



### III-193 - APLICAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA PARA DESTINAÇÃO DO CHORUME DE ATERRO SANITÁRIO PARA DIFERENTES ETEs NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

**Jorge Hamada<sup>(1)</sup>**

Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia – Campus UNESP de Bauru. Engenheiro civil, mestrado e doutorado em hidráulica e saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP, consultor na área ambiental especialmente para manejo de resíduos sólidos.

**Heraldo Luiz Giacheti**

Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia – Campus UNESP de Bauru. Engenheiro civil, mestre e doutor em Geotecnia pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP, pós-doutorado na University of British Columbia - Vancouver, Canadá. Consultor na área de geotecnia e geotecnia ambiental.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Martinha Dal Médico, n. 1-35, Cep: 17.018-150, Bauru – SP, Brasil. Fone: +55-14-3879-1017, +55-14-3103-6112, Fax: +55-14-3103-6101. E-mail: joha@feb.unesp.br.

#### RESUMO

O tratamento e destinação do chorume de aterros sanitários permanecem como um grande desafio para os operadores desses sistemas. Uma das alternativas empregadas para a destinação do chorume tem sido as estações de tratamento de esgotos (ETEs). Devido a restrições no porte e na natureza das ETEs existentes no interior dos Estados, a destinação do chorume para essas instalações deve ser planejada adequadamente. O presente trabalho descreve uma estratégia adotada por um operador de aterro sanitário, que tem como objetivo a possibilidade de destinar seu chorume para três diferentes ETE's, não superando as capacidades estabelecidas para esses sistemas, além de metas paralelas para seu tratamento *in loco*. No estudo foram consideradas as capacidades das ETEs mais próximas, além do regime de geração do chorume ao longo dos anos, incluindo como variáveis sua quantidade e qualidade e os dispositivos de armazenamento existentes e previstos em projeto. Os resultados apresentados demonstram que a estratégia idealizada para encaminhamento às ETEs teria, em tese, flexibilidade para absorver as variações de vazão de chorume, que ocorrerão durante a operação do aterro sanitário. Em virtude das restrições crescentes na qualidade do efluente das ETEs existentes (vide CONAMA nº 357/2005), foram consideradas também metas para instalação de uma estação local para tratamento preliminar do chorume, visando atenuar e flexibilizar a carga de contaminantes encaminhadas às ETEs.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterro sanitário, Chorume, Manejo, Estação de Tratamento de Esgotos.

#### INTRODUÇÃO

O tratamento e destinação do chorume de aterros sanitários permanecem como um grande desafio para os operadores desses sistemas, uma vez que a qualidade exigida para o efluente final normalmente extrapola a qualidade requerida pelo corpo receptor. Isto ocorre principalmente devido a elevada concentração de matéria orgânica normalmente presente no chorume e às variáveis qualitativas e quantitativas associadas, tais como idade do aterro, área ocupada e regime climático, dentre outras.

Uma das alternativas empregadas para a destinação do chorume tem sido as estações de tratamento de esgotos, pois embora sejam associados valores elevados de DBO e DQO, as vazões de chorume são comparativamente baixas, quando comparadas à vazão de esgoto. Este fato pode ser considerado verdadeiro quando se avaliam os valores médios anuais, mas devido ao regime concentrado de geração de chorume durante determinados meses, o impacto sobre as ETE's pode ser significativo. Devem ser consideradas, ainda, as novas exigências ambientais com relação à qualidade do corpo receptor, que abrangem novos parâmetros de qualidade, tais como o nitrogênio, presente em elevadas concentrações no chorume.

A dificuldade para destinação do chorume de aterros no interior do Estado de São Paulo pode ser agravada, por haver o predomínio de ETE's de pequeno porte, constituídas por lagoas de estabilização, que apresentam baixa flexibilidade em receber cargas complementares.



Assim, os operadores de aterros devem optar por implantar não somente tanques de equalização, mas sistemas de pré-tratamento e também estratégias que visem a distribuição do chorume para diferentes unidades para co-tratamento com esgotos domésticos.

O presente trabalho descreve uma estratégia adotada por um operador de aterro, que tem como meta a possibilidade de destinar seu chorume para três diferentes ETE's, não superando as capacidades estabelecidas para esses sistemas. Paralelamente, foram estabelecidas metas para implantação de uma estação de tratamento local, com o objetivo de melhorar a qualidade do efluente final, uma vez que os custos de destinação passam a ter influência significativa na operação do sistema.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para compreensão do regime de geração de chorume ao longo do tempo e de como será o procedimento para seu gerenciamento, elaborou-se uma planilha detalhada, onde foram dispostos os parâmetros mais significativos. Os parâmetros são apresentados a seguir:

- Volume de percolado ou chorume gerado mensalmente ( $m^3$ ). Proporcional à área ocupada pelo aterro.
- DBO média mensal esperada para o chorume gerado pelo aterro ao longo do tempo.
- Carga orgânica em termos de kg de DBO por dia, representada pelo chorume gerado.
- Volume mensal encaminhado para as Estações de Tratamento de Esgotos da SABESP. ETE 1 representa a estação mais próxima; ETE 2 a segunda estação.
- Carga orgânica encaminhada para o conjunto de lagoas das ETEs 1 e 2, respeitando-se as capacidades individuais, ou seja, um máximo de 10 kgDBO/dia para a ETE 1 e de 100 kgDBO/dia para a segunda ETE.
- Volume excedente, além das capacidades das ETEs 1 e 2, que deve ser encaminhado para um terceira Estação de Tratamento de Esgotos, denominada ETE 3. Esse volume foi estabelecido, empregando-se a capacidade de acumulação das lagoas L1 e L2 do aterro.
- As lagoas L1 e L2 do aterro sanitário, foram construídas para equalização do chorume.
- Identificação da carga orgânica excedente, que estaria sendo encaminhada para uma ETE 3 (que excedeu a capacidade das ETEs 1 e 2).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No balanço efetuado, procurou-se destacar o cenário de como será o regime de geração de chorume, do ponto de vista de sua qualidade e quantidade e seu respectivo controle. Para ilustrar os resultados obtidos foram elaboradas as Figuras 1 a 3, que apresentam os cenários de vazão e carga orgânica esperados no decorrer da operação do Aterro Sanitário.

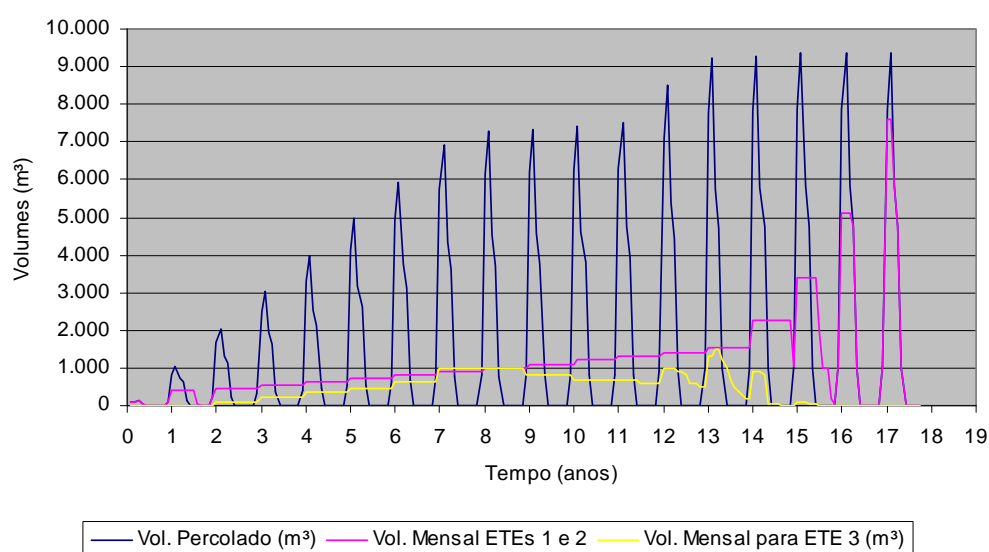
O cenário descrito teve as seguintes premissas:

- O regime adotado para estimativa de geração de chorume baseou-se no balanço hídrico médio.
- Não se considerou a capacidade de redução da DBO nas lagoas L1 e L2 do aterro sanitário.
- Procurou-se minimizar o acúmulo de chorume nos primeiros 2 anos de operação do aterro, uma vez que nesse período há predomínio da fase ácida na massa de lixo aterrada, o que pode resultar na exalação de odores mais fortes a partir do chorume acumulado.
- A partir do 3º ano, procurou-se empregar a capacidade de armazenamento das lagoas L1 e L2 para regularização da vazão a ser encaminhada para a 3ª ETE.
- A capacidade máxima conjunta das ETEs 1 e 2 é de 110 kgDBO/dia.

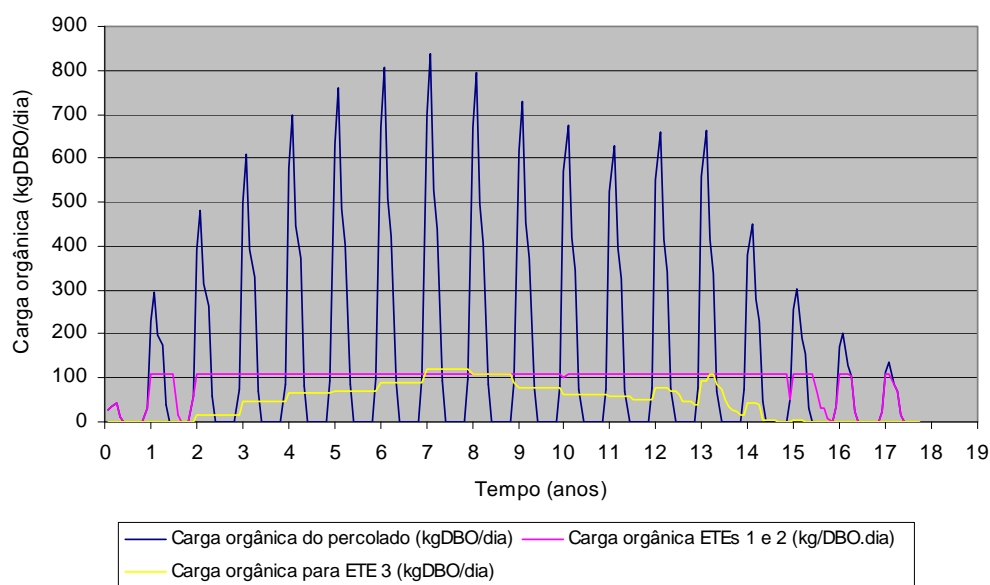
Com base nas premissas adotadas e no cenário resultante dos estudos efetuados, as seguintes conclusões e observações são pertinentes:



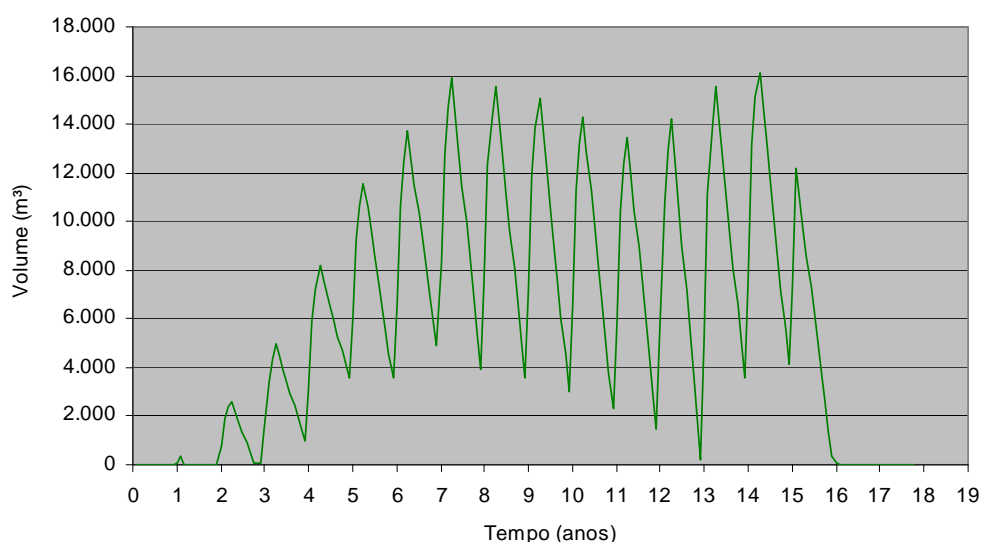
- Embora a concentração esperada para o chorume nos primeiros anos seja elevada, a vazão resultante, que é limitada, resulta em cargas orgânicas reduzidas, permitindo o envio do chorume para o conjunto de ETEs 1 e 2.
- A lagoa de armazenamento de chorume no aterro, L2, somente será necessária a partir do 4º ano de operação.
- Com o avanço do aterro ocorre o aumento da vazão, mas a DBO do chorume tende a diminuir, de forma que a expectativa para maior carga orgânica ocorra no 7º ano de operação.
- Com o regime de operação proposto, a maior carga orgânica a ser encaminhada para uma 3ª ETE será de 121 kgDBO/dia.
- A expectativa até o final do 5º ano é que a carga orgânica excedente, que seria encaminhada para uma ETE 3, seria inferior a 70 kgDBO/dia e até o final do 6º ano, inferior a 100 kgDBO/dia.
- A maior carga orgânica do chorume será 838 kgDBO/dia bruto, sem considerar qualquer equalização.



**Figura 1:** Estimativa de volume de chorume gerado e a ser encaminhado para ETEs.



**Figura 1:** Estimativa de carga orgânica do chorume gerado e encaminhado as ETes



**Figura 2:** Regime de operação das lagoas de armazenamento de chorume no aterro sanitário (L1 e L2)

## METAS PARA TRATAMENTO LOCAL

Paralelamente à estratégia operacional estabelecida, foi considerada a implantação de uma estação de tratamento de efluentes local, com o objetivo de atenuar a carga de contaminantes do chorume, reduzindo os custos de destinação, uma vez que estão vinculados especialmente à carga orgânica e também à concentração de nitrogênio.

Devido à cadeia de constituintes existentes no chorume, não se considerou uma solução única de tratamento. Ao invés disso, se emprega uma combinação de processos, com cada um representando uma função específica no tratamento de chorume.



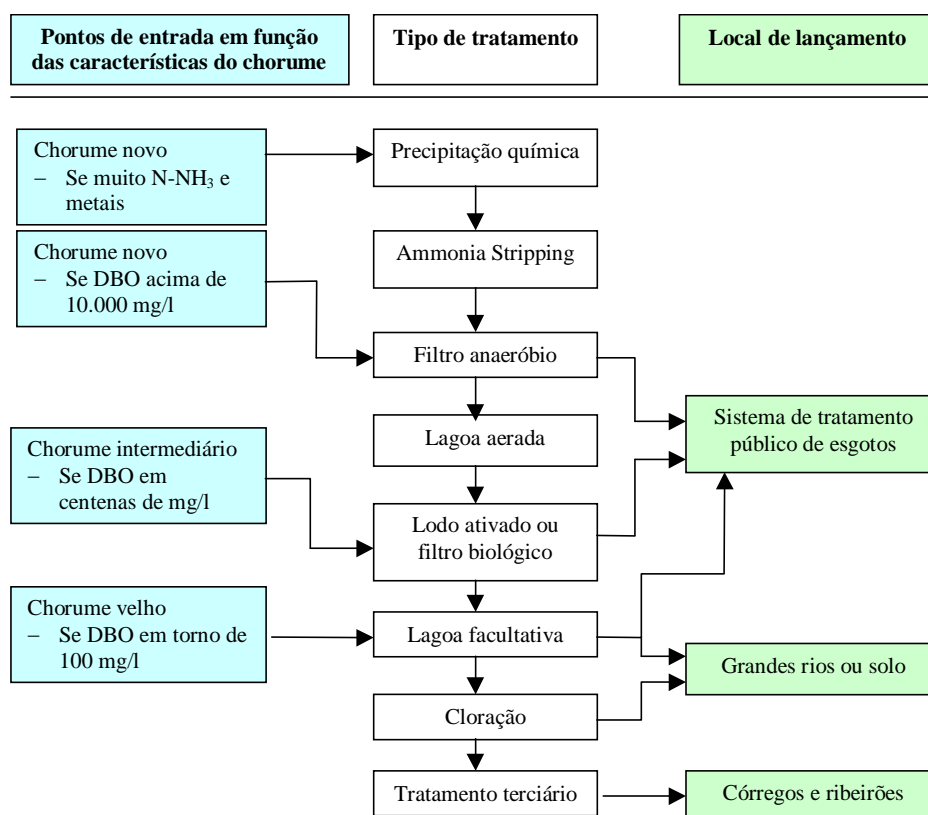
Para determinar quais componentes são necessários, foram observadas uma série de etapas essenciais, como descrito na sequência.

- Estimar a vazão de chorume utilizando algum método de balanço hídrico.
- Estimar a concentração de contaminantes em função da idade do aterro
- Identificar as opções de tratamento e disposição, considerando-se a qualidade do chorume, limitações de lançamento e custos
- Selecionar o sistema de tratamento e disposição que reflita as incertezas operacionais e respectiva flexibilização.

Alguns autores, como Forgie (1988) sugerem um critério para permitir a decisão na seleção de processos. Quando o chorume apresentar DQO elevada (acima de 10.000 mg/l), baixa concentração de nitrogênio amoniacal e uma relação DBO/DQO entre 0,4 e 0,8, e uma concentração significativa de ácidos graxos voláteis de baixo peso molecular, o tratamento pode ser efetuado por ambos os processos, ou seja anaeróbico e aeróbico. O tratamento físico-químico neste caso não é indicado.

Quando o chorume não apresenta as características representativas de um aterro novo, com DQO entre 1.500 e 3.000 e relações DBO/DQO menor que 0,4, presume-se que houve um decréscimo significativo de sua fração orgânica biodegradável. Neste caso, espera-se também uma elevada concentração de nitrogênio amoniacal. Isto significa que, tanto o tratamento aeróbico como anaeróbico podem ser limitados na remoção desses compostos orgânicos. Porém para remoção do nitrogênio amoniacal, o tratamento aeróbico pode ser indicado, auxiliando inclusive na remoção de DBO remanescente.

Quando a relação DBO/DQO tornar-se muito baixa, inferior a 0,1, a provável concentração de ácidos graxos voláteis será muito baixa, o que indicaria preferencialmente um processo físico-químico. Genericamente, McBean e coautores (1995) sugerem sequências possíveis para tratamento, com indicações e pontos de entrada e lançamento, como apresentado na Figura 4.



**Figura 4:** Seleção de processos para tratamento de chorume (McBean e coautores, 1995)

Como regra geral são descritas algumas justificativas para as definições indicadas para os processos de tratamento, incluindo-se aquele apresentado na Figura 4.



- a. Se necessário, realiza-se um pré-tratamento com soda cáustica (NaOH), empregada para ajustar o pH e precipitar metais pesados. Elevadas concentrações de cálcio no chorume bruto não indicam o emprego de cal. Justifica-se o uso do NaOH por promover a precipitação de cálcio, ferro e manganês. A elevação do pH também favorece o surgimento de amônia na forma molecular, facilitando sua eliminação no processo.
- b. Processos anaeróbios, especialmente os filtros anaeróbios, são empregados para reduzir a elevada carga orgânica.
- c. Lagoas aeróbias são empregadas para incrementar a remoção de DBO, amônia e material em suspensão.
- d. Os tanques de equalização são empregados para controlar o fluxo afluente ao sistema de tratamento, reduzindo as variações resultantes do balanço hídrico.
- e. Nos casos em que se emprega o NaOH para alterar o equilíbrio dos componentes amoniacais ou promover a precipitação de metais, torna-se necessária a correção do pH pela adição de ácidos.

Quando se trata de aterro novo, a implantação ocorre de forma concomitante ao sistema de tratamento, desta forma o chorume que irá alimentar o sistema de tratamento durante os primeiros anos, apresenta-se com as características típicas de chorume novo, ou seja: elevada concentração de compostos orgânicos biodegradáveis (ácidos graxos de baixo peso molecular), como característica principal, além da possibilidade da presença de metais. Assim, o emprego de um processo físico-químico (precipitação) seguido de um sistema anaeróbio é altamente recomendável nesta etapa. Dentre as alternativas para o tratamento físico-químico, recomenda-se o emprego de NaOH, ou cal, se a concentração de cálcio não for muito elevada. Na seqüência, para o tratamento anaeróbio, recomenda-se o emprego de filtros biológicos anaeróbios, pela capacidade de retenção de sólidos e eficiência comprovada.

Em virtude das limitações de eficiência descritas para o sistema anaeróbio, e a produção de elevadas concentrações (as vezes limitantes) de nitrogênio amoniacal, o emprego de um processo aeróbio na seqüência torna-se necessário para garantir uma melhoria considerável na qualidade do efluente final. Neste caso, um dos sistemas mais versáteis, que permite a flexibilização requerida para as variações de fluxo esperadas, é a lagoa aeróbia, que através do controle de aeração (difusores de ar com compressores rotativos), permitem uma oxigenação proporcional ao requerido para a degradação da matéria orgânica proveniente dos reatores anaeróbios. Adiciona-se a esta capacidade, a opção da recirculação do lodo como forma de combate à picos de carga orgânica.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Embora não possam efetivamente representar o cenário real, os resultados apresentados demonstram que o sistema adotado para encaminhamento às ETEs tem flexibilidade para absorver as variações de vazão de chorume, que ocorrerão durante a operação do aterro.

Deve ser lembrado que as lagoas de armazenamento de chorume no aterro têm potencial para atenuar a carga orgânica do chorume, especialmente se combinada ao tratamento físico-químico com recirculação nos períodos de baixa produção de chorume. Na seqüência do tratamento físico-químico, deverão ser instalados filtros biológicos anaeróbios, seguido de lagoas aeradas. A qualidade do efluente final deverá ser avaliada periodicamente, e se compatível com o corpo receptor, poderá ser lançado no mesmo. Deve ser considerado alternativamente, o emprego do efluente final tratado, na ferti-irrigação, uma vez que o aterro sanitário encontra-se nas adjacências de áreas de cultivo de cana de açúcar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Forgie, D., Selection of the Most Appropriate Leachate Treatment Methods. Part 1 A Review of Potential Biological Leachate Treatment Methods. **Water Pollution Research in Canada** 23:308-328. 1988.
2. McBean, E.A., Rovers, F.A., Farquhar, G.J., **Solid Waste Landfill Engineering and Design**. Prentice Hall, Inc. p. 521, 1995.