

Lodo ativado por batelada (LAB): suas vantagens no tratamento de esgotos das comunidades de médio e pequeno porte

HISSASHI KAMIYAMA

Engenheiro, coordenador do Desenvolvimento de Tratamento de Esgotos — DPI/SAT/DI, Sabesp

Na primeira parte deste trabalho (Revista DAE nº 157) apresentamos os princípios de funcionamento do Processo de Lodo Ativado por Batelada (LAB). Mostramos também as vantagens daquele processo em relação a outras variantes do lodo ativado para o tratamento de esgotos sanitários das comunidades de médio e pequeno porte.

Para avaliar a real performance do processo, a Sabesp instalou, através da sua Superintendência Regional de Presidente Prudente (SRP), uma unidade piloto com processo de LAB para o tratamento do esgoto sanitário da cidade de Parapuã, distante cerca de 550 Km da capital e 80 Km da cidade de Presidente Prudente. Para a execução do projeto, posterior operação e obtenção de dados laboratoriais, foram decisivos o empenho e a contribuição da SRP, através de seus setores competentes.

A unidade piloto de Parapuã

Parapuã é uma cidade típica do interior, cuja atividade econômica é baseada no setor agropastoril. O número de ligações de esgotos na ocasião do início da operação era de 1140, com extensão total de rede de esgotos de cerca de 24 Km, com vazão diária de esgoto estimada em torno de 700 m³ e carga orgânica afluente (em DBO₅) de cerca de 220 Kg/dia.

O processo de tratamento inicialmente previsto para a cidade de Parapuã, o processo anaeróbio, conhecido entre nós como reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), havia sido implantado parcialmente, ou seja, foram construídas as unidades de caixa de areia, elevatória de esgoto bruto, tanque reator de RAFA (17 × 11 × 4,5m), leitos de secagem e casa para operadores (fotografias nº 1

a 3). No entanto, devido a uma série de problemas, o sistema não pôde ser completado, o que causou atrasos no cronograma de implantação. Face ao problema, o DPI/SAT elaborou, junto com a SRP, um novo projeto de sistema de tratamento com a premissa de aproveitamento integral das unidades já construídas. Outras condições limitantes na elaboração do novo projeto eram a exiguidade do tempo e pouco recurso financeiro disponível. A partir daquela premissa e dos fatores limitantes existentes, decidiu-se pela adoção do processo de LAB.

A efetiva conversão do processo de RAFA para o LAB se fez pelas adaptações no tanque reator e nos leitos de secagem. As adaptações no tanque reator consistiram em 1) instalação do dispositivo de drenagem do efluente tratado (fixo, em ferro fundido com Ø250 mm); 2) instalação de dois aeradores mecânicos flutuantes de alta rotação, de 25 cv cada (a Sabesp dispunha de algumas unidades ociosas); 3) uma canaleta interna para coleta e drenagem das escumas flutuantes; 4) elevação da parede do reator em cerca de 0,60 m contra o aerosol provocado pelos aeradores; 5) instalação de uma régua externa ligada a uma bóia interna, para a leitura do nível do líquido no reator. Nos leitos de secagem foram instalados tubos com registros (para drenagem do líquido sobrenadante, similarmente àqueles instalados para a ETE Humaitá (Rev. DAE nº 152). Devido à exiguidade do tempo, não foi possível dotar o processo com sistema de automação. As fotos nº 4, 5 e 6 mostram as adaptações feitas no reator.

Quanto à equipe de operação, devido a incertezas quanto ao comportamento da vazão afluente, foram inicialmente adotados três turnos de operação (um operador por turno). Posteriormente, com o conhecimento do comportamento da vazão e estabelecimento do modo operacional, os turnos foram extintos, sendo substituídos por operadores fixos (dois operadores).

Por fim, a ETE Parapuã iniciou sua operação em primeiro de agosto de mil novecentos e oitenta e nove.

A OPERAÇÃO E SEU ACOMPANHAMENTO

Devido ao seu caráter experimental, o DPI/SAT procedeu, juntamente com a SRP, campanhas para o acompanhamento da operação e monitoramento das características do esgoto afluente e efluente. Assim, as vazões afluentes eram registradas de hora em hora através da régua e os esgotos foram coletados e analisados duas vezes por semana (afluente: amostra composta proporcional de 24 horas;

efluente, amostra simples). As amostras colhidas eram, após a medição de temperatura, imediatamente preservadas numa geladeira com temperatura inferior a 4 °C. Todas as análises foram feitas no laboratório de esgotos da SRP.

Apesar do volume do reator ser expressivo (840 m³), o volume útil real é de 560 m³, devido à altura do bocal de drenagem situar-se 1,5 m acima do nível do fundo. Com aquele volume útil e vazão diária afluente estimada em torno de 700 m³/dia, prevíamos mais de uma batelada por dia. Com isso, a nossa preocupação era com o volume de esgoto afluente durante o período de drenagem (decantação + drenagem) durante o qual não era possível introduzir esgoto no reator. No entanto, aquela preocupação não se concretizou, devido a vazão diária ser muito aquém do previsto.

Como se pode ver pelo Quadro nº 1, a vazão média diária nas dez primeiras semanas foi de 314 m³, correspondendo a uma vazão contribuinte de 0,28 m³/ligação, já incluindo a vazão devido a infiltração. Esta vazão fez com que fosse suficiente apenas uma batelada por dia, tornando possível selecionar o período de menor vazão, não necessitando de desvio da vazão afluente, uma vez que o volume do poço da elevatória (7,0 m³) era suficiente para armazenamento de todo o volume afluente durante o período de drenagem.

O controle do processo biológico foi feito através da idade do lodo que, por sua vez, foi controlado por volume de lodo descartado do reator. Este descarte foi feito a cada dois dias, após a drenagem do efluente tratado, com o aerador ligado. O volume de lodo descartado na fase inicial do processo foi de 50 m³/vez, o que corresponde a idade de lodo em torno de doze dias. Devido àquela idade de lodo, formou-se uma camada de espuma na superfície do líquido, mas aquela espuma não afetou a qualidade do efluente drenado, uma vez que o nível mínimo do líquido no reator foi estabelecido um pouco acima do nível do bocal do dispositivo de drenagem. Durante as dez primeiras semanas de operação utilizou-se da canaleta de retirada de espuma apenas uma vez, para remover os sólidos em suspensão flutuantes contidos no esgoto. O período de drenagem inicialmente escolhido, em função da vazão, foi o da madrugada, sendo destinada 1 hora para sedimentação e 1 hora para drenagem (máximo). A medição do volume de lodo (V.L.), parâmetro comumente utilizado no controle do processo de lodo ativado de fluxo contínuo, mostrou sua aplicabilidade limitada no processo de LAB, pois a concentração dos sólidos no reator variava com o volume do líquido.

Quanto ao número de aeradores utilizados, logo foi reconhecida a desnecessidade do uso simultâneo de dois aeradores, passando a se utilizar apenas um dos aeradores. Os turnos de operadores inicialmente previstos para a fase inicial (três turnos, com um operador por turno) foram, após o estabelecimento do modo operacional, desfeitos, sendo substituídos por dois operadores cobrindo entre 4 a 22 horas. Os operadores foram contratados no dia do início da operação (01/08/89).

OS RESULTADOS OBTIDOS E CONSIDERAÇÕES PARA FUTUROS PROJETOS DE LAB

Como já dissemos, as constatações para nós até surpreendentes foram o volume do esgoto afluente e a carga orgânica diária afluente. O Quadro nº 2 apresenta as concentrações e cargas médias diárias afluentes. O Quadro nº 3 apresenta alguns valores de vazão medidos durante a madrugada e as respectivas concentrações de cargas orgânicas. A comparação entre os valores dos Quadros nº 1, 2 e 3 demonstra a grande amplitude existente entre valores médios e mínimos das vazões e de carga orgânica. Este comportamento do esgoto é bastante relevante em relação ao aspecto qualitativo do tratamento, fato este nem sempre reconhecido pelos projetistas.

Os resultados qualitativos (Quadro nº 2) obtidos pela operação de LAB foram, de modo geral, além dos previstos, principalmente após a estabilização do processo biológico. Levando em consideração a total inexistência dos operadores em relação ao processo de tratamento, aqueles resultados podem ser considerados surpreendentes. Na verdade, aqueles resultados se devem mais à simplicidade operacional do processo. As tarefas dos operadores, no que tange ao reator de LAB, se resumem na operação de drenagem e descarte de lodo a cada dois dias.

A operação da unidade piloto de LAB nos esclareceu alguns pontos que podem ser desenvolvidos ou incorporados aos futuros projetos de LAB. Estes pontos são discutidos a seguir.

a) Leitos de secagem de lodo

Como já relatamos noutro caso (ETE Humaitá, *Rev. DAE* nº 152), o lodo biológico apresenta características bastante distintas daquele lodo digerido anaerobicamente, quando posto no leito de secagem. Além de possuir elevada porcentagem de água, o meio filtrante é rapidamente colmatado, necessitando de outros dispositivos para drenagem do líquido. Outra característica do lodo biológico é a formação de densa camada de espuma na superfície devido à geração de gases. Este efeito é similar ao processo de adensamento de lodo por flotação.

A nossa experiência com a secagem de lodo em leitos levou-nos a conceber outro sistema de leitos de secagem, aproveitando-se do fenômeno de flotação que ocorre no leito. O novo sistema de secagem é basicamente composto por dois tipos distintos de leitos: o primeiro tipo de leito é profundo (lâmina do lodo superior a 1,0 metro), com dispositivos de drenagem lateral (tubos com registros, em vários níveis) dos sobrenadantes.

A função básica deste tipo de leito é a de adensamento do lodo por flotação, o que permite o lançamento de uma quantidade enorme de lodo naquele leito ao longo do tempo. Para a remoção da espuma são previstas canaletas laterais com comportas, por onde o lodo adensado da superfície é coletado e lançado ao segundo tipo de leito, situado ao lado do primeiro. Aquele segundo tipo de leito é similar ao leito convencional, onde é feita a secagem do lodo já adensado com menor porcentagem de líquido; sua profundidade é pequena (inferior a 0,7 m), com a drenagem por fundo e de área superior à do primeiro tipo. Fora estes dois tipos de leito, pode ser prevista uma área adicional para secagem complementar e armazenamento do lodo removido do segundo tipo de leito. O lodo seco, assim obtido, já demonstrou ser excelente fertilizante na nossa experiência realizada no cultivo de hortaliças. Isto abre uma perspectiva de comercialização do lodo seco como fertilizante orgânico, além de solucionar o problema de disposição final dos sólidos resultantes de tratamento.

b) Automação do processo de LAB

A automação do processo operacional é, de fato, grande mérito do LAB. Em casos como o de Parapuã, com o volume do tanque reator superior ao volume afluente diário de esgoto e sem o tanque de armazenamento em separado, o sistema de automação pode ser constituído apenas por válvula automática controlada com *timer*, que seria programado para desligar o aerador e abrir a válvula em horário pré-determinado (geralmente de madrugada).

Quando o volume do reator for maior do que o volume de esgoto diário afluente, mas sem a elevatória de recalque à montante do reator, há possibilidade de introdução contínua do esgoto no reator (o chamado semi-batelada), mesmo durante o período de sedimentação e de drenagem. Desde que fosse instalado um dispositivo para amortecimento do choque hidráulico e fosse escolhido um período

do de menor vazão para proceder a sedimentação e drenagem. o sistema de automação pode consistir apenas de válvula automática e *timer*, como no caso anterior.

Já para os casos onde se prevê mais de uma batelada por dia e, portanto, sem a possibilidade de definição do horário de drenagem, não nos parece prudente adotar sistema de semi-batelada a não ser que o reator possua volume e extensão consideráveis, de modo que a vazão afluyente durante o período de drenagem não afete significativamente a qualidade do efluente tratado. Seja qual for o sistema adotado, a multiplicidade de bateladas torna mais complexo o sistema de automação, envolvendo dispositivo de detenção do nível do líquido no reator, no *timer* e, conforme as considerações feitas, o micro-processador.

c) Remoção de nutrientes

A necessidade de remoção de nutrientes, principalmente o nitrogênio e fósforo (N e P), está sendo cada vez mais reconhecida e alguns métodos de considerável eficiência já foram desenvolvidos e incorporados dentro do processo de lodo ativado. Dentre aqueles, o método mais comumente adotado é o de incorporação de uma fase de carência de oxigênio (anox) numa das etapas do lodo ativado, possibilitando, assim, tanto a melhoria na capacidade de absorção do fósforo por parte dos microorganismos, quanto a remoção do nitrogênio pela desnitrificação, sob condições carentes de oxigênio livre.

Dentre as variantes do processo de lodo ativado, o LAB é talvez o mais apto para proceder à remoção de nutrientes pelo método acima citado, bastando adicionar equipamento de agitação durante a fase anox. No entanto, esta técnica está para ser melhor pesquisada entre nós, para definição melhor dos parâmetros para otimização daquela técnica.

Na extensão da tecnologia de remoção dos nutrientes, é preciso evitar que haja a recirculação dos nutrientes dentro do sistema de tratamento, principalmente de fósforo contido no líquido proveniente do leito de secagem. Lançar aquele líquido ao corpo receptor sem sempre é desejável. Assim considerando, será necessário adicionar, para projetos futuros, uma área destinada ao recebimento do líquido proveniente do leito de secagem, removendo, através da técnica de aplicação no solo, os nutrientes indesejáveis ao corpo receptor.

CONCLUSÃO

A implantação da unidade piloto com processo de LAB para o tratamento do esgoto da cidade de Parapuã trouxe resultados além da expectativa, tanto em termos operacionais, quanto qualitativos. Mas o desenvolvimento do LAB ainda está, entre nós, na sua fase inicial, devendo ser aprimorado com o tempo. A Sabesp possui alguns projetos para implantação de outras unidades de tratamento com aplicação de LAB, já com algumas melhorias baseadas nas experiências obtidas em Parapuã.

QUADRO 1

Vazão Média Diária (m³/dia)

Semana	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
Vazão (m ³ d)	377	316	278	324	312	319	330	302	282	299

QUADRO 2

Alguns parâmetros sobre o desempenho do LAB

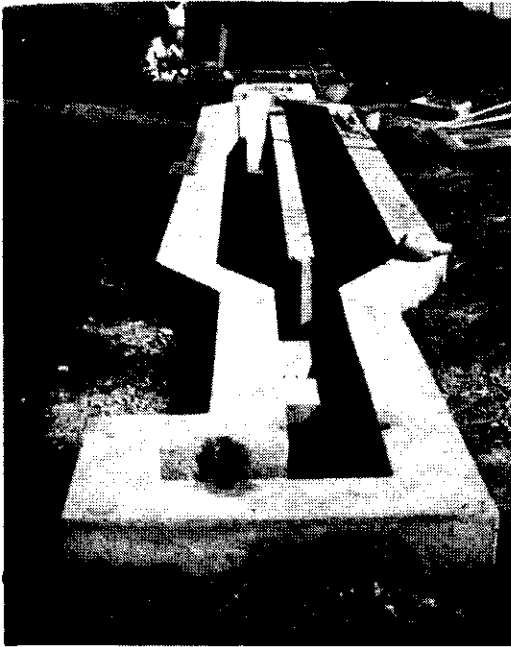
Semana	1ª			3ª			4ª		
	Afl.	Efl.	% remoção	Afl.	Efl.	% remoção	Afl.	Efl.	% remoção
DBO (mg/l)	298	65	78	408	73	82	334	53	84
DQO (mg/l)	892	214	76	980	294	70	742	171	77
SNF total (mg/l)	302	98	67	447	192	57	—	—	—
Sól. Sed. (ml/l)	6,0	0,1	98	6,5	0	100	6,5	0	100
Em Kg DBO dia	112			113			108		

Semana	5ª			6ª			7ª		
	Afl.	Efl.	% remoção	Afl.	Efl.	% remoção	Afl.	Efl.	% remoção
DBO (mg/l)	470	30	94	438	21	95	464	12	97
DQO (mg/l)	852	102	88	988	84	92	950	65	93
SNF total (mg/l)	253	19	92	386	31	92	253	15	94
Sól. Sed. (ml/l)	8,0	0	100	9,0	0	100	8,0	0	100
Em Kg DBO dia	147			140			153		

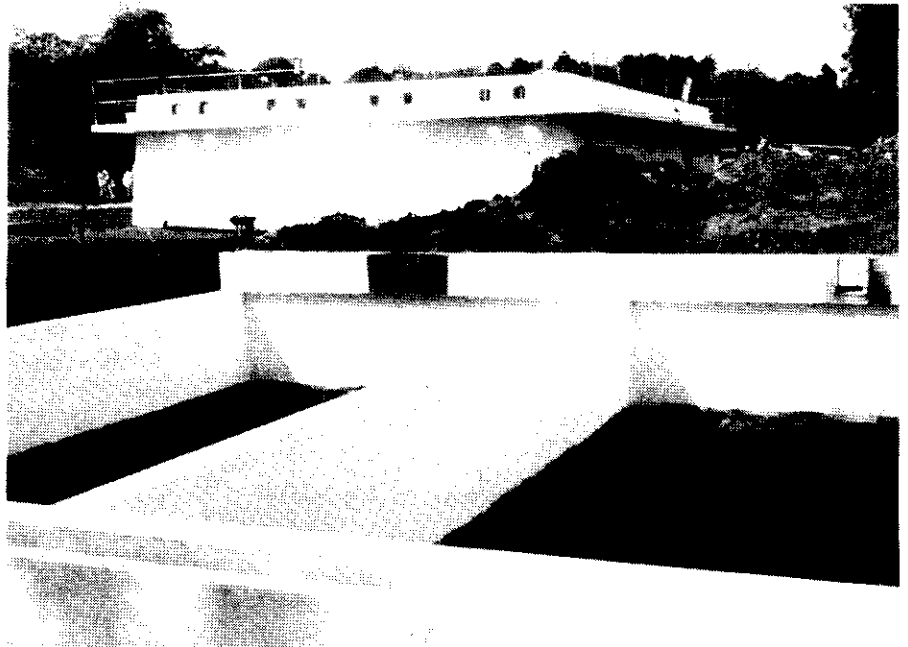
QUADRO 3

Alguns valores de vazões mínimas afluentes e suas características

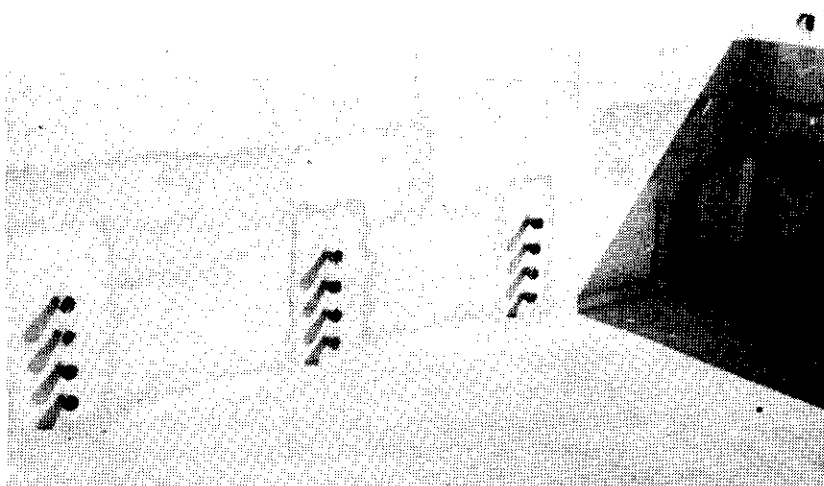
Data	Vazão (l/s)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	SNF (mg/l)	Sólidos Sedimentáveis
09-08-89	—	43	113	64	0
10-08-89	0,864	—	—	—	—
12-08-89	0,810	—	—	—	—
17-08-89	0,722	63	225	40	0,5
18-08-89	0,702	—	—	—	—
15-05-90	—	25	50	80	—



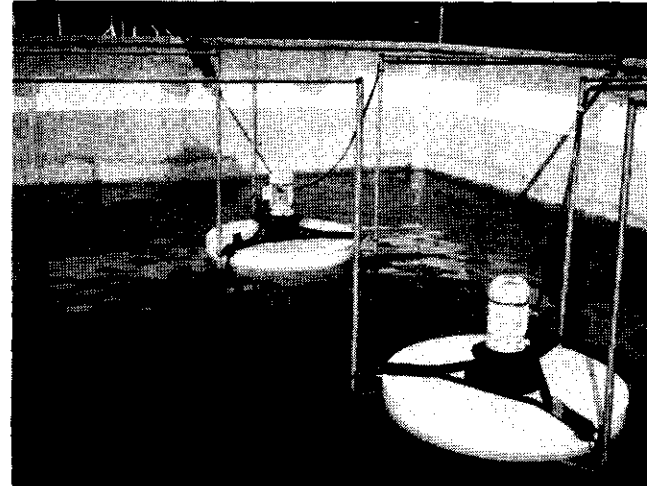
Caixa de areia e elevatória de esgotos



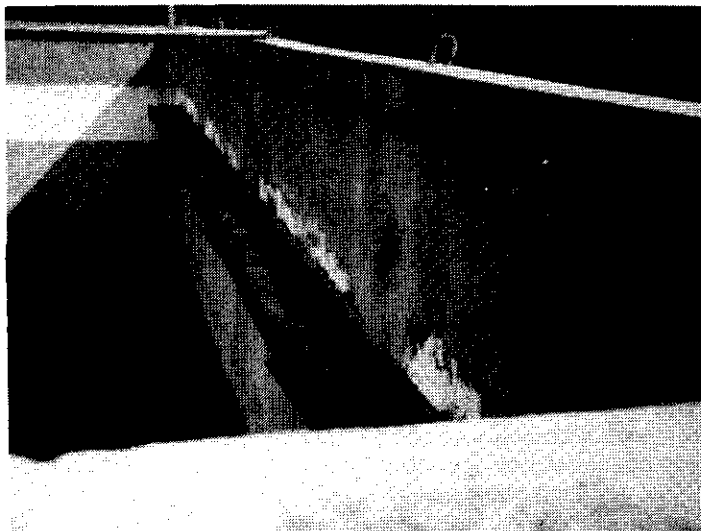
Tanque reator e leitos de secagem



Vista do interior do tanque reator



Vista dos aeradores instalados



Canaleta coletora de escuma



Leitos de secagem com tubos de drenagem