

# Lodo ativado por batelada (LAB): suas vantagens no tratamento de esgotos das comunidades de médio e pequeno porte (Parte 1)

HISSASHI KAMIYAMA

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

**A** quase totalidade dos estudos sobre lodo ativado tem como enfoque o processo contínuo, tendo como pressuposto a continuidade das características do esgoto afluyente. Mas, nas comunidades de pequeno porte, obtém-se eficiência reduzida. Por isso, é importante discutir o processo descontínuo de lodo ativado, esclarecendo os princípios básicos do processo por batelada.

O processo de lodo ativado (L.A.) é hoje o processo mais amplamente adotado no mundo para o tratamento de esgotos sanitários. Sendo assim, os estudos e as pesquisas desenvolvidos a respeito são em quantidades vultosas, com o desenvolvimento de diversas modalidades daquele processo, adequadas para cada situação a ser enfrentada.

No entanto, pode-se dizer seguramente que quase a totalidade daqueles estudos sobre o L.A. tem como enfoque o processo contínuo, apesar de o processo de L.A. ter sido iniciado como processo intermitente, por batelada (1).

Em conseqüência do avanço e aplicação do processo contínuo, este tornou-se, naturalmente, o processo adotado mesmo nas localidades de pequeno porte, cuja característica principal é a grande variação na vazão e nas características do esgoto afluyente durante o dia. De fato, as teorias e práticas até hoje desenvolvidas dentro do processo contínuo têm como pressuposto a continuidade das características do esgoto afluyente. Sendo assim, não é de se estranhar que na maioria das localidades de pequeno porte, onde foram adotados os processos contínuos de lodo ativado, tenha-se reduzida eficiência, não conseguindo a remoção de poluentes prevista no projeto e, muitas vezes, não alcançando sequer as qualidades mínimas de lançamento estabelecidas pelos órgãos de proteção ambiental. Esta deficiência é agravada, muitas vezes, pela ausência de pessoal qualificado na operação do sistema de pequeno porte.

Por outro lado, as lagoas de estabilização, alternativa também amplamente adotada como sendo um processo de fácil operação, têm encontrado limitações nos mais recentes anos, principalmente nos Estados Unidos, país com maior aplicação de lagoa para o tratamento de esgotos, na medida em que a legislação daquele país se torna mais rigorosa quanto à qualidade dos efluentes dos sistemas de tratamento.

Dentro deste contexto, alguns pesquisadores, notadamente dos Estados Unidos e da Austrália, deram novo desenvolvimento ao processo

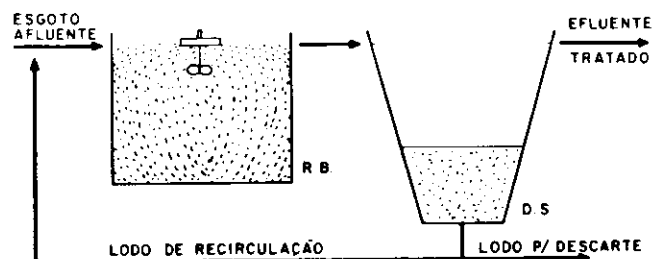
descontínuo de L.A. (2-9), obtendo-se excelentes resultados. O presente artigo tem como objetivo esclarecer os princípios básicos do processo por batelada, comparando as vantagens daquele processo em relação aos outros variantes de lodo ativado.

## Operações básicas do LAB

A denominação adotada de Lodo Ativado por Batelada (LAB) é a adaptação ao nosso idioma do termo *Sequencing Batch Reactor* (SBR) ou *Fill and Draw System*, assim denominados pelos pesquisadores estrangeiros.

Vejamos a Figura 1. Nela está representado um esquema físico de um processo de lodo ativado convencional, composto de reator biológico mais decantador secundário (RE + DS).

FIGURA 1  
Esquema de lodo ativado por processo contínuo



Diferentemente do processo contínuo, o LAB é formado, essencialmente, por reator biológico, com tanque único ou múltiplo, que funciona também como decantador secundário. O esquema operacional é extremamente simples: o esgoto é admitido até o nível pré-determinado no reator; é tratado e depois decantado. O sobrenadante tratado (afluyente final) é retirado do reator, deixando a massa de lodo biológico no reator. Este ciclo pode ser repetido várias vezes por dia, conforme a vazão afluyente de esgoto. A Figura 2 apresenta esquema operacional típico de um ciclo (página seguinte).

Como se vê pela Figura 2, um ciclo operacional (ou uma batelada) do processo de LAB contém várias fases distintas. Na Figura 2-a, o lodo biológico está sendo mantido no reator. Esta fase corresponde ao intervalo de tempo entre o término da drenagem do sobrenadante líquido e o início do enchimento. Esta fase pode também ser utilizada para o descarte do excesso de lodo biológico, aproveitando-se do fato de o lodo estar mais concentrado. A fase seguinte (Figura 2-b) é a de enchimento, onde o esgoto é admitido no reator. Pode-se dar início à aeração desde o início do enchimento, ou apenas após atingir determinado nível ou após passar determinado tempo, conforme o objetivo a ser atingido com aquela aeração. Na fase "c" o volume máximo do reator é atingido. A alimentação de esgoto no reator é então interrompida. Na fase "d" apenas a aeração é

prosseguida mas, conforme o procedimento operacional adotado, aquela fase pode ser drasticamente reduzida ou até eliminada.

Nesse caso, a fase "e" se sucede imediatamente à fase "c", ou seja, a aeração é interrompida imediatamente após a fase de término do enchimento, permitindo a decantação dos sólidos. Esta decantação ocorre sob condições próximas das ideais, pois não há fluxo afluente ou efluente que perturba a decantação, como ocorre nos decantadores secundários. Em consequência disso, o efluente tratado é normalmente de baixa concentração de sólidos em suspensão, se outros fatores interferentes forem razoavelmente adequados.

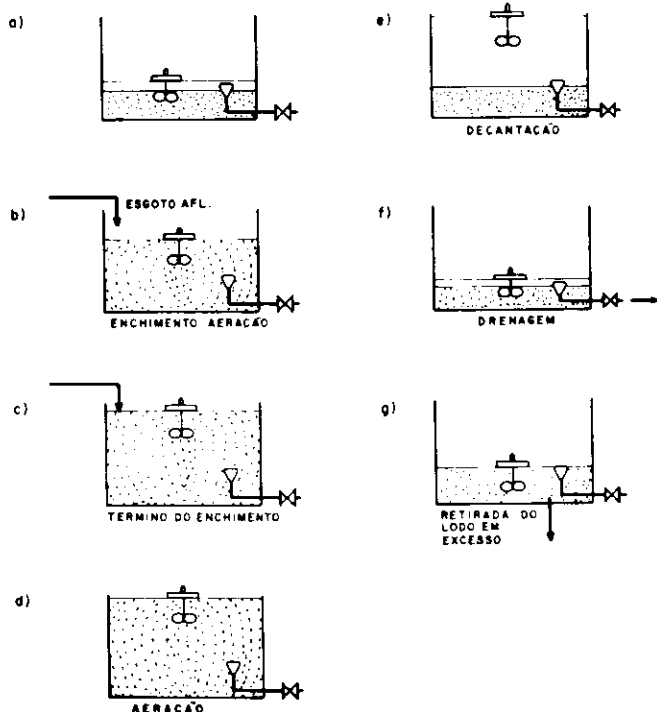
Após a fase de decantação segue-se a fase de drenagem do sobrenadante líquido. Segue-se a esta a operação do descarte do lodo em excesso (Figura 2-g). Porém, esta operação não necessita ser incluída em todas as bateladas, dependendo da idade do lodo, do volume do reator etc. a serem adotados pelo projetista. Pode-se considerar, portanto, terminado o ciclo operacional com o término da drenagem.

## ALGUNS PARÂMETROS OPERACIONAIS

É evidente que o número de bateladas depende do volume do reator dimensionado. Este, por sua vez, é limitado pelo tempo mínimo exigido para cada fase de um ciclo. Como exemplo apresentamos abaixo os tempos dispendidos na operação em Culver, Indiana (7) — (Tabela 1):

Tanto o reator norte quanto o sul (460m<sup>3</sup> cada) operam em quatro bateladas por dia. Os dados relatados mostram que a qualidade do efluente tratado é bastante satisfatória e estável. No período de maio/1980 a dezembro/1981 a DBO<sub>5</sub> do efluente variou de 5 a 14 mg/l (reator norte) com a média de 9,3 mg/l, de 5 a 16 mg/l (reator sul) com média de 9,9 mg/l. Para o parâmetro sólidos não filtráveis os resultados são ainda melhores; média de 6,7 mg/l (reator norte) e 8,1 mg/l (reator sul).

**FIGURA 2**  
As fases de um Ciclo Operacional do LAB



**TABELA 1**

**Média de horas por fase do ciclo em cada reator (horas)**  
(Vazão média: 1.340 m<sup>3</sup>/h)

Fase	Reator Norte	Reator Sul
Enchimento	2,9	3,1
Reação	0,7	0,4
Decantação	0,7	0,7
Drenagem	0,7	0,7
Repouso	1,0	1,1
Total/ciclo	6,0	6,0

Quanto à remoção biológica de nutrientes (NP), o processo por batelada demonstrou também ser altamente eficaz. No período analisado, o sistema foi operado com idade do lodo (volume do reator/volume descartado) entre 15 e 45 dias.

Na Austrália, o processo adotado é um pouco diferente (5). Lá o sistema difundido é chamado "semibatelada", adotado desde o ano de 1967. O processo australiano se diferencia do Culver (EUA) por não haver interrupção na alimentação de esgoto e o formato do reator biológico, do tipo do valo de oxidação. Em ambos os sistemas, o parâmetro F:M é aproximadamente aquele adotado no processo por aeração prolongada.

## VANTAGENS OFERECIDAS PELO PROCESSO DE LAB

São muitas as vantagens oferecidas pelo processo de LAB se comparado com o contínuo. As vantagens vão desde os custos de implantação até a operação. Abaixo enumeramos algumas daquelas vantagens, comparando com exemplo real existente (ETE Humaitá — 4.047m<sup>3</sup>/d, aeração prolongada — Rev. DAE n.º 152).

### Volume total

#### ETE Humaitá:

Reatores: 2.560m<sup>3</sup>(2 x 1.280 m<sup>3</sup>) — TDH = 15 horas

Decantadores: 684m<sup>3</sup>(4 x 171m<sup>3</sup>) — TDH = 4 horas

O volume total do conjunto TA-DS da ETE Humaitá é, portanto, de

$$(15 + 4)Q = 19Q \text{ (Q em m}^3/\text{h)}$$

A mesma unidade de tratamento, se adotasse o processo de LAB, com quatro bateladas diárias/reator, teríamos o seguinte volume:

$$\text{Reatores: } 1.400\text{m}^3(2 \times 700\text{m}^3) - \text{TDH} = 8,3 \text{ horas}$$

Portanto, o volume total, em função da vazão média, é de 8,3 Q, ou seja, redução de 56% em termos de volume dos reatores biológicos. Apesar dessa redução no tempo de detenção total, o processo mantém as características do lodo ativado por aeração prolongada, desde que mantivesse a mesma idade de lodo.

Como se vê, a ausência dos decantadores secundários traz uma série de vantagens, tanto construtivas quanto operacionais. Os decantadores são, em geral, estruturas complexas, elevando o custo final de construção; quando mecanizados, os cuidados construtivos são maiores, além de necessitar sistema de recirculação de lodos, com o devido controle da vazão de recirculação. Todas aquelas estruturas complexas, além dos equipamentos eletromecânicos, são eliminadas no processo de LAB.

### Equipamentos eletromecânicos

#### ETE Humaitá:

- 4 aeradores mecânicos superficiais fixos do tipo de baixa rotação, de 25 cv cada.
- 2 bombas de recirculação, tipo parafuso (45 l/s cada).

■ 4 aeradores mecânicos superficiais flutuantes, do tipo de alta rotação, 30 cv cada.

A mudança do aerador do tipo fixo para flutuante traz uma economia no custo de construção, pois elimina as plataformas de apoio dos aeradores. Em termos de custo operacional, há uma vantagem, pois dentro de um ciclo cerca de 1,5 hora (6 horas/dia) é destinada à sedimentação e drenagem, sendo desligados os aeradores.

Em geral, o processo por batelada tem vantagem sobre o processo contínuo, no que se refere ao dimensionamento dos aeradores, isto porque normalmente um projeto bem dimensionado do processo contínuo prevê as vazões de picos horários, adequando os equipamentos para as cargas orgânicas de pico. Isto traz dois tipos de inconvenientes: (a) equipamentos de maior potência e, portanto, de maior custo de aquisição e de operação; (b) excesso de aeração durante o período de menor vazão e de carga orgânica, prejudicando a qualidade do efluente.

No processo por batelada, aquelas amplitudes de carga e de vazão são bastante amenizadas, permitindo o dimensionamento dos equipamentos de aeração para demanda mais uniformizada de oxigênio, reduzindo a potência necessária de equipamentos de aeração. Conforme o projeto, o processo de LAB permite a instalação de misturadores submersíveis no reator biológico, reduzindo ainda mais o número de aeradores em funcionamento, quando o ciclo coincidir com o período de menor carga e de vazão.

### **Operação do processo de LAB**

Talvez a maior vantagem do processo de LAB sobre o processo contínuo esteja na operação. Isto se deve a:

a) *Equalização na qualidade e vazão do afluente.* Este aspecto é relevante, pois as variações súbitas da vazão e na qualidade são fatores que mais perturbam o processo e, portanto, a qualidade do efluente tratado. Com a equalização obtém-se afluente de qualidade uniforme e estável.

b) *Controle do processo biológico.* Como se sabe, o controle do processo contínuo de lodo ativado exige estreito acompanhamento, através de análises laboratoriais, para obtenção dos parâmetros tais como taxa de recirculação de lodo, idade de lodo, IVL etc. Exceto nos casos de descarte direto do reator biológico (como na ETE Humaitá), para definir a idade do lodo faz-se necessário medir ou estipular, por algum meio, as concentrações dos sólidos biológicos do lodo de recirculação (SSVLR) e do reator (SSVTA). Além disso, é necessário haver sistema de medição do volume do lodo de descarte.

Aqueles trabalhos são bastante reduzidos no processo de LAB. Como a mistura é completa, basta descartar diretamente do reator o volume desejado (idade do lodo = volume do reator/volume descartado) com o uso de régua instalada no reator. Como não há sistema de recirculação, não há que se definir a taxa de recirculação.

Resumindo, o controle do processo de LAB se limita à operação de descarte de lodo, tornando o processo operacional extremamente simples, sendo executável por operadores de baixa qualificação.

c) *Flexibilidade operacional do LAB.* A grande flexibilidade operacional que o processo de LAB apresenta faz dele um processo especialmente recomendável às localidades com grandes variações tanto de carga orgânica quanto de vazão, tanto diárias quanto sazonais, notadamente nas regiões turísticas. Nestas localidades, não é raro encontrar carga orgânica e vazões, no pico, dez vezes superiores aos valores mínimos. Isto torna o custo de implantação do processo convencional extremamente oneroso e operacionalmente de custo elevado e ineficiente. Uma alternativa para contornar parcialmente aquele problema operacional seria a modulação das linhas de tratamento, acionando módu-

los adicionais na época de maior demanda. Esta alternativa eleva, também, o custo de implantação, além de exigir manutenção mais freqüente dos equipamentos não utilizados durante o período de baixa vazão.

Aqueles problemas são eliminados com a flexibilidade operacional do processo de LAB. Durante o período de baixa vazão, o reator biológico é operado com maior tempo por batelada, i.é., menor número de bateladas por dia. Neste período, é perfeitamente viável a redução do número de aeradores em funcionamento, com o emprego de agitadores submersíveis para manter a agitação na massa líquida. Isto reduz em muito o custo de energia despendida. Com o aumento da vazão, aquele reator passaria a operar com maior número de bateladas por dia.

### **Automação do processo de tratamento**

O processo de LAB se caracteriza pela sua adaptabilidade à automação do processo de tratamento. Tanto na Austrália, onde o processo de semibatelada é quase todo automatizado, quanto nos EUA, as unidades de LAB são facilmente automatizadas. Isto decorre essencialmente da simplicidade operacional daquele processo.

A automação do processo se resume basicamente nos seguintes controles: fechamento da válvula de tubulação ou da comporta de canal, do esgoto afluente num reator, desviando-o para um outro reator ou para um tanque de acumulação quando o nível d'água no interior do reator atingir o nível preestabelecido. Em seguida o aerador pode ser desligado se a condição do tempo mínimo de reação (e de aeração) predeterminado estiver satisfeita (p.ex. 4,5 horas para um ciclo de 6,0 horas). Este tempo mínimo pode ser estabelecido conforme o comportamento da vazão da carga afluente estimada, podendo ser reduzido ou aumentado. Após o desligamento do aerador (ou do aerador mais agitador), o conteúdo do reator biológico é decantado durante o tempo suficiente para permitir a boa separação entre o sólido biológico e o líquido (p. ex. 1,0 hora), após o que é aberta a válvula para drenagem do líquido tratado. A válvula de drenagem é fechada quando o nível d'água no interior do reator descer a um nível também preestabelecido. Após o fechamento, pode-se dar início novamente à aeração, estando o reator pronto para iniciar outra batelada. O descarte de lodo para o controle do processo biológico também pode ser automatizado, controlado igualmente pelos níveis d'água no reator biológico.

Todas as operações acima descritas podem ser programadas e controladas por meio de um microprocessador. Com o uso de processador, reduz-se sensivelmente o emprego da mão-de-obra, trazendo considerável economia ao longo do tempo nos custos operacionais.

Nas operações automatizadas, a mão-de-obra necessária se reduz aos trabalhos diurnos, tais como a remoção de material retido nas grades, limpeza periódica da caixa de areia, remoção periódica da espuma no reator biológico e trabalhos inerentes à disposição de sólidos. Em outras palavras, não se exige a formação de turnos de operação, como ocorre normalmente nas Estações com processos contínuos de tratamento.

### **Conversão ou aproveitamento das instalações já existentes**

Esta é uma vantagem peculiar ao processo por batelada. Não é raro encontrar comunidades que já dispõem de instalações para o tratamento de esgotos (geralmente antigas), na maioria dos casos a nível primário. O aumento da população naquelas comunidades tornara precário. O nível de tratamento daquelas instalações existentes, exigindo muitas vezes uma ampliação daquelas instalações com melhoria do nível de tratamento do esgoto.

A versatilidade do processo de LAB faz com que as instalações existentes sejam convertidas diretamente em instalações de tratamento de esgotos a nível secundário, apenas com a construção adicional (se necessária) de um tanque de acumulação, com um volume em torno de 2 x Q média.

### **Conclusão**

Pelas explanações até aqui feitas, torna-se claro que o processo de LAB oferece realmente vantagens em quase todos os aspectos, se comparado com o lodo ativado por processo contínuo. O desenvolvimento teórico do LAB está ainda na sua fase inicial, mas bons resultados até agora obtidos nas instalações, com aquele processo, animam-nos e nos impulsionam para um melhor esclarecimento daquele processo.

Na segunda parte deste trabalho apresentaremos o projeto-piloto feito pela Sabesp numa comunidade do interior e os resultados dele obtidos.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1 — Sawyer, Clair N. — *Milestones in the development of the activated sludge process* — Journal WPCF, fev/1965.
- 2 — Irvine, Robert L. and Busch, Arthur W. —

*Sequencing batch biological reactors — an overview* — Journal WPCF, fev/79.

- 3 — Irvine, Robert L. and Dennis, Robert W. — *Effect of fill: react ratio on sequencing batch biological reactors* — Journal WPCF, fev/79.

- 4 — Hoepker, E.C. and Schroeder, E.D. — *The effect of loading rate on bath-activated sludge effluent quality* — Journal WPCF, fev/1979.

- 5 — Goronszy, Mervyn C. — *Intermittent operation of the extended aeration process for small systems* — Journal WPCF, fev/1979.

- 6 — Irvine, Robert L.; Miller, Gregory and Bhamrah, A. Singh — *Sequencing batch treatment of wastewaters in rural areas* — Journal WPCF, fev/1979.

- 7 — Irvine, Robert L.; Ketchum, L. H.; Breyfogle, R. and Barth, E.F. — *Municipal application of sequencing batch treatment* — Journal WPCF, maio/83.

- 8 — Herzbrun, P.A.; Irvine, Robert L. and Malinowski, K.C. — *Biological treatment of hazardous waste in sequencing batch reactors* — Journal WPCF, dez/1985.

- 9 — Melcer, H.; Bedford, W.K.; Topnik, B.H. and Schmidh, N.W. — *Conversion of small municipal wastewater treatment plants to sequencing batch reactors* — Journal WPCF, fev/1987.