

APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE BIORREATORES AO GERENCIAMENTO DE BIOGÁS E CHORUME NOS ATERROS SANITÁRIOS BRASILEIROS

Resumo

Conseguir o mais eficiente e mais barato gerenciamento de chorume num aterro sanitário moderno requer uma abordagem orgânica ou "extremamente integrada ao solo" no projeto, desenvolvimento e operação do aterro. Isto demanda a otimização dos processos naturais associados com a operação de aterros sanitários. Esses processos incluem a decomposição de sólidos voláteis biodegradáveis dentro da massa de resíduos, infiltração e redistribuição da umidade, geração, absorção e liberação do chorume. Esses itens podem ser conjunta e eficientemente gerenciados para acelerar a deterioração dos resíduos e a produção de gás e, subseqüentemente, reduzir os custos operacionais gerais do aterro e melhorar o potencial de recuperação energética.

*William E. Clister, P. G.
Gerenciamento de Resíduos
Sólidos, Engenharia de Biogás
Golder Associates Inc.
Atlanta, Georgia -
bclister@golder.com*

INTRODUÇÃO

Para demonstrar e avaliar o potencial de desenvolvimento e gerenciamento de chorume nos aterros sanitários brasileiros, podem-se comparar aterros sanitários de resíduos municipais localizados em regiões que tenham climas e/ou composições de resíduos semelhantes. Um aterro bem gerenciado encontra-se no Líbano, e pode servir de comparação, pois recebe resíduos com cerca de 50% a 60% de seu peso em materiais orgânicos úmidos e facilmente biodegradáveis, quando comparado a um aterro sanitário brasileiro, que recebe cerca de 50% de seu peso em materiais putrescíveis. A combinação da alta taxa de umidade com o conteúdo altamente organodegradável propicia o aumento significativo na produção de chorume e biogás em tais aterros.

CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS

Lixos *in natura* coletados na área de Beirute, Líbano, exibem, tipicamente, um conteúdo de umidade na faixa de 60% a 75% (água/peso total). O alto teor de umidade do lixo em Beirute pode ser atribuído à composição do próprio lixo, isto é, o lixo, coletado *in natura* em áreas diferentes de Beirute, apresenta uma média de 62,4% de materiais orgânicos ou putrescíveis (Ayoub et al., 1996).

A densidade bruta média do lixo *in natura* no Líbano é relatada como sendo de 221,2 kg por m³ (0,22 t/m³), ou cerca de 13,8 lb por pé cúbico (cerca de 373 lb por jarra cúbica) antes de ser depositado no aterro. Espera-se que, com a compactação do aterro, a densidade *in loco* do lixo libanês aumente para 945 lb por jarra cúbica, ou 35 lb por pé cúbico, ou seja, cerca de 0,56 t/m³. No entanto, devido aos modernos equipamentos compactadores e ao caráter úmido de tais resíduos, uma densidade bruta compactada de 55 a 60 lb por pé cúbico (cerca de 1 t/m³ cúbico) pode ser facilmente alcançada nos aterros sanitários brasileiros e outros similares.

Embora aumentada, a densidade bruta *in loco* resultará em melhor utilização do volume disponível do aterro e em uma redução geral nos custos operacionais, pois, ao se aumentar taxa de compactação, reduz-se a capacidade de absorção de líquidos na massa dos resíduos, o que pode dificultar a recirculação do chorume e a sua capacidade de armazenamento *in loco*. Portanto, o gerenciamento tanto dos métodos de compactação dos resíduos quanto de sua concentração, aliados à extração do chorume, e o gerenciamento de sua recirculação são necessários.

PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS MUNICIPAIS ALTAMENTE PUTRESCÍVEIS

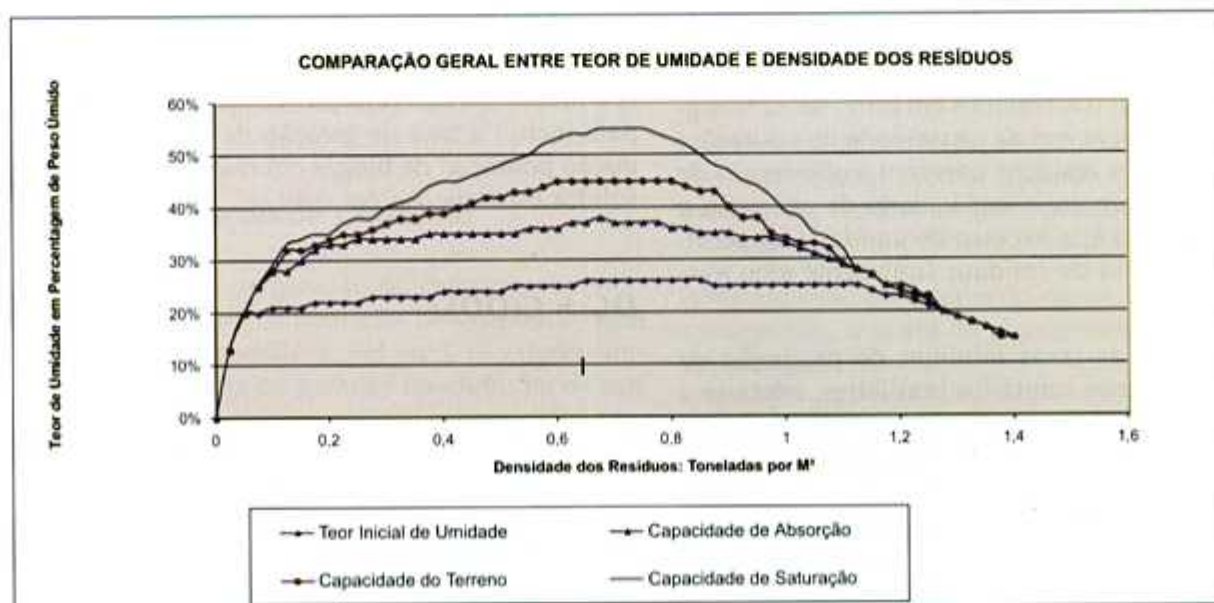
Produção de Biogás, Composição de Resíduos e Teor de Umidade

A quantidade de sólidos voláteis biodegradáveis (SVB), como a percentagem dos sólidos voláteis totais (SVT), num aterro determina a taxa de geração e a quantidade do biogás produzida. Aterros sanitários de resíduos municipais que contêm, principalmente, resíduos orgânicos com baixo teor de lignina geram uma quantidade significativa de biogás num espaço de tempo relativamente curto. Os depósitos de resíduos municipais sólidos libaneses, por exemplo, têm potencial para o rápido desenvolvimento de biogás (e igualmente rápidas e preocupantes liberações de percolados). Um aterro sanitário que seja composto primariamente de resíduos de madeira pode também gerar uma quantidade significativa de biogás, mas gerará esse gás numa taxa muito menor do que os aterros que contêm resíduos altamente putrescíveis (El-Fadel et al., 1989). Isto é, o volume do biogás produzido por resíduos de madeira pode ser similar ou até mesmo maior do que aquele esperado de um aterro sanitário urbano de resíduos municipais, entretanto, o número de anos necessários para a geração daquele volume total de gás será aumentado até 10, 20 ou mais vezes.

As várias concentrações de componentes dos resíduos no fluxo do lixo libanês, como relatado por Ayoub et al. (1996), mostram um teor de umidade do lixo *in natura* médio de aproximadamente 46% e uma média de SVB de 80,4%. O conteúdo em SVB correlaciona-se com a composição relatada de resí-

duos sólidos municipais, no entanto, o teor de umidade é apenas cerca de 60% a 65% do valor esperado, sugerindo que a porção altamente degradável dos orgânicos (os putrescíveis) num aterro sanitário de resíduos municipais começará sua deterioração aeróbia antes e imediatamente depois de serem depositados. Como os interstícios (poros) dos resíduos recém-enterrados conterão suficiente oxigênio para desenvolver a degradação aeróbia por um certo período de tempo, a produção de água a partir da oxidação dos SVB também contribuirá para o aumento da umidade dos resíduos. Esta produção pode gerar no mínimo 90 g de água por cada 406 g de sólidos voláteis (SVB) deteriorados em contato com o ar, ou seja, cerca de 4,5 g de SVB decompõem-se para produzir 1 g adicional de água. Com uma decomposição microbiana agressiva, pode-se adotar um condicionamento aeróbio que sugira uma taxa de decomposição dos SVB de 1,4 g por 1g de água (MacDonald, 1995). Caso seja completada até a sua decomposição final em nitrato e nitrogênio, uma taxa SVB/H₂O de 2:1 pode ser adotada.

É provável que outras fontes de umidade (água acumulada, lodo, resíduos de abatedouros etc.) aumentem o teor total de umidade dos resíduos. A recuperação do chorume do aterro sanitário será crítica quando prevalecerem os altos teores de umidade. Se o teor de umidade continuar a exceder a capacidade de absorção dos resíduos e exceder a capacidade de saturação dos mesmos, poderão ocorrer liberações de chorume. Note-se que a manutenção adequada dos sistemas de recuperação do biogás e do chorume assegurará que esse teor de umidade seja reduzido e mantido dentro da capacidade de absorção dos resíduos no aterro. O seguinte gráfico de densidade dos resíduos versus capacidade de absorção e saturação do terreno demonstra essas relações (WM26, 1986).



Fenn (1975) define a capacidade de absorção de umidade dos resíduos no aterro sanitário de resíduos municipais como “o máximo teor de umidade que um sólido pode reter num campo gravitacional, sem produzir percolação contínua para baixo”. A quantidade máxima de umidade que os resíduos podem suportar dentro de seu espaço poroso é a sua capacidade de saturação. Portanto, a quantidade de chorume que pode ser liberada sob a ação da gravidade a partir do aterro é a diferença de umidade entre a capacidade de saturação e a capacidade dos resíduos. Além disso, a quantidade de chorume que pode ser bombeada do aterro é a diferença de umidade entre a capacidade de saturação e a capacidade de absorção.

Baseado nesta relação geral entre teor de umidade e densidade de resíduos, para resíduos *in loco* com uma densidade de 0,7 t/m³ (cerca de 44 lb/pé cúbico), exibem uma capacidade de absorção de cerca de 35%, a capacidade dos resíduos é de cerca de 47% e a capacidade de saturação, em torno de 55%. Se o lixo, como é disposto, tem um teor de umidade de cerca de 60%, cerca de 5 t de chorume serão produzidas a cada 100 t de lixo a partir do momento da disposição e compactação. Adicionais 8 t de chorume podem ser coletadas da parte inferior do aterro por gravidade (fator de absorção) ou 20 t por bombeamento (fator de saturação).

Geração de Biogás e Capacidade de Produção

O teor de lignina dos aterros sanitários de resíduos municipais libaneses é cerca de 15% do total da fração biodegradável dos resíduos. Tipicamente, a composição do lixo libanês é geralmente mais baixa em teor de papel e papelão do que a do lixo americano e, em geral, mais similar aos aterros sanitários de resíduos municipais brasileiros. Depois de cerca de 3 meses da disposição, o alto teor de umidade inicial dos resíduos em torno de 72% (significativamente acima da capacidade de saturação) é reduzido. Os resíduos parecem exibir teores de umidade, algo entre a capacidade de absorção e do terreno, isto é, o excesso de umidade foi perdido para a massa de resíduos subjacente e/ou evaporou.

Para calcular as taxas mínimas de produção de biogás nos aterros sanitários brasileiros, adota-se a estimativa do teor geral de umidade dos resíduos, não o teor inicial excessivamente alto de umidade exibido quando do despejo do lixo. A partir de cálculos estequiométricos, a taxa prevista de geração de biogás (total de metano mais o dióxido de carbono) é cerca de 5 pés cúbicos/lb de resíduos

municipais sólidos *in natura*, dado um teor de umidade de cerca de 46%, o que significa que aproximadamente 0,52 litro de metano pode ser gerado por grama de SVB destruído. Baseado numa proporção de 65:35 em percentagem de CH₄ e percentagem de CO₂ no biogás, cerca de 0,28 litro é produzido por grama de SVB destruído.

Para calcular previamente a produção de biogás gerada por um típico resíduo sólido urbano brasileiro, foi usada a taxa de geração de gás acima, de 0,8 litro (CH₄ mais CO₂) por grama de SVB seco. Pressupondo-se uma vida útil de 9 anos para o aterro sanitário e um despejo anual de lixo da ordem de 170 mil t de resíduos sólidos municipais, a taxa média de geração de biogás foi aplicada e uma produção anual de biogás foi calculada. A seguinte fórmula foi, então, aplicada para determinar a produção de biogás depois da disposição dos resíduos no aterro, baseada na equação cinética de primeira ordem de Laquidara (1986):

$$S_t = S_0(e^{-kt})$$

A variável S_t representa o peso (em gramas) dos SVB remanescente no aterro num período determinado “t”, que é definido em dias depois de disposto o resíduo. A variável S_0 é o peso inicial dos SVB disponível em gramas no início da disposição dos resíduos no aterro. O coeficiente de deterioração orgânica “k” é definido pelas características dos resíduos, pelo seu teor de umidade, pelo clima geral onde o aterro está situado e pela pesquisa de Laquidara (1986).

A equação de deterioração do SVB foi melhorada para incluir a taxa de geração de metano e a produção potencial de biogás em resíduos municipais sólidos específicos, em que:

$$DG = C(DDS)$$

e

$$LFG = G/Mc$$

