

Uso do reator Uasb para tratamento de esgoto sanitário(*)

Eng. Marcos Eduardo de Souza (1)
Quim. Sônia Maria Manso Vieira (2)

Introdução

O reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket-Uasb) é constituído basicamente por um tanque em cuja parte superior são acoplados um decantador e um defletor dos gases formados.

O despejo a ser tratado é introduzido pelo fundo do reator e o percorre em fluxo ascendente, sendo o efluente tratado descartado pelo topo do decantador. Inicialmente, o despejo atravessa uma camada de lodo biológico de elevada atividade, onde ocorre a transformação da matéria orgânica presente no despejo em biogás.

O defletor obriga o biogás a se dirigir a uma região isolada do reator, de onde é coletado. Desta forma, apenas o líquido mais uma parcela do lodo biológico em suspensão conseguem adentrar no compartimento de decantação, onde ocorrem a separação dos sólidos e o retorno dos mesmos ao fundo do reator, por gravidade.

Uma das características principais do reator de fluxo ascendente é o lodo biológico granulado (ou floculado) que se forma no mesmo com o passar do tempo. Este lodo especial possui uma elevada atividade metanogênica e sedimenta rapidamente, facilitando sua manutenção no interior do reator.

O reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo (Uasb) foi desenvolvido na Holanda em fins dos anos 70, visando ao tratamento de efluentes industriais. Foi considerável o sucesso do novo processo, a ponto de hoje já haver dezenas de unidades em escala real e com ótimo funcionamento, para tratamento de efluentes industriais, na Europa e nos Estados Unidos.

A aplicação dos reatores Uasb para tratamento de esgotos sanitários foi tentada inicialmente na Holanda, em

escala de laboratório (1) (2). A partir de 1983, iniciou-se uma importante experiência em Cali, Colômbia, utilizando um reator Uasb piloto, com volume de 64 m³ (3) (4).

Os resultados obtidos tanto no laboratório quanto na unidade-piloto foram excelentes, tendo-se atingido remoções de DBO de 70 a 80%, sob tempos de retenção hidráulica na faixa de 4 a 24 horas.

Apesar dos promissores primeiros resultados obtidos, não há ainda reatores Uasb de grande porte em funcionamento na Europa e nos Estados Unidos particularmente pelas seguintes razões:

— já há sistemas de tratamento de esgotos (aeróbios), em bom funcionamento, em praticamente todas as cidades, o que torna mais difícil a substituição desses processos pelo sistema anaeróbio;

— na hipótese de utilização do tratamento anaeróbio de esgotos, haveria necessidade de pós-tratamento, devido às severas restrições para descarga de efluentes;

— as condições climáticas são geralmente pouco favoráveis para utilização do processo anaeróbio, tendo em vista que as temperaturas médias são muito mais baixas que em regiões tropicais, embora tenha sido provada na Holanda a viabilidade do processo a temperaturas tão baixas quanto 10°C (5).

No Brasil, assim como em outros países tropicais em desenvolvimento, tem despertado bastante interesse a tecnologia dos digestores anaeróbios de fluxo ascendente para o tratamento de esgotos. De fato, apenas uma pequena parcela dos esgotos gerados em nosso país é tratada e um dos motivos para isto é o alto custo dos processos aeróbios tradicionais, o que, em princípio, não ocorreria com o processo anaeróbio. Além disso, nosso clima tropical tende a tornar ainda mais econômica e atraente a alternativa de tratamento anaeróbio.

No Estado do Paraná, a partir de 1983, foram realizadas experiências visando ao tratamento anaeróbio de esgotos domésticos em reatores Uasb procedidos de tanques Imhoff e em reatores similares aos Uasb, visando tratamento primário dos esgotos (6).

Em São Paulo, a partir de 1983 foi iniciado um grande esforço de pesquisa, visando ao aperfeiçoamento do reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo para o tratamento de esgotos domésticos, assim como sua adaptação às condições nacionais.

Experiência com reator Uasb protótipo de 106 l

A primeira experiência em São Paulo sobre o tratamento de esgotos domésticos em reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manto de lodo foi realizada nos laboratórios da Cetesb, a partir de 1983, utilizando um reator com volume útil de 106 l (7).

Esta experiência foi realizada com esgoto pré-decantado e com o reator sob temperatura controlada em 35°C. Nestas condições, operando com apenas quatro horas de tempo de retenção hidráulica, obtiveram-se excelentes resultados com relação à remoção de matéria orgânica e à produção de biogás, conforme indicado na tabela 1 para um período de operação de sete meses.

Além disso, foi a primeira experiência em que se obteve com lodo granulado num reator Uasb, usando esgoto doméstico como substrato e lodo primário digerido convencionalmente como inóculo.

Este sistema comprovou, ainda que em escala de laboratório, o grande potencial do processo para tratamento anaeróbio de esgotos domésticos no Brasil.

Experiência com tanque Imhoff de 680 m³ transformado em reator Uasb

Tendo em vista o potencial demonstrado pelo reator Uasb no laboratório, e em função da situação crítica em relação ao tratamento de esgotos no Brasil, e em particular na Grande São Paulo (8), a Sabesp e a Cetesb decidiram tentar a repetição da experiência em grande escala, no menor tempo possível.

(1) Engenheiro/Coordenador do Programa de Biotecnologia da Cetesb-Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

(2) Química/Coordenadora do Projeto de Digestão Anaeróbia de Esgotos Domésticos em Reatores de Fluxo Ascendente/Cetesb.

(*) Palestra apresentada no "Encontro Estadual de Especialistas em Digestão Anaeróbia" DCEI (SICCT)/Cetesb (Soma) - 25 a 27 de setembro de 1985.

Remoção de DBO	72%
Remoção de DQO	65%
Remoção de Sólidos em Suspensão	61%
Remoção de Coliformes	74%
Produção de Biogás	118 NI/kgDQO
Conteúdo de CH ₄ no Biogás	75%
Conteúdo de N ₂ no Biogás	20%
Conteúdo de CO ₂ no Biogás	5%

Tabela 1 — Principais resultados obtidos com digestor de fluxo ascendente de 106 l instalado na Cetesb. Condições de Operação: esgoto pré-decantado, temperatura 35°C, tempo de retenção: 4 horas.

Desta forma, não havia tempo disponível para a construção de uma unidade otimizada de reator Uasb e decidiu-se aproveitar um tanque Imhoff existente na Estação de Tratamento do Ipiranga, da Sabesp, modificando-o para digestor de fluxo ascendente, mesmo sabendo que o projeto apresentaria falhas técnicas inerentes a uma adaptação (8).

A figura 1 apresenta um esquema do reator, construído em concreto, e tendo volume útil de 686 m³, com altura de 6,4 m, largura de 7,2 m e comprimento de 15 m.

Experiência com reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo otimizado para tratamento de esgotos domésticos — Escala de demonstração

Em função ainda da urgência de desenvolver o processo e da importância do mesmo na solução dos problemas nacionais de saneamento, a Cetesb passou a desenvolver, ao final de 1984, um projeto de biodigestor de fluxo

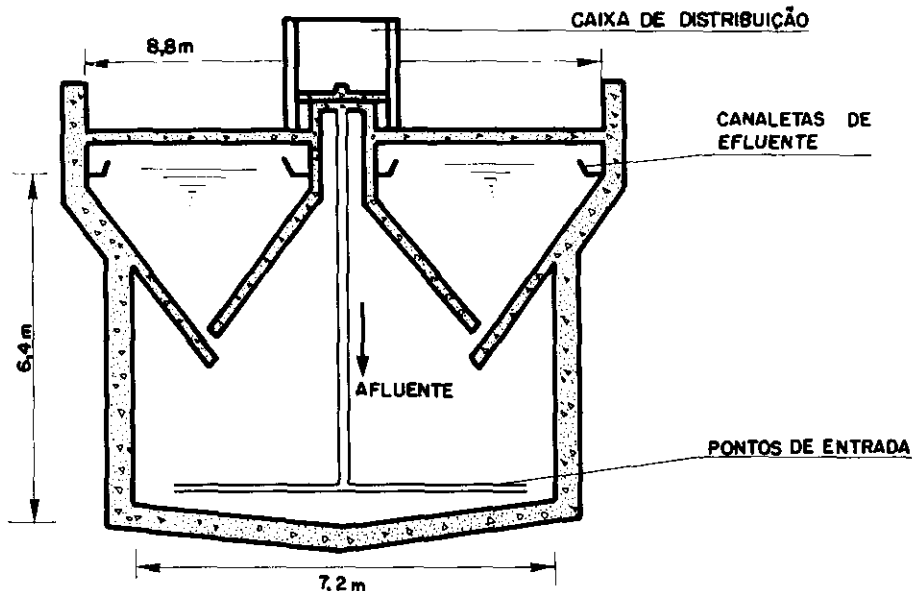


Figura 1 — Esquema do tanque Imhoff transformado em reator de fluxo ascendente de 686 m³, instalado na estação do Ipiranga da Sabesp

O sistema foi operado a partir de abril de 1985, com vazão de 5,5 l/s (tempo de retenção de 34,6 horas) e atualmente opera com 20 l/s (tempo de retenção de 9,5 horas), utilizando esgoto bruto pré-desarenado e pré-filtrado, à temperatura ambiente.

Até agosto de 1985, os resultados obtidos foram correspondentes apenas aos de um tratamento primário de esgotos, ou seja, cerca de 30% de remoção de DQO e 60% de remoção de sólidos em suspensão. As principais razões para a baixa eficiência observada foram consideradas como sendo principalmente a adaptação em si, e a qualidade do esgoto, que possuía uma considerável contribuição de efluentes industriais.

ascendente, otimizado especialmente para o tratamento de esgoto doméstico bruto. Todos os conhecimentos adquiridos, em particular na experiência de laboratório e na literatura especializada, foram reunidos para se projetar um biodigestor em escala de demonstração, com volume útil de 120 m³, suficiente para o tratamento dos esgotos de uma população de cerca de 4 mil habitantes.

O digestor foi construído em aço-carbono, revestido com epóxi, e tem formato circular, com decantadores tronco-cônicos. Um esquema do reator é apresentado na figura 2. O digestor tem 4,8 m de altura e 5,2 m de diâmetro na parte inferior.

O sistema, constituído de bombeamento dos esgotos, gradeamento e desarenação, além do biodigestor pro-

priamente dito, deverá entrar em pré- operação em 1986. Será utilizado esgoto bruto (sem prévia decantação primária) e o reator operará a temperatura ambiente.

Este sistema deverá solucionar os últimos problemas técnico-operacionais do biodigestor de fluxo ascendente, ainda pendentes para uma utilização em larga escala do processo.

Relação de experiências e primeiras aplicações dos biodigestores de fluxo ascendente para tratamento de esgotos

A tabela 2 apresenta uma listagem das principais experiências e aplicações em São Paulo e no Norte do Brasil, em andamento ou em fase de projeto das unidades.

Pode-se observar que já está prevista a aplicação do processo até para uma população de cerca de 200 mil habitantes (volume total de reatores de 7.200 m³), na cidade de Manaus.

Características de funcionamento esperadas para um biodigestor de fluxo ascendente (Uasb) otimizado para tratamento de esgoto doméstico bruto

A figura 3 apresenta um fluxograma típico de uma instalação de tratamento de esgotos por biodigestor de fluxo ascendente. A tabela 3 apresenta as características de funcionamento esperadas para um biodigestor otimizado.

Em função destas características, teríamos as seguintes consequências, considerando contribuições de esgoto de 200 l/habitante/dia e uma DQO média dos esgotos de 500 mg/l:

- volume do biodigestor — 25 a 40 l/habitante;
- área ocupada pelo biodigestor — 0,013 a 0,015 m²/habitante;
- biogás produzido — 12 a 15 NI/habitante/dia;
- lodo gerado — 14 a 20 g/habitante/dia;
- custo de instalação — 1,2 a 1,5 ORTNs/habitante.

Observa-se, então, que o biodigestor reúne algumas características que tornam o sistema uma alternativa extremamente atraente, tais como uma rela-

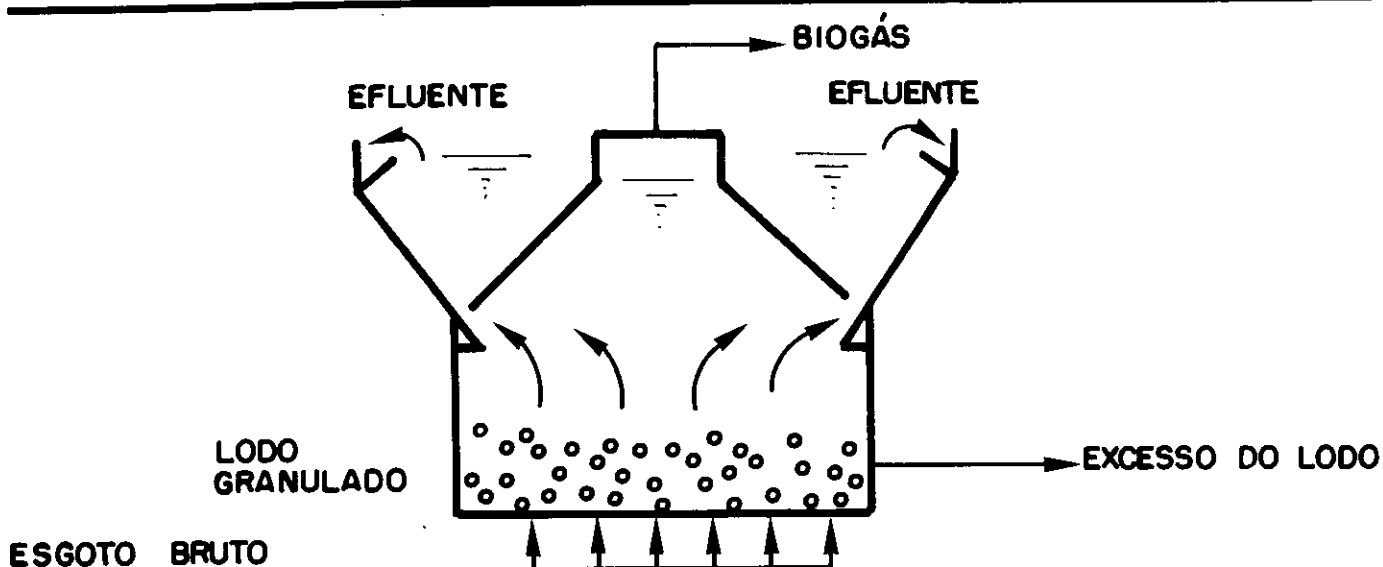


Figura 2 — Esquema do digestor anaeróbico de fluxo ascendente de 120 m³ otimizado instalado na Cetesb

Tabela 2 — Relação de experiências e primeiras aplicações dos biodigestores de fluxo ascendente (Uasb) para tratamento de esgotos em São Paulo e no Norte do Brasil

(1) Operação encerrada com esgoto pré-decantado e temperatura de 35°C e reiniciada com esgoto bruto e temperatura ambiente

Realizadores	Local	Tipo de Reator	Volume (m ³)	Estágio
Cetesb	Cetesb-SP	Uasb	0,1	(1)
Sabesp Cetesb	Ipiranga S. Paulo	Imhoff Adaptado	686	Em operação
Sabesp	V. Leopoldina S. Paulo	Uasb	3,7	Em operação
Cetesb Unicamp	Hosp. Unicamp Campinas	Imhoff Adaptado	180	Construído
Cetesb	Cetesb S. Paulo	Uasb Otimizado	120	Construído
Cetesb Pleuston	Manaus	Uasb Otimizado	7.200 (6x1.200)	Projetado
Sabesp	Rib. Pires	Uasb	1.600 (4x400)	Projetado
Cetesb Codebar	Barcarena (Pará)	Uasb Otimizado	2000	Em Início de Projeto

Tempo de Detenção	3 a 5 horas
Remoção de DBO	70 a 80%
Remoção de Patogênicos	80 a 90%
Remoção de Nutrientes	5 a 10%
Produção de Biogás	120 a 160 NI/kgDQO
Composição do Biogás	CH ₄ — 74 a 87%
	CO ₂ — 3 a 6%
	N ₂ — 10 a 20%
Produção de Lodo	70 a 100 g sólidos/m ³ esgoto

Tabela 3 — Características de funcionamento esperadas para um biodigestor de fluxo ascendente otimizado tratando esgotos domésticos

tivamente boa remoção de matéria orgânica, sem exigir equipamentos mecânicos, a um custo relativamente baixo e ocupando uma área reduzida. Além disso, o biogás pode representar uma fonte de recursos que minimizaria os custos do sistema e o lodo é gerado em quantidades relativamente pequenas, já se encontrando estabilizado.

Para projetos devidamente otimizados, não devem ocorrer problemas operacionais, uma vez efetuada corretamente a partida do reator.

Em locais próximos a residências, o digestor de fluxo ascendente deve ser construído totalmente fechado e o descarte de efluente também deve ser feito através de condutos fechados, para evitar problemas devido ao odor característico dos processos anaeróbios.

Estão sendo pesquisados métodos simples e baratos para o polimento do efluente do biodigestor, visando principalmente a uma remoção extra de matéria orgânica e à eliminação de odores e organismos patogênicos residuais.

Comparação entre processos de tratamento de esgotos

A tabela 4 apresenta, de forma simplificada, uma comparação entre os processos de digestor de fluxo ascendente, lodos ativados e lagoas de estabilização, para o tratamento de esgotos domésticos.

Observa-se, particularmente, que as grandes vantagens do digestor de fluxo ascendente em relação ao processo de

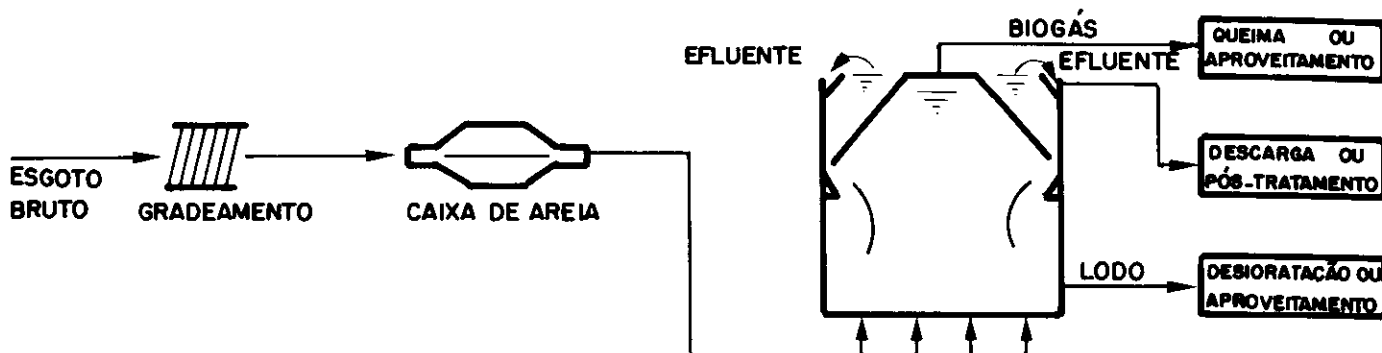


Figura 3 — Fluxograma típico de uma instalação de tratamento de esgotos por reator anaeróbio de fluxo ascendente

Processo / Característica	Digestor de Fluxo Ascendente (Uasb)	Lodos Ativados	Lagoas de Estabilização
Remoção de DBO	70-80%	80-90%	80-90%
Remoção de Patogênicos	Insuficiente	Insuficiente	Suficiente
Remoção de N, P	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente
Possível Odor	Sim	Não	Não
Custo	Reduzido	Elevado	Reduzido
Área Necessária	Pequena	Pequena	Grande
Operação/Manutenção	Simple	Complexa	Muito Simple
Subprodutos	Biogás-Lodo	Biogás-Lodo	Algas

Tabela 4 — Comparação entre processos de tratamento de esgotos domésticos

lodos ativados (aeróbio) são o custo e a simplicidade operacional do primeiro, principalmente por não exigir equipamentos eletromecânicos e não consumir energia para aeração.

Observa-se, ainda, que as principais vantagens do biodigestor de fluxo ascendente em relação às lagoas de estabilização são a pequena área necessária no primeiro processo, em contrapartida às enormes áreas requeridas para a implantação de lagoas, além da geração do biogás, um importante subproduto, pelo primeiro processo.

Necessidades de pesquisa e desenvolvimento

O extraordinário potencial representado pelo biodigestor de fluxo ascendente e manto de lodo para o tratamento de esgotos domésticos, conforme mostrado neste trabalho, não implica que não haja mais necessidade de pesquisas e desenvolvimento do sistema.

Qualquer processo tecnológico tende a estar em constante desenvolvimento, e, evidentemente, isto se aplica também ao digestor de fluxo ascendente.

Assim, podem-se recomendar algumas linhas de pesquisa que devem merecer atenção especial, tais como:

— comprovação em escalas maiores dos resultados já obtidos, utilizando

reduzidos tempos de retenção hidráulica;

— otimização do projeto dos biodigestores, em particular com relação ao formato, às velocidades permissíveis, às alturas adequadas, aos sistemas de distribuição e retirada e aos materiais de construção;

— otimização da operação dos biodigestores, com relação à partida, à retirada de lodo, aos fenômenos de granulação, à microbiologia do processo, à influência das variações de vazão e carga e à influência da presença de efluentes industriais nos esgotos;

— otimização dos sistemas auxiliares de tratamento preliminar dos esgotos, de pós-tratamento do efluente do biodigestor e de tratamento/aproveitamento do biogás e do lodo.

Referências bibliográficas

- 1 — LETTINGA, G. et alii. Anaerobic treatment of sewage and low strength wastewaters. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DIGESTION, 2. Federal Republic of Germany, 1981. *Proceedings*. Amsterdam, Elsevier Biomedical Press, 1982. p. 271-291.
- 2 — LETTINGA, G. et alii. Anaerobic treatment of raw domestic sewage at ambient temperatures using a granular bed UASB reactor. *Bio-technology and Bioengineering*, 25: 1701-23, 1983.
- 3 — SCHELLINKHOUT, A. Description del reactor y metodologia investigativa. Resultados de la planta piloto Cali (Wageningen, Holanda. Universidad de Agronomia). (Trabalho apresentado ao Seminário sobre Tratamento Anaeróbio de Águas Residuais, Cali, Colômbia, 1984).
- 4 — SCHELLINKHOUT, A. et alii. The application of the UASB reactor for the direct treatment of domestic wastewater under tropical conditions. In: ANAEROBIC TREATMENT OF SEWAGE: SEMINAR/WORKSHOP. Department of Civil Engineering University of Massachusetts of Amherst, 1985. *Proceedings*. Wageningen, Agricultural University, 18 p.
- 5 — GRIN, P. C.; ROERSMA, R. E. & LETTINGA, G. Anaerobic treatment of raw sewage of lower temperatures. In: ANAEROBIC WASTE WATER TREATMENT. EUROPEAN SYMPOSIUM, 1983. *Proceedings*. Wageningen, Agricultural University.
- 6 — GOMES, C. S. & AISSE, M. M. Research of SANEPAR and state of Parana, Brazil, with anaerobic digestion of domestic sewage in full scale/pilot plants. In: ANAEROBIC TREATMENT OF SEWAGE: SEMINAR/WORKSHOP. Department of Civil Engineering University of Massachusetts at Amherst, 1985. *Proceedings*. Federal University of Parana.
- 7 — VIEIRA, S. M. M. Tratamento de esgotos por digestores anaeróbios de fluxo ascendente. *Rev. DAE*, 44 (139): 322-328, dez. 1984.
- 8 — NUCCI, N. L. R. et alii. Anaerobic treatment — Research, development and perspectives in the state of São Paulo, Brazil. In: ANAEROBIC TREATMENT OF SEWAGE: SEMINAR/WORKSHOP. Department of Civil Engineering University of Massachusetts at Amherst, 1985. *Proceedings*. Sabesp, São Paulo.