

# Utilização de digestores anaeróbios de fluxo ascendente para o tratamento de vinhoto

M. E. Souza (1) e A. D. Garcia Jr. (1)

## Introdução e Objetivos

A implantação de novas destilarias para atender à demanda de etanol para uso automotivo trouxe consigo um aumento substancial na qualidade de vinhoto gerado e, associado, o aumento do potencial poluidor da indústria alcooleira.

Diversas alternativas de tratamento e disposição de vinhoto têm sido sugeridas e, no Estado de São Paulo, tem sido muito utilizada a aplicação direta do vinhoto às lavouras de cana-de-açúcar (1). Esta alternativa não pode ser aplicada em todas as situações por existirem riscos de contaminação dos lençóis freáticos e de salinização do solo. A digestão anaeróbia do vinhoto vem-se tornando uma alternativa bastante atraente na medida em que ocorre o desenvolvimento de digestores não convencionais que associam eficiências elevadas a tempos de detenção reduzidos (2) (3). Além disso, seus efluentes podem ser utilizados para a fertirrigação e a produção de excesso de lodo é bastante inferior a de outros sistemas de tratamento equivalentes; o gás produzido pode ser utilizado pela própria destilaria, liberando bagaço de cana para usos mais nobres.

A Cetesb, preocupada com o problema do vinhoto no ambiente, vem trabalhando com sistemas anaeróbios para seu tratamento desde 1978. Os estudos iniciais, em escala de laboratório, foram extremamente importantes para se obter um bom conhecimento das características do resíduo e para avaliar o comportamento do processo de biodigestão do vinhoto. Em 1982 a Cetesb (3) projetou e construiu uma unidade em escala semi-piloto baseada em toda a experiência adquirida e utilizando a tecnologia de reatores não convencionais. Os resultados obtidos neste sistema original e em sua modificação posterior são objeto deste trabalho e podem servir como parâmetros de orientação para a implantação de sistemas de grande porte.

(1) Cetesb — Engenheiro Químico, mestre em Engenharia Química.

## Metodologia

**Reator** — O sistema originariamente construído foi um filtro anaeróbio de fluxo ascendente com enchimento parcial. Este reator foi confeccionado em tubo de cimento-amianto com diâmetro interno de 0,3 m e altura útil de 2,6 m (volume útil de 185 l). O material de enchimento escolhido foi do tipo anéis Pall de 38 mm, em polipropileno, em função de seu baixo peso, de seu volume de vazios (91%) e de sua área superficial ( $130 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ). O enchimento foi colocado apenas nas regiões compreendidas entre as alturas de 0,15 a 0,35 m e 1,5 a 2,6 m do reator, a partir do fundo. Para sustentar o material de enchimento e melhorar a distribuição do escoamento interno foram instaladas placas de acrílico perfuradas nas alturas 0,15 m, 0,35 m, 1,5 m, 2,05 m e 2,6 m.

O reator operou com temperatura controlada em  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ , sendo utilizado um sistema composto de: banho de água termostatizado ( $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ), bomba centrífuga e serpentina de tubo plástico na parte externa do reator. As tubulações de circulação de água aquecida e o reator foram isolados do ambiente com lã de vidro.

As modificações introduzidas no reator consistiram da remoção do material de enchimento e das placas perfuradas entre as alturas de 1,5 m e

2,6 m e da instalação de um separador gás-líquido, para possibilitar a operação do reator como de fluxo ascendente com manto de lodo.

A medida da produção de gás foi realizada através de medidores mecânicos (Wet Test Meter, de Precisão Scientifics, ou MG2, de Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo).

A alimentação do sistema foi realizada com bomba tipo diafragma (Barbará SQ33) a partir de um tanque que continha a quantidade exata para um dia de operação. Quando necessário, o vinhoto sofria adição de soluções de nutrientes ( $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$  460 g/l) e correção de pH ( $\text{NaOH}/10\text{N}$ ) de modo a manter o digestor próximo às condições ótimas para o processo. Um esquema básico do sistema é apresentado na figura 1.

## Matéria-prima

O restilo concentrado utilizado para os estudos foi coletado na Usina Santa Elisa (Sertãozinho-SP) e, diariamente, era diluído na proporção 1:25 com água potável antes de ser utilizado para alimentar o reator.

## Métodos analíticos

Todas as determinações analíticas foram realizadas de acordo com o recomendado por Vieira e Souza (4).

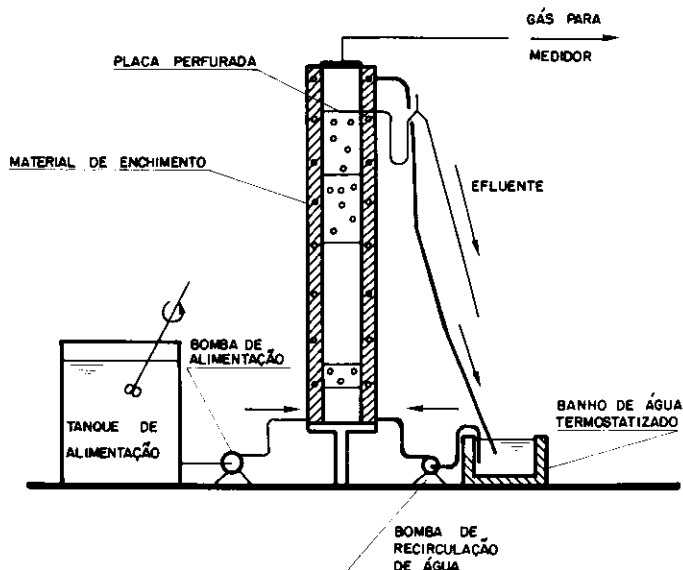


Figura 1 — Representação esquemática do sistema utilizado

## Partida do reator

O reator foi preenchido com lodo em digestão da ETE de Pinheiros da Sabesp e, após dois dias, foi iniciada a alimentação com tempo de detenção hidráulica de 20 dias.

Após a modificação no reator, foi realizada nova partida similar e, desde então, não mais se reinoculou o reator.

## Resultados e Discussão

### Filtro anaeróbio modificado

Após o início da operação do reator este foi submetido a aumentos graduativos da carga aplicada até se atingir a condição de regime estacionário indicada na tabela 1. Foram obtidas excelentes remoções de matéria orgânica (82% para DQO e 93% para DBO) e produção de gás (0,38 Nm<sup>3</sup>/kgDQO aplicada) para uma carga orgânica aplicada de 9,3 kgDQO/m<sup>3</sup>/dia.

### Digestor de fluxo ascendente e manto de lodo

Após a realização das modificações no reator, foi novamente utilizada a técnica de aumento gradativo da carga aplicada até se atingir a condição de 3,08 dias de tempo de detenção hidráulica (Condição I), quando o sistema foi deixado estabilizar para caracterização do regime estacionário. Em seguida, iniciou-se novo aumento da carga aplicada até se atingir 1,78 dia de tempo de detenção hidráulica e se caracterizou o regime estacionário da Condição II. Em nenhum momento se realizou descarte de lodo.

Os valores médios para os dois períodos de regime estacionário estão indicados na tabela 2.

Os resultados obtidos nas condições I e II indicam eficiências de remoção de matéria orgânica razoáveis (71% e 60% para DQO e 80% e 67% para DBO, nas condições I e II, respectivamente). Observou-se, entretanto, que houve muitas perdas de sólidos em suspensão pelo efluente por não

Parâmetro	Afluente	Efluente
DQO	22,5	4,1 <sup>(1)</sup>
DBO	9,5	0,65 <sup>(2)</sup>
Sólidos em Suspensão	5,5	1,6
N-Amo-niacal	—	0,2
N-Total	0,6	0,3
P-Total	0,3	0,15
Sulfatos	0,8	0,1
Sulfetos	—	0,03
Potássio	2,0	2,0

(1) DQO Solúvel = 2,1 g/l  
(2) DBO Solúvel = 0,25 g/l

Tabela 2 — Resultados médios dos regimes estacionários para digestor anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo

Parâmetro	Afluente	Efluente Condição I	Efluente Condição II
DQO	28,8	8,4 <sup>(1)</sup>	11,4 <sup>(3)</sup>
DBO	13,8	2,7 <sup>(2)</sup>	4,5 <sup>(4)</sup>
Sólidos em Suspensão	3,4	4,0	4,4
N-Amo-niacal	0,06	0,07	0,06
N-Total	0,4	—	—
P-Total	0,2	—	—
Sulfatos	0,8	< 0,02	< 0,02
Sulfetos	—	0,02	0,03
Potássio	1,3	1,3	1,3

- (1) DQO solúvel = 3,2 g/l  
(2) DBO solúvel = 1,6 g/l  
(3) DQO solúvel = 4,6 g/l  
(4) DBO solúvel = 2,5 g/l

Todas as concentrações em g/l

Condições de operação	I	II
Tempo de detenção hidráulica (dias)	3,08	1,78
Carga orgânica aplicada (kgDQO/m <sup>3</sup> .dia)	9,4	16,2
Produção de gás (Nm <sup>3</sup> /kgDQO aplicada)	0,33	0,30
Composição do gás: CH <sub>4</sub> (%)	65,5	63,1
CO <sub>2</sub> (%)	33,7	36,0
H <sub>2</sub> S (%)	0,8	0,9
Adição de NaOH (kg/m <sup>3</sup> alimentação)	1,7	2,2

ter havido descarte de lodo do reator; é provável que os valores de DQO e DBO no efluente fossem significativamente inferiores se tivesse ocorrido descarga de lodo. Uma estimativa da eficiência máxima permitida pelo sistema pode ser obtida utilizando os valores de DQO e DBO no efluente filtrado e as eficiências obtidas (89% e 84% para DQO e 88% e 82% para DBO, nas condições I e II, respectivamente), indicam que há necessidade de um sistema adequado de separação de sólidos.

Observou-se, também, uma redução na eficiência do sistema com o aumento da carga aplicada.

Mesmo com eficiências de remoção de DBO da ordem de 90% ainda poderá haver necessidade de um sistema de pós-tratamento se a descarga do vinhoto tratado for realizada em corpos receptores.

Durante as condições I e II foi ne-

cessária a adição de NaOH para manter o pH do digestor entre 6,8 e 7,2.

A presença de H<sub>2</sub>S implica a necessidade de algum tipo de purificação do gás antes de seu uso com combustível.

## Conclusões

A aplicação de digestores não convencionais (Filtro Anaeróbio Modificado e Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manto de Lodo) ao tratamento do vinhoto é uma alternativa viável, apresentando boa eficiência de remoção de matéria orgânica com tempos de detenção hidráulica inferiores a três dias. Para lançamento do vinhoto tratado em corpos receptores é recomendável a realização de pós-tratamento.

A presença de H<sub>2</sub>S no gás, na faixa de 1%, implica a necessidade de sua remoção antes da queima ou armazenamento do gás.

Tabela 1 — Resultados médios do regime estacionário para filtro anaeróbio modificado

Condições de operação
Tempo de detenção hidráulica = 2,42 dias
Carga Orgânica Aplicada = 9,3 kgDQO/m <sup>3</sup> /dia
Produção de gás = 0,38 Nm <sup>3</sup> /kgDQO aplicada
Composição do gás — CH <sub>4</sub> = 61,5%
CO <sub>2</sub> = 37,5%
H <sub>2</sub> S = 1,0%
Todas as concentrações em g/l
Adição de 98 mgN/l e 108 mgP/l

## Referências bibliográficas

1. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA - Anais do Seminário Internacional sobre Tratamento de Vinhoto. Rio de Janeiro, 1976.
2. SHEEHAN, G. J. e GREENFIELD, P. F. "Utilisation, treatment and disposal of distillery wastewater". *Water Research*, 14, (3), 257-277, 1980.
3. CETESB — Desenvolvimento de sistemas alternativos de digestão anaeróbia de resíduo. Relatório Anual, 1982.
4. VIEIRA, S. M. M. e SOUZA, M. E. — "Métodos analíticos para a acompanhamento da biodigestão". *Energia — Fontes Alternativas*, 3, 15, 26-38, 1981.