

DETERMINAÇÃO DE TEMPO DE RESIDÊNCIA MÉDIO -TRM - EM UM DIGESTOR ANAERÓBIO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE BARUERI COM UTILIZAÇÃO DE TRAÇADOR RADIOATIVO.

Luiz Carlos Helou*,
Pedro Eiti Aoki**,
Cristiane da Silva Vitoreti*,
Valdir Cosmos da Silva** e
Fábio Alceu Akiyama de Moraes*

* Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP
Unidade de Negócios de Tratamento de Esgotos
Av. 1 de Maio, s/n. - Vila Aldeinha
Barueri, SP.

** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP
Centro de Tecnologia das Radiações – CTR
Travessa R, 400 – São Paulo, SP.

RESUMO

A produção de gás nos digestores da Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri apresenta valores inferiores aos de projeto. Tal fato levou à hipótese de que pudesse haver zonas mortas por deficiência de homogeneização. Para a verificação desta hipótese foi realizado um ensaio em escala real em um digestor utilizando-se o iodo-131 como traçador. Este ensaio foi realizado no âmbito do Convênio de Cooperação Mútua entre a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, SABESP e o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN. O resultado obtido mostra um volume ativo de cerca de 88% do nominal.

Keywords: radioactive tracer, digestor, anaerobic, hydraulic retention time, dead zone

I. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho foi a determinação do tempo de residência médio, TRM, e do nível de mistura do digestor anaeróbio da Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, através da injeção de traçador radioativo na tubulação de alimentação dos digestores.

A planta analisada localiza-se no município de Barueri, na margem esquerda do rio Tietê em terreno limitado por este curso d'água e pela estrada de ferro da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos, CPTM. A ETE Barueri trata os esgotos das regiões centro, oeste e parte da região sul do Município de São Paulo, além de receber contribuições dos Municípios de Barueri, Jandira, Itapevi, Carapicuíba, Osasco, Embu, Taboão da Serra e Itapeirica da Serra. O processo de tratamento é o de lodos ativados convencional. Atualmente a estação tem uma

capacidade nominal de 9,5 m³/s e a vazão afluyente média é de 7,0 m³/s.

Este estudo procurou avaliar as condições de mistura do digestor anaeróbio número 2C.

A digestão anaeróbia, junto com as operações unitárias de concentração de lodo, adensamento e flotação, compõe as unidades de tratamento da fase sólida.

Segundo as especificações operacionais da Estação, os digestores foram concebidos de forma a operar hidraulicamente em regime de mistura completa e sob temperaturas variando na faixa entre 32 °C e 35 °C. Tais condições permitem a utilização dos digestores como unidades de alta taxa.

A alimentação dos digestores efetua-se através de duas tubulações externas de diâmetro de 200mm, uma de lodo adensado e outra de lodo flotado, que se interligam numa caixa de válvulas. Desta caixa deriva uma tubulação de diâmetro 200mm em direção aos digestores. Junto a cada

digestor, a tubulação de entrada divide-se em três outras, para a distribuição interna do lodo no digestor.

O procedimento operacional de alimentação dos digestores é automático e temporizado e executa-se de forma exclusiva, isto é, a alimentação faz-se isoladamente em relação às outras unidades. Como existem quatro digestores, cada um deles é alimentado durante vinte minutos. Esta forma de alimentação visa a distribuição equitativa da vazão entre as unidades de digestão. As Figuras 1(a) e 1(b) mostram o aspecto geral dos digestores.

Os digestores possuem seis saídas para extração de lodo, instaladas em níveis diferentes de maneira que as quatro superiores destinem-se à retirada do sobrenadante: a quinta, contada de cima para baixo, corresponde a sucção para recirculação e aquecimento de lodo; a sexta, e última, destina-se à tomada de lodo na parte central e inferior do digestor. Todas essas saídas estão interligadas por meio de uma coluna vertical e outros circuitos característicos, de modo que permitem variar significativamente as alternativas de conexão entre os digestores, o poço de lodo digerido, as bombas de recirculação e as bombas de deslocamento positivo de um mesmo conjunto de tanques.

O lodo contido em cada digestor deve ser agitado adequadamente de forma a manter os sólidos suspensos voláteis dispersos e homogêneos na massa líquida para constante contato com o substrato. Essa agitação é fornecida pela aplicação de gás comprimido, extraído da cúpula do digestor, a uma profundidade que corresponde a 80% da coluna líquida máxima tomando como referência o centro do tanque. A injeção de gás se dá através de onze pontos igualmente distribuídos por uma circunferência de raio aproximado de 70% do raio da estrutura. Um décimo segundo ponto de aplicação de gás, está instalado sobre uma circunferência de raio 5,65m para atuar mais diretamente sobre a zona central do tanque.

O tempo de residência médio, ou tempo de detenção hidráulico, é um parâmetro fundamental na avaliação do controle de processo operacional, pois está implicitamente ligado à produção de gás e à drenabilidade do lodo. Ou seja, com a diminuição da produção de gás, devido à redução da destruição de sólidos voláteis, haverá um aumento da concentração de sólidos voláteis afluindo aos processos de desidratação.

Altas concentrações de sólidos voláteis são prejudiciais à drenabilidade do lodo, terminando por aumentar o tempo de ciclo e o volume de lodo desidratado.



Figura 1 (a): Cúpula do digestor (L.C. Helou)



Figura 1 (b): Vista geral do digestor (L.C. Helou)

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Tossey e Norton (1976) [1], utilizando-se de modelos em escala real, concluíram que a alimentação perimetral de digestores pode aumentar a produção de gás em até 27%. Monteith, Hugh e Stephenson [2], utilizaram fluoreto de sódio como traçador na avaliação do tempo de residência de digestores anaeróbios. Chapman (1986) [3] estudou a influência da potência de mistura e a frequência de bombeamento de lodo bruto no grau de mistura para digestores anaeróbios de alta taxa, utilizando técnicas de traçadores. O digestor analisado combinava o lodo primário e o ativado. Seis tempos de residência foram obtidos injetando-se cloreto de lítio no digestor e medindo-se a concentração de lítio na linha entre os digestores primários e secundários. O resultado da experiência foi a determinação do volume ativo dos digestores.

A seguir, apresentam-se algumas abordagens teóricas propostas:

Método de Wolf e Resnick A variação da concentração de um traçador conservativo em um digestor de mistura completa pode ser matematicamente descrito como:

$$C = C_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad (1)$$

onde:

C: é a concentração do traçador no tempo t

C₀: é a concentração do traçador no instante inicial (t=0)

T: tempo de detenção teórico do digestor

A equação acima pode ser reescrita como:

$$\frac{C_0 - C}{C_0} = \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \quad (2)$$

Supondo-se o reator completamente misturado, sem zonas mortas, quando t/T=1, a equação (2) mostra que se

tem uma recuperação de aproximadamente 63% do traçador, ou seja, em condições ideais, 63% do traçador deixa o corpo do digestor após um tempo de detenção.

No caso de se incluir zonas mortas, a equação (1) pode ser escrita como:

$$\frac{C}{C_0} = e^{-\frac{t}{T} \cdot \frac{1}{1-D}} \quad (3)$$

Onde:

D é um fator entre 0 (inclusive) e 1 (inclusive) que representa a influência das zonas mortas.

A curva $\ln(C/C_0)$ em função de (t/T) fornecerá o valor do volume morto do reator baseado na declividade da curva $[1/(1-D)]$.

Método de Moneith e Stephenson Para um traçador conservativo nas condições C e C_0 definidos anteriormente, Moneith e Stephenson (1981) [2] definiram para um digestor completamente misturado a seguinte equação:

$$\frac{C}{C_0} = \left(\frac{V}{V_A} \right) \cdot e^{-\left[\frac{t}{t_{obs}} \left(\frac{V}{V_A} \right) \right]} \quad (4)$$

onde:

V: volume nominal do digestor

V_A : volume ativo do digestor

t_{obs} : tempo de detenção hidráulico observado na zona de mistura

O *volume morto* do digestor é calculado através do diferencial $V-V_A$ e, é definido como o volume no qual o digestor retém o traçador por um período superior ao tempo de retenção teórico.

Traçando-se a curva $\ln(C/C_0)$ em função de t obtém-se com a declividade o tempo de residência do digestor, enquanto o intercepto com o eixo das abscissas representa a porcentagem do volume ativo do digestor.

Determinação do tempo médio de residência com traçadores radioativos Considerando-se um digestor qualquer, com vazão constante de entrada e saída, determina-se o tempo médio de residência como se segue:

Na seção de entrada, injeta-se uma solução radioativa, de forma pontual, com meia-vida e atividades conhecidas; em seguida, inicia-se o monitoramento na seção de saída por meio de um sistema de detecção de radiação, com a finalidade de registrar a radiação emitida pelo traçador, em termos de contagens por minuto, que pode então ser correlacionada com a concentração deste elemento.

O sistema de detecção da radiação emitida pelo radioisótopo, consiste em uma sonda e um espectrômetro que processa e registra os sinais recebidos. A unidade de medida dos registros é a contagem por intervalo de tempo. Esse intervalo é fixado em função da duração prevista para

o ensaio, sendo usual utilizar-se de um ou dois minutos quando se tratar de aplicações de curta duração, da ordem de horas.

Segundo IPEN (2001) [4], cada registro obtido representa o efeito combinado das radiações provenientes do traçador e do ambiente (*background, ou BG*). A contagem líquida é a diferença entre o valor do registro e o BG. Em decorrência do fenômeno do decaimento radioativo que ocorre no período entre a injeção e a detecção do traçador, corrige-se a contagem líquida por meio de um fator maior que um, de acordo com a equação do decaimento. Este fator dependerá da meia-vida do radioisótopo e do intervalo de tempo decorrido entre a injeção e a detecção.

Os pontos obtidos são lançados em um gráfico concentração em função do tempo. O tempo médio de residência é calculado a partir do centro de massa da curva concentração em função do tempo extrapolada.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Equipamentos O sistema de detecção da radiação utilizado, foi composto por um espectrômetro monocanal Minekim modelo 9502 e uma sonda cintiladora gama de NaI (TI) de duas polegadas de diâmetro. A sonda cintiladora gama utiliza um detector de iodeto de sódio ativado com tálio de duas polegadas de altura, acoplado opticamente a uma fotomultiplicadora em uma unidade selada. O pré-amplificador e o detector são montados em um conjunto hermeticamente fechado em aço inoxidável. O cabo elétrico que interliga esse conjunto com o espectrômetro tem cerca de 100 m de comprimento, suficiente para a maioria dos trabalhos de aplicações de radioisótopos.

O traçador escolhido para o ensaio foi o radioisótopo Iodo 131, na forma química NaI. O Iodo 131 tem meia-vida de aproximadamente 8 dias, sendo altamente conveniente para a maioria dos trabalhos de determinações de tempos médios de residência, devido à flexibilidade dos tempos de duração dos trabalhos que podem variar de horas a semanas.

Para as campanhas, utilizaram-se atividades da ordem de 110 mCi ($4,07 \times 10^9$ Bq) em cada uma das aplicações.

Instalou-se, na tubulação de entrada do digestor 2C, um dispositivo injetor composto por um tubo de aço galvanizado de $\frac{3}{4}$, duas válvulas de fechamento rápido e um manômetro diferencial. Uma das extremidades desse tubo foi acoplada à tubulação de entrada do digestor, e a outra a uma linha de alimentação de água; o manômetro foi instalado entre uma das válvulas e a tubulação de alimentação do digestor, de forma a se conhecer a pressão existente em seu interior, mantendo-se o restante do tubo isolado. Desta maneira, foi possível introduzir o traçador em uma câmara intermediária que, por sua vez, ficava isolada da linha de alimentação de água por meio da outra válvula. O esquema geral está mostrado na Figura 2.

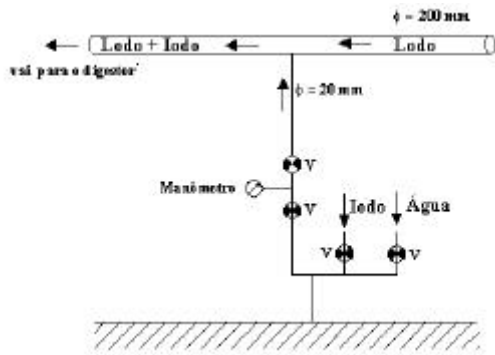


Figura 2 – Esquema de injeção de Iodo radioativo



Figura 3(a): Ponto de injeção do traçador – conduto central (L.C.Helou)



Figura 3(b): Posição da sonda de detecção (L.C.Helou)

As injeções de traçador obedeciam a seqüência:

- as válvulas do lado do digestor e da alimentação de água eram mantidas fechadas
- introduzia-se o traçador na câmara
- abria-se a válvula do lado do digestor
- abria-se a válvula da linha de alimentação de água para realizar a injeção

Após a última etapa (d), deixava-se o registro aberto por cerca de cinco minutos para que o fluxo de água efetivamente introduzisse o traçador no digestor

Durante os testes uma sonda cintiladora gama foi posicionada na seção de saída do digestor (válvula telescópica, Fig. 3 (b)), devidamente fixada para evitar choques mecânicos. O espectrômetro monocanal foi instalado em local protegido de intempéries, na sala dos digestores.

As medições eram registradas de minuto em minuto, iniciando-se sempre alguns minutos antes da injeção do traçador. Dessa maneira, obtiveram-se os valores da contagem e do *background*.

IV. RESULTADOS OBTIDOS

Com os dados obtidos, elaborou-se uma curva da CPM (contagens/minutos) em função do tempo, onde o tempo de detenção do digestor 2C é o centro de massa desta curva. O ensaio de campo teve duração de aproximadamente 7 dias. A partir deste instante a curva foi extrapolada até o tempo $t=150$ dias.

Comparando-se o TRM obtido com o valor teórico do tempo de detenção hidráulico, dado pela relação entre o volume do digestor e a vazão de alimentação, obtém-se a porcentagem de zonas mortas existentes no digestor.

SABESP Barueri - Digestor 2C - Curva de Detecção e Regressão - 20 a 27 de Junho de 2001

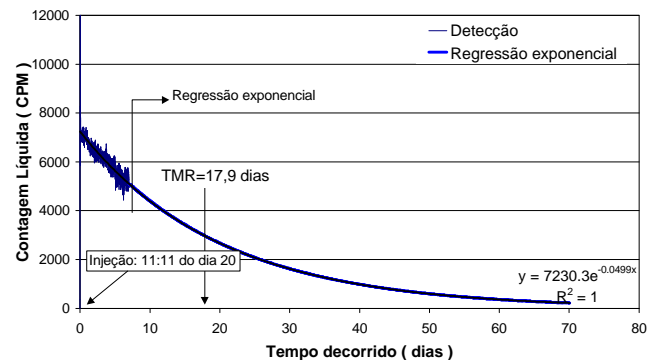


Figura 5 – Curva contagem líquida em função do tempo decorrido para obtenção de TRM

V. CONCLUSÃO

Para a época do ensaio, a vazão de alimentação correspondia a $518,4\text{ m}^3/\text{d}$ (6 L/S) e o volume do digestor é de 10.500 m^3 , o que fornece um tempo de detenção hidráulico teórico de 20,2 dias. Comparado com o TRM obtido, de 17,9 dias, verifica-se um aproveitamento de 88% do volume nominal do digestor. Isto implica em zonas mortas da ordem de 12%, o que não justifica a baixa produção de gás.

VI. FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

Para a confirmação dos resultados obtidos seria necessário repetir-se o procedimento adotado para os demais digestores da ETE Barueri.

Este tipo de ensaio pode ser aliado a uma política operacional de se drenar e limpar digestores cujo volume de zonas mortas ultrapasse um determinado valor, que deverá ser avaliado.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a colaboração do Téc. Edmilson Amorim do IPEN, da equipe de operação da ETE Barueri pela inestimável colaboração durante a realização do ensaio de campo e da engenheira Gisela Nascimento Helou pela ajuda na formatação do texto final.

REFERÊNCIAS

- [1] TOSEY D. e J.W. NORTON, **Effective Digester Mixing Using Minimum Horsepower**, WPCF, Minn, 1976
- [2] MONTEITH, H. STEPHENSON J., **Mixing Efficiencies in full-scale anaerobic digester by tracer methods**, Journal WPCF, Volume 53, N° 1, 1981
- [3] CHAPMAN D., **Anaerobic Sludge Digester Tracer Studies to Assess Alternative Mixer Configurations** – Environment Canada, Wastewater Technology Centre, Burlington, Ontario.
- [4] IPEN - **Determinação da Distribuição de Tempo de Residência nos Digestores 1A e 2C da Estação de**

Tratamento de Esgotos de Barueri – Sabesp, Convênio Sabesp 031/95 –A Outubro de 2001

[5] DUPONT, R.R. e CURTIS, B.A. E JEFFREY A. L. **Field evaluation of full scale anaerobic digester**

[6] NOLASCO D. A et al. **How often should we clean our anaerobic digesters? Optimizing mixing and performance using tracer and sampling techniques**. 2000.

[7] SABESP-HIDROSERVICE, **Programa de Controle Operacional – ERQ Barueri Descrição das Instalações e Processo**, Tomo 6, 1988

ABSTRACT

Gas production in the Barueri Wastewater Treatment Plant digesters shows lower values than projected. This fact conducted to the hypothesis that there could be dead zones caused by homogenization deficiencies. In order to verify this hypothesis a full scale essay was conducted with Iodine – 131 as tracer. A Mutual Cooperation Agreement was signed between the São Paulo Basic Sanitation Company (SABESP) and the Nuclear and Energetic Research Institute (IPEN) to conduct these essays. The results showed that the active volume was almost 88% of the nominal capacity.