficiente no controle dos processos de manejo (Slatter, 1997). A caracterização reológica dos lodos é recomendada como etapa prévia ao projeto de sistemas de bombeamento e escoamento por tubulações. A caracterização do regime do fluxo como laminar ou turbulento (dada pelo número de Reynolds, Re_L), a queda de pressão (perda de carga, ΔP) e a taxa de cisalhamento na parede da tubulação ($\dot{\gamma}_L$) podem ser equacionados em termos dos parâmetros reológicos.

O estudo das características reológicas de lodos pode ser realizado através de uma grande variedade de métodos. Os reômetros rotacionais são os mais adequados para o estudo da reologia de lodos e sua relação com o teor de sólidos. Por outro lado, a utilização de viscosímetros cinemáticos de orifício pode revelar uma boa relação entre a viscosidade aparente e o teor de sólidos, sem, entretanto, revelar os parâmetros reológicos. Os lodos de ETE's freqüentemente apresentam comportamento tixotrópico, o que deve ser considerado quando se utiliza esse último equipamento.

O trabalho procurou caracterizar a reologia do lodo produzido em um reator anaeróbio de fluxo ascendente – UASB, digerindo lodo aeróbio de descarte e correlacionar os seus parâmetros reológicos com aspectos de bombeamento e fluxo por tubulações e com o teor de sólidos. Outro objetivo foi desenvolver uma metodologia adequada para a correlação entre a viscosidade cinemática desses lodos e o teor de sólidos (ST). Vale ressaltar que dados a respeito da reologia de lodos UASB + BF's são ainda inexistentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

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.

Caracterização Reológica do lodo

Os ensaios para a caracterização reológica das amostras de lodo foram conduzidos pela geometria dos cilindros coaxiais, no sistema BROOKFIELD-DVII (LV) + REÔMETRO / SSA (ADAPTADOR PARA PEQUENAS AMOSTRAS)/Controlador de temperatura, de acordo com a metodologia indicada pelo fabricante. A interface com um PC e utilização do software Brookfield's Wingather permitiram o tratamento confiável dos dados.

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

Viscosimetria Cinemática do lodo

Os ensaios de viscosimetria cinemática foram conduzidos no viscosímetro COPO FORD nº4. A metodologia desenvolvida para a obtenção de dados confiáveis foi a seguinte:

Agitação de um volume de 500mL da amostra a 325 RPM por 120s $\pm$ 10s, sempre no mesmo agitador e em recipientes de idêntica geometria.

A Introdução da amostra no copo viscosimétrico, previamente nivelado, através dos dispositivos de ajuste de altura, no suporte do mesmo. O nível do fluido deve chegar até o limite da borda do copo. O orifício na parte inferior deverá estar obstruído.

Acionamento de um cronômetro enquanto se desobstrui o orifício, permitindo o início do fluxo. O observador deve manter a visão na altura do orifício do copo e o fluxo deve ser contínuo ao longo da contagem do tempo. Interrupção da contagem do tempo quando o fluxo se extinguir. Anotação do tempo (s). Por diluição, obtenção de suspensões com concentrações 2, 5, 10 e 20 vezes menores que a inicial, seguindo-se os mesmos procedimentos acima. Aplicação de uma curva de calibração para a obtenção dos valores de viscosidade cinemática (ν), em centistokes (cSt), obtida a partir de ensaios com fluidos newtonianos, ou fornecida pelo fabricante. OBS.: A viscosidade cinemática pode ser

convertida em dinâmica (η), em centipoises (cP), pela relação: $\nu = \frac{\eta}{\rho}$, onde, ρ , é a massa específica do fluido, em g/cm³.

Controle da temperatura: 25°C $\pm$ 0,5°C.

Teor de Sólidos Totais (ST)

De acordo com as metodologias propostas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 19th Edition (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Físico-Química

Os valores de densidade relativa situaram-se na faixa de 1,01 a 1,02, inferiores foram aos indicados por Ramaldes (2001) para Lodos UASB simples: densidade média 1,06 e teor de sólidos (ST) médio 6,3%. As diferenças observadas em relação aos dados obtidos por aquele pesquisador, para os lodos UASB simples, podem apresentar a influência da diferença nas profundidades dos pontos de coleta.

Tabela 5.1- Resultados obtidos para a caracterização dos parâmetros físico-químicos

AMOSTRA	DATA	pH	DENSIDADE relativa	ST (%)
1	07/01/01	6,51	1,01	4,47
2	09/01/01	6,44	1,01	4,51
3	11/01/10	6,42	1,02	5,23
4	14/01/01	6,75	1,01	5,05
5	16/01/01	6,55	1,02	4,49
6	18/01/01	6,5	1,01	4,82
7	21/01/01	6,48	1,01	5,65
8	23/01/01	6,61	1,01	4,97
9	25/01/01	6,46	1,02	4,45
10	28/01/01	6,48	1,01	4,65
NÚMERO DE ENSAIOS/ AMOSTRA		3	3	3
NÚMERO TOTAL DE ENSAIOS		30	30	30
MÉDIA		6,52	1,013	4,829
DESVIO PADRÃO		0,0975	0,00483	0,398

A análise da figuras 1 (e das demais similares obtidas com as outras amostras de lodo) indica uma boa relação do comportamento reológico das amostras com o modelo de plástico de Bingham.

A análise da figuras 1 (e das demais similares obtidas com as outras amostras de lodo) indica uma boa relação do comportamento reológico das amostras com o modelo de plástico de Bingham.

Entretanto, a análise das regressões log-log (Figura 2) sugere uma boa correlação com o modelo pseudoplástico de Ostwald (expoente da lei de potência ao redor de 0,5). O resumo desses resultados está apresentado Tabela 2. Em função do conjunto de resultados, pode se afirmar que o comportamento reológico das referidas amostras é melhor descrito pelo modelo pseudoplástico com tensão limite de cisalhamento (Herschell-Bulkely).

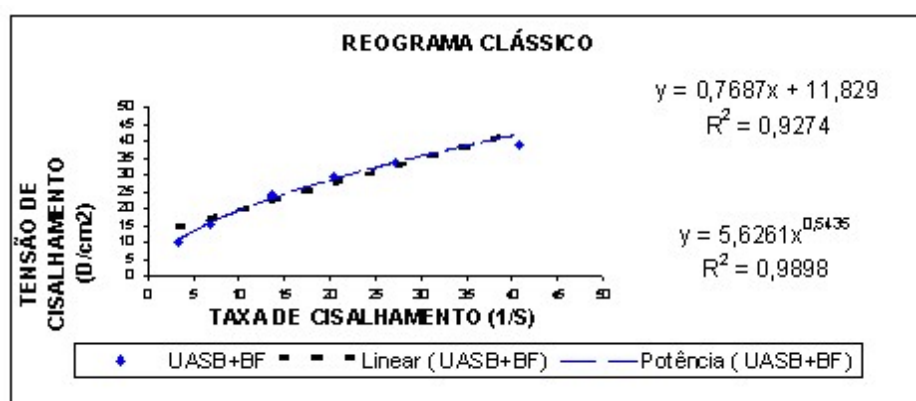


Figura 1 – Reograma Clássico, apresentando as regressões segundo os modelos de Bingham (LINEAR) e Herschel-Bulkley (POTÊNCIA)

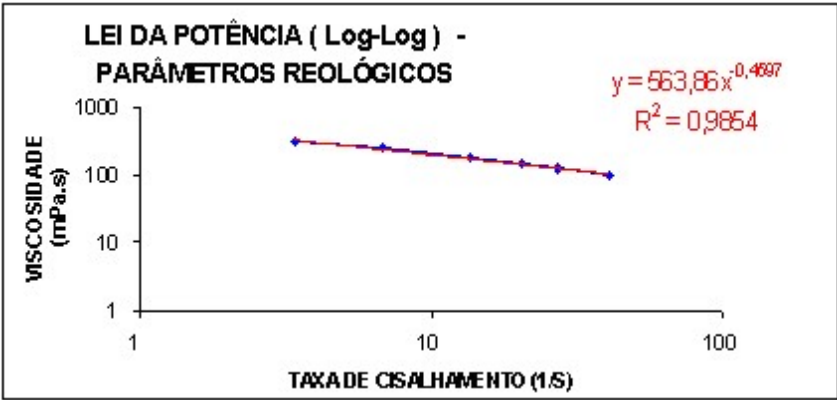


Figura 2 – Modelo da lei da potência e parâmetros reológicos (K= 564cP e n = 0,54)

Tabela 2 – Correlação dos dados obtidos para os lodos UASB+BF’s com modelos reológicos clássicos

AMOSTRA	SST (%)	Modelos Reológicos					
		BINGHAM (Plástico)			OSTWALD (Pseudoplástico)		
		τ_0 D/cm ²	η Pa.s	R ²	K Pa.s ⁿ	n	R ²
1	5,5	14,85	0,8448	0,9982	9,925	0,4056	0,9519
2	5,1	11,09	0,9151	0,9375	7,664	0,4614	0,8559
3	4,6	11,60	0,7485	0,9282	5,661	0,5388	0,9894
4	4,8	12,00	0,7585	0,9361	5,988	0,5273	0,9913
5	5,9	18,89	0,9104	0,9914	12,41	0,3836	0,9592

A correlação obtida entre o teor de sólidos e a viscosidade cinemática sugere uma possível estimativa do teor de sólidos do lodo UASB+BF’s, a partir do tempo de escoamento no Copo Ford (Figura 3) . Esta possibilidade é interessante no controle do processo de digestão dos lodos, como sugeriu o trabalho apresentado por Monteiro (1997), que correlacionou parâmetros reológicos com o teor de sólidos e o tempo de detenção em um reator anaeróbico.

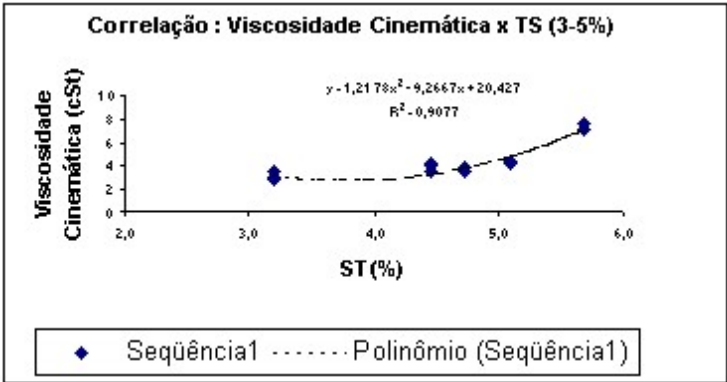


Figura 3 - Relação entre a viscosidade cinemática e o teor de sólidos (ST = 3 - 6%)

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que o comportamento reológico dos lodos gerados na ETE composta por reatores UASB e biofiltros aerados submersos concorda é melhor descrito pelo modelo pseudoplástico com tensão limite de cisalhamento (Herschell-Bulkely). A correlação dos parâmetros reológicos com o teor de sólidos se mostrou confiável, sendo que parece não haver modificação no comportamento geral do fluxo na faixa de concentração de sólidos com que esses lodos são gerados (ST = 5% ± 1%), nem significativa mudança nos valores dos referidos

parâmetros.

Os resultados de viscosimetria cinemática de copo Ford mostraram reprodutibilidade, o que é um indicativo de que a metodologia utilizada foi apropriada. Este trabalho mostra que o estudo reológico de lodos, segundo a metodologia descrita, pode se constituir em uma ferramenta rápida e com precisão adequada para controle do processo de digestão e para o projeto de instalações.

Referências bibliográficas

1. MOELLER,G.; TORRES,L.G.-Rheological characterization of primary and secondary sludges treated by both aerobic and anaerobic digestion- Bioresource Technology 61(1997) 207-211,Elsevier Sc. Ltd.
2. MONTEIRO, P.S.- The influence of the anaerobic digestion process on the sewage sludges rheological behaviour - Wat. Sci. Tech. Vol 36, nº 11, pp. 61 – 67, 1997.
3. SLATTER, P.T.- The Rheological Characterization of Sludges (1997)-Wat.Sci.Tech. vol 36, nº 11, pp. 1-8 – Pergamon 1997.
4. RAMALDES, Dalton Luis da Cunha. Estudo da Aptidão à Desidratação do Lodo Produzido em um Reator Anaeróbio do tipo UASB. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental : UFES-ES, 2001.