

IX-023 - AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DE UM FILTRO LENTO DE CARVÃO ATIVADO E UM FILTRO DE AREIA TRATANDO ÁGUA DA CHUVA

Maria Aparecida Silva Porfírio

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Curitiba (UTFPR).

Anna Carla Ribeiro⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão (UTFPR).

Johnata Henrique Rodrigues

Graduando em Engenharia Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Ponta Grossa (UTFPR).

Fernando Hermes Passig

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC-USP). Docente da Coordenação de Engenharia Ambiental e da Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão (UTFPR). Diretor de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão (UTFPR).

Karina Querne de Carvalho

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá – Campus Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC-USP). Docente da Coordenação de Engenharia Ambiental e da Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão (UTFPR).

Endereço⁽¹⁾: BR 369 - km 0,5- Campo Mourão - PR - CEP: 87301-006 - Brasil - Tel: (44) 3518-1434, e-mail: annacarlar@hotmail.com.

RESUMO

O emprego de filtros lentos na tratabilidade da água da chuva vem sendo cada vez mais amplo, fazendo-se necessário melhor conhecimento acerca do comportamento hidrodinâmico das unidades de tratamento. O objetivo desse artigo é avaliar o regime hidrodinâmico dos filtros lento de areia e carvão ativado em escala piloto tratando água da chuva coletada no câmpus Campo Mourão da UTFPR. Para isso foram realizados ensaios hidrodinâmicos em triplicata tipo pulso utilizando como traçadores eosina Y.

PALAVRAS-CHAVE: Detenção Hidráulica, Fenômeno de Cauda, Adsorção.

INTRODUÇÃO

O emprego de filtros lentos na tratabilidade da água da chuva vem sendo cada vez mais amplo o que implica na necessidade de melhor conhecer o comportamento hidrodinâmico dessas unidades para obtenção de melhores eficiências no tratamento de água.

Para conhecer o comportamento hidrodinâmico, estuda-se o tempo de detenção hidráulica (TDH) que é o tempo médio de permanência das moléculas de água em uma unidade de tratamento com alimentação de fluxo contínuo. Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), o tempo teórico de detenção (T_0) é obtido pela relação volume útil (V_u) e vazão afluente (Q_a).

Nesse tipo de ensaio, primeiramente é necessário escolher o tipo de traçador a ser usado, pois diversas substâncias podem ser utilizadas, dependendo da vazão afluente, tamanho das unidades de tratamento, qualidade da água e custo do produto. Além disso, fazer uma pesquisa prévia na escolha dos traçadores se faz necessário devido as características essenciais necessária para que o produto seja ideal, como: concentração na água consistentemente baixa e aproximadamente constante, ausência de reação com compostos presentes na água e facilidade na detecção e medição na água (DI BERNADO e DANTAS, 2005), uma vez que que alguns

traçadores têm características específicas que podem influenciar no momento da coleta de dados (DE NARDI et al., 1999 LOURENÇO e CAMPOS, 2009).

O presente artigo teve como objetivo avaliar o regime hidrodinâmico dos filtros lento de areia e carvão ativado em escala piloto tratando água da chuva coletada no câmpus Campo Mourão da UTFPR. Os ensaios hidrodinâmicos de estímulo-resposta tipo pulso foram realizados em triplicata com o traçador eosina Y.

MATERIAIS E MÉTODOS

O comportamento hidrodinâmico foi avaliado em dois filtros lentos confeccionados em PVC com 10 mm de diâmetro, 50 cm de altura e $0,00785 \text{ m}^2$ de área e $0,025 \text{ m}^3$ de volume. O recheio dos filtros era composto de carvão ativado e areia. Os filtros foram alimentados com água da chuva sintética simulando água da chuva real com turbidez média de 70 UNT e operados com vazão de aproximadamente 3 L/h, taxa de aplicação superficial de $3,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, TDH de 1,2 h. A alimentação dos filtros foi feita através de bomba dosadora solenóide da marca Prominent, modelo Comb 1201.

Os ensaios de estímulo-resposta (em triplicata) tipo pulso com eosina Y como traçador foram realizados com massas de 0,4 g diluídas em 20 mL de água destilada. Cada ensaio durou 8 h com intervalos de coleta de amostras do efluente dos filtros de 10 min. O método colorimétrico de leitura de absorbância foi aplicado para determinação da concentração do traçador nas amostras do efluente do filtro, com leituras dos comprimentos de ondas das amostras realizadas em espectrofotômetro Hach uv-vis, modelo DR/5000, com comprimento de onda de 516 nm para eosina Y.

O ajuste das curvas experimentais de distribuição do tempo de detenção hidráulica em função do tempo adimensional foi realizado com base nos modelos teóricos uniparamétricos de dispersão de pequena (PD) e de grande intensidade (GD) e de tanques em série (N-CSTR) de acordo com Levenspiel (2000). As curvas experimentais da variação de concentração do traçador ao longo do tempo ($C \times t$), foram normalizadas (área sobre a curva igual a 1) de acordo com Levenspiel (2000), resultando em curvas de distribuição do tempo de residência hidráulica (E_θ) em função do tempo adimensional (θ). Após a normalização, foi possível calcular a variância para cada ensaio (σ_θ^2).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 são apresentadas as curvas da variação da concentração do traçador eosina Y pelo tempo nos ensaios de estímulo-resposta no filtro de areia.

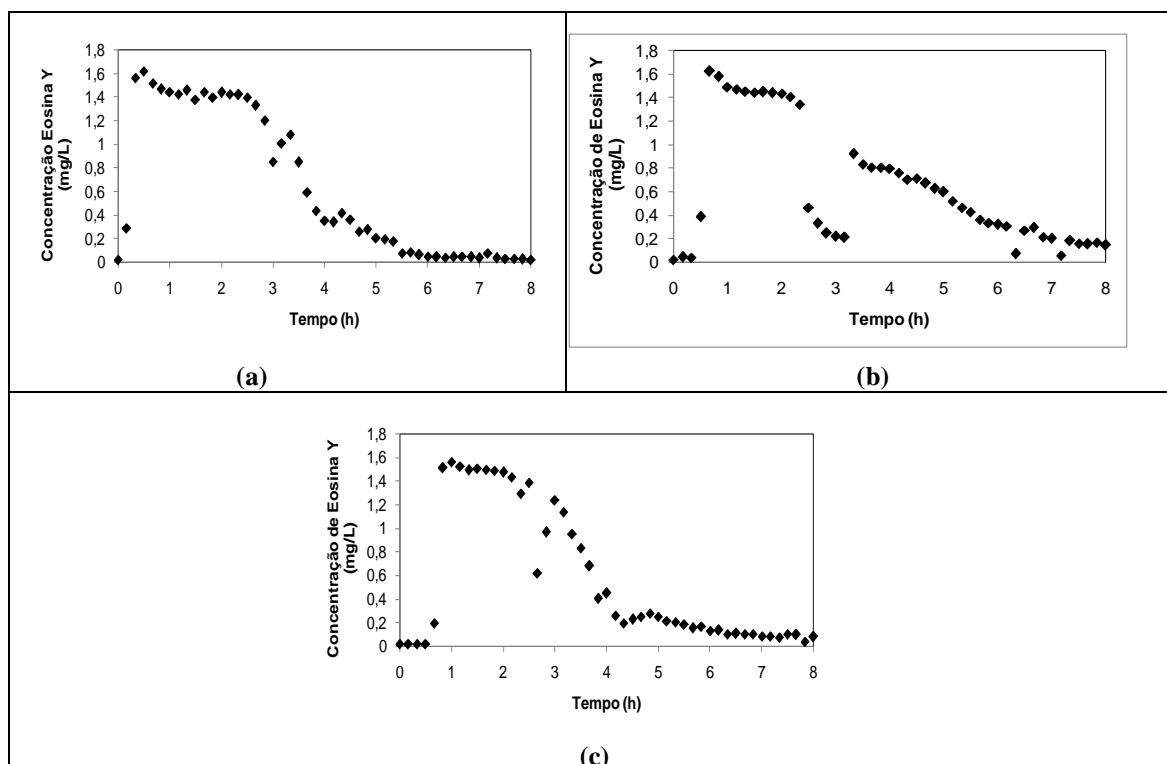


Figura 1 - Variação da concentração de eosina Y ao longo do tempo nas amostras de efluente do filtro de areia para os ensaios de estímulo-resposta: Ensaio 1 (a), Ensaio 2 (b) e Ensaio 3 (c) .

Na Figura 2 são apresentadas as curvas da variação da concentração do traçador eosina Y pelo tempo nos ensaios de estímulo-resposta no filtro de carvão ativado.

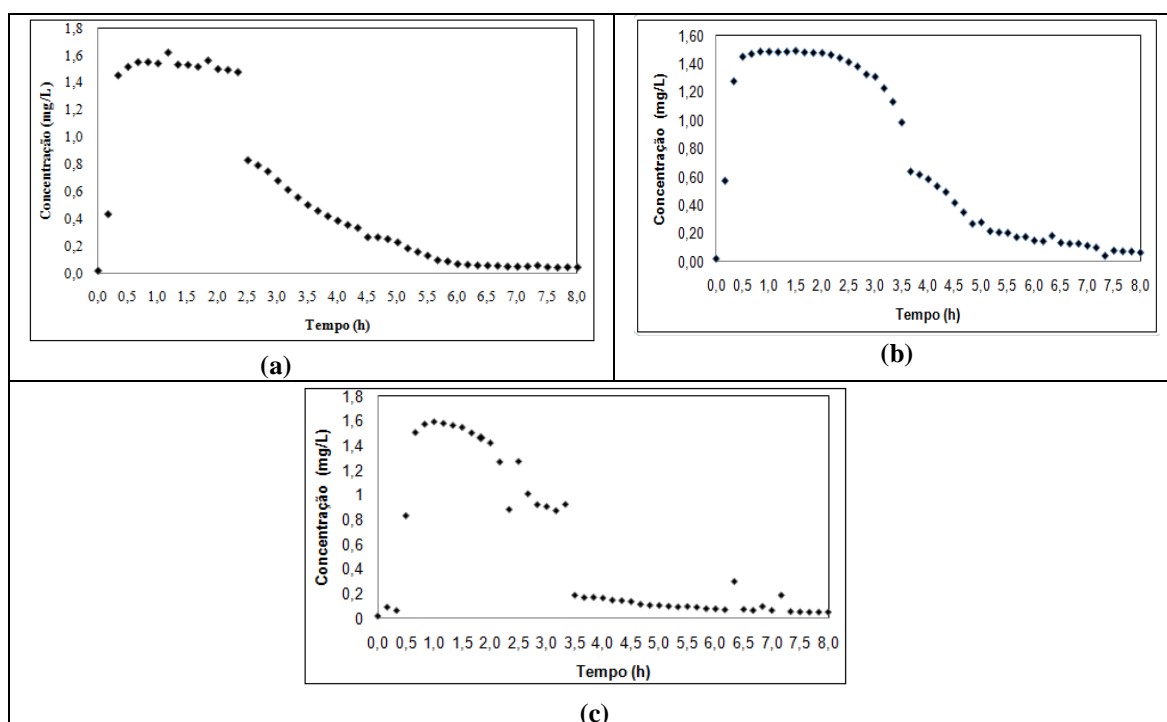


Figura 2 - Variação da concentração de eosina Y nas amostras do efluente do filtro de carvão ativado para os ensaios de estímulo-resposta: Ensaio 1 (a), Ensaio 2 (b) e Ensaio 3 (c).

Observa-se nas curvas da Figura 1, o lento decaimento na concentração do traçador ao longo do tempo nos ensaios de estímulo-resposta, indicando provavelmente o fenômeno de “cauda longa” resultante da adsorção do traçador no meio filtrante. Também pode-se verificar o adiantamento do pico de concentração máxima do traçador, indicando a ocorrência de caminhos preferenciais no filtro de areia e no filtro de carvão ativado. Foi possível verificar também variações nas leituras de absorvância devido à presença de sólidos nas amostras do efluente para os ensaios de estímulo-resposta.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos com o ajuste das curvas de distribuição do tempo de residência pelos modelos matemáticos teóricos, dos parâmetros D/uL (número de dispersão) e do N (número de filtros) em série para o filtro de areia e para o filtro de carvão ativado.

Tabela 1: Parâmetros obtidos com o ajuste dos dados experimentais para o filtro de areia e de carvão.

Filtro	Ensaio	TDH (h) (teórico)	TDH (h) (real)	N-CSTR	PD (D/uL)	GD (D/uL)
Areia	1	1,2	2,2	3,0	0,204	0,134
	2	1,2	2,3	2,0	0,294	0,134
	3	1,2	2,6	3,0	0,165	0,158
Carvão Ativado	1	1,2	1,1	2,0	0,242	0,152
	2	1,2	1,9	2,0	0,294	0,137
	3	1,2	2,2	3,0	0,221	0,240

Na Tabela 1 observa-se que o TDH real obtido através das curvas DTR nos ensaios 1, 2 e 3 de estímulo-resposta realizados foram superiores ao TDH teórico de 1,2 h e iguais a 2,2 h, 2,3 h e 2,6 h, respectivamente, indicando o atraso na resposta do traçador no efluente do filtro de areia. O mesmo comportamento foi verificado para o filtro de carvão com os valores de TDH real de 1,9 h e 2,2 h nos ensaios 2 e 3, respectivamente, provavelmente devido a sua adsorção no meio filtrante.. Nota-se ainda que o modelo de N-CSTR (mistura completa em série) indicou de 2 a 3 ($2,7 \pm 0,6$) filtros de areia, superior a verificado no filtro de carvão de 2 a 3 ($2,3 \pm 0,6$) filtros.

Na Tabela 2 são demonstrados os coeficientes de correlação obtidos com o ajuste das curvas DTR dos modelos teóricos e os dados experimentais para os filtros de areia e de carvão.

Tabela 2: Coeficientes de correlação obtidos com o ajuste dos dados experimentais do filtro de areia e de carvão ativado pelos modelos teóricos.

Filtro	Ensaio	N-CSTR	PD	GD
Areia	1	0,620	0,680	0,614
	2	0,731	0,796	0,666
	3	0,576	0,704	0,696
Carvão Ativado	1	0,743	0,745	0,590
	2	0,630	0,734	0,676
	3	0,646	0,708	0,696

As curvas de Distribuição do Tempo de Residência (DTR) obtidas com ajuste dos dados experimentais do filtro de areia são apresentadas na Figura 3.

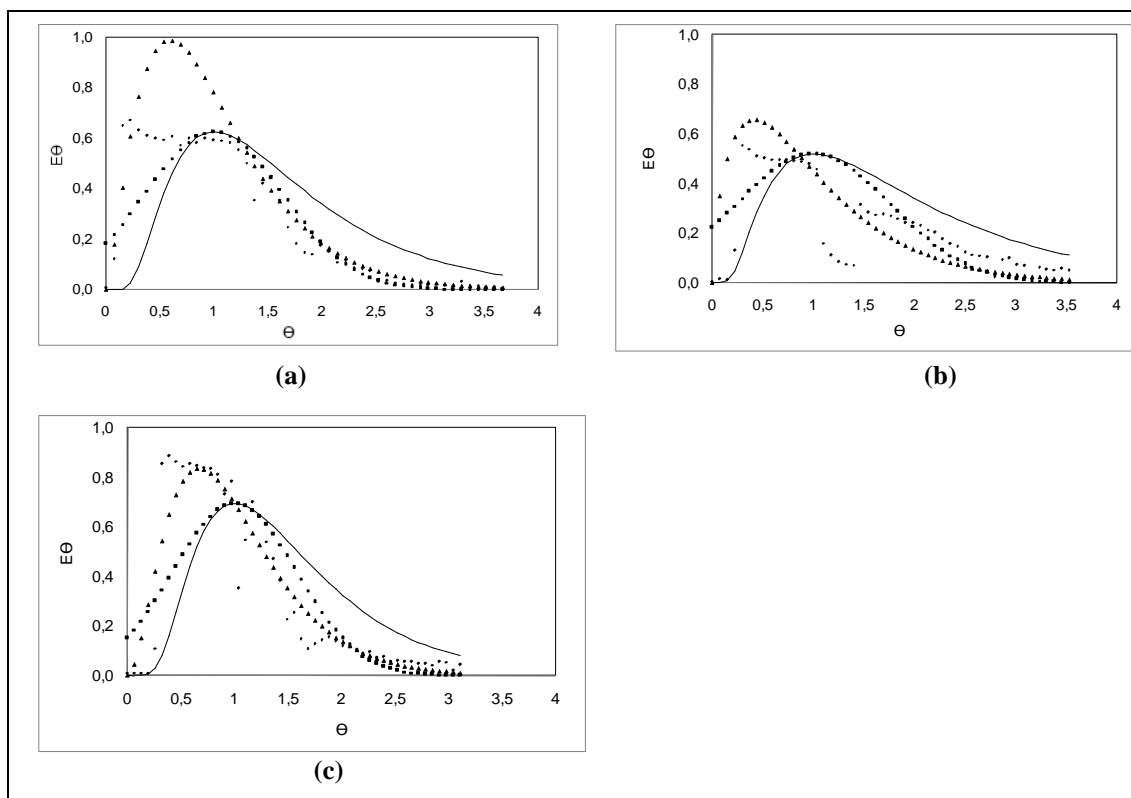


Figura 3: Curvas de DTR obtidas experimentalmente ao longo do tempo para os ensaios de estímulo-resposta no filtro de areia: a) ensaio 1; b) ensaio 2; c) ensaio 3. Legenda: -♦- Dados experimentais; ▲- N-CSTR em série; ■- pequena dispersão; — grande dispersão.

As curvas de Distribuição do Tempo de Residência (DTR) obtidas com ajuste dos dados experimentais do filtro de carvão ativado são apresentadas na Figura 4.

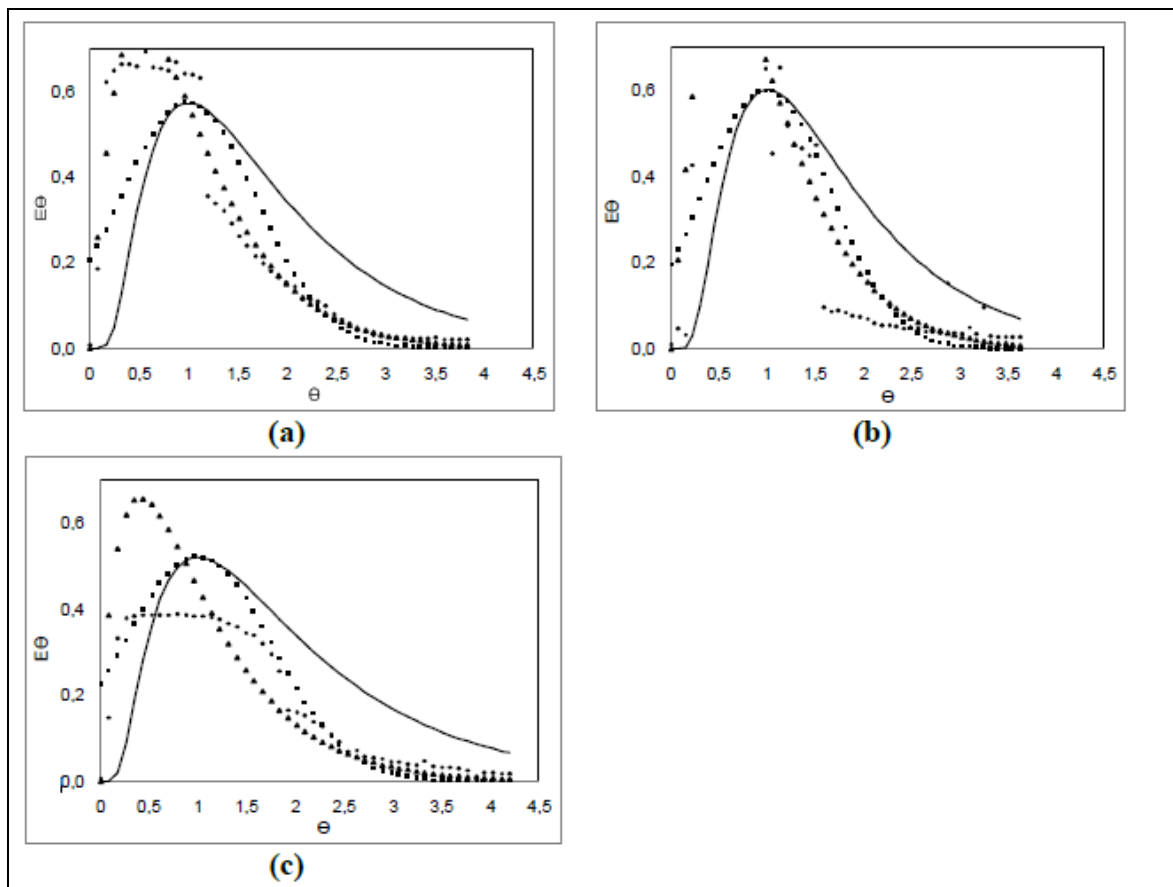


Figura 4: Curvas de DTR obtidas experimentalmente ao longo do tempo para os ensaios de estímulo-resposta no filtro de carvão ativado: a) ensaio 1; b) ensaio 2; c) ensaio 3. Legenda: -♦- Dados experimentais; ▲- N-CSTR em série; ■- pequena dispersão;— grande dispersão.

Pelas Figuras 3 e 4 nota-se que o modelo de dispersão de grande intensidade teve melhor ajuste aos dados experimentais nos ensaios realizados para ambos os filtros, apesar de inicialmente os ensaios não respeitarem suas premissas ($D/uL < 0,01$ e dispersão idêntica dentro e fora do volume de controle). Entretanto, isto não significa que o ajuste tenha sido satisfatório, pois, mesmo neste modelo, foi grande a dispersão em relação aos valores experimentais.

Devido à elevada dispersão longitudinal encontrada no parâmetro D/uL nos modelos de dispersão de pequena e grande intensidade, ao valor do parâmetro N encontrado e ao melhor de ajuste dos dados experimentais pelo modelo de dispersão de pequena intensidade em relação aos demais modelos, pode-se afirmar que o regime de fluxo predominante no filtro de carvão e de areia foi de pequena dispersão.

CONCLUSÕES

Com os ensaios hidrodinâmicos foi possível concluir que os filtros de areia e de carvão ativado apresentaram comportamento similares ao modelo de escoamento de dispersão de pequena intensidade para os ensaios com eosina Y.

Além disso, foi verificado atraso da resposta da eosina Y nas amostras do efluente dos filtros em todos os ensaios, o que pode indicar adsorção deste traçador no interior dos filtros.

O fenômeno de cauda observado nas curvas obtidas é resultante da difusão dos traçadores e de sua lenta liberação no efluente dos filtros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UTFPR, câmpus Campo Mourão, por disponibilizar os recursos necessários para a realização do projeto, a Fundação Araucária, Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI-PR) e ao Governo do Estado do Paraná pela bolsa de iniciação científica (modalidade Ações Afirmativas) da acadêmica Maria Aparecida Silva Porfírio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DE NARDI, I.R.; ZAIAT, M; FORESTI, E. Influence of the tracer characteristics on hydrodynamic models of packed-bed bioreactors. *Bioprocess Engineering*, v. 21, p. 469-76, Nov. 1999.
2. DI BERNARDO, L.; DANTAS, Â. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2005.
3. LEVENSPIEL, O. Engenharia das Reações Químicas. 3 ed. São Paulo. Ed. Edgard Blücher Ltda, 2000.
4. LOURENCO, A. M. P.; CAMPOS, C. M. M. Hydrodynamic behavior of a lab-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) operated with an adopted hydraulic retention time (HRT) of 12 hours. *Ciênc. Agrotec.* 2009, vol.33, n.4, pp. 1139-1144.