

24º. Encontro Técnico AESABESP

ANÁLISE DA CAPACIDADE TAMPONANTE DO MEIO DE DEGRADAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DISPOSTOS EM UM LISÍMETRO

Raul Batista Araujo de Sousa⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFCG.

Raliny Mota de Souza Farias

Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande.

Breno Moura de Araújo Nóbrega

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande. Bolsista de Iniciação Tecnológica e Industrial CNPq/ VALE.

Veruschka Escarião Dessoles Monteiro

Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Coordenadora do grupo de pesquisa em Geotecnia Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Rua Manoel Leonardo Gomes – Jardim Paulistano – Campina Grande – Paraíba – CEP: 58415-320 – Brasil – Cel.: (83) 96452068 – e-mail: raularaujo01@yahoo.com.br.

RESUMO

A propriedade que um meio apresenta de resistir às mudanças de pH quando são introduzidas quantidades de ácido ou base no sistema, é conhecida como efeito tampão. Essa propriedade é importante no entendimento do comportamento de microrganismos que atuam no processo de digestão anaeróbia. Para avaliar o comportamento tamponante do sistema ao longo das fases de degradação, torna-se viável o estudo em células experimentais ou lisímetros de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). O objetivo deste trabalho foi entender o comportamento tamponante e biodegradativo dos resíduos sólidos urbanos dispostos em um lisímetro, através do monitoramento de parâmetros físico-químicos pH, ácidos voláteis e alcalinidade. A metodologia experimental contou com a etapa de construção, instrumentação, enchimento e monitoramento do lisímetro através dos parâmetros físico-químicos. Os resultados mostraram que os RSU monitorados encontraram-se em estágio de degradação compatível com sua pouca idade, passando pelo período de transição da fase aeróbia para a hidrólise até o início da acidogênese. O aumento observado no pH é favorável à atuação das bactérias, já que a capacidade tamponante ofereceu maior resistência às mudanças de pH dada a presença de ácidos ao sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade Tamponante, Resíduos Sólidos Urbanos, Parâmetros físico-químicos.

INTRODUÇÃO

Parâmetros de monitoramento do processo de decomposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são usados como indicadores para monitorar e/ou acelerar a degradação dos RSU em aterros sanitários. Assim, parâmetros como pH, ácidos voláteis e alcalinidade, sugerem o estado em que se encontra o meio de degradação, tornando-os ferramentas úteis para o entendimento desse processo.

A conversão da matéria orgânica em ambientes anaeróbios se dá através de um processo bioquímico complexo no qual atuam um consórcio de microrganismos com grupos específicos para as várias reações (Alcântara, 2007). Segundo Melo (2003), para a ocorrência de um processo de biodegradação aceitável, todos os microrganismos necessitam de condições mínimas para a sobrevivência e posterior reprodução. A biota

microbiana que degrada a matéria orgânica tem sua atividade metabólica aumentada ou diminuída quando o seu habitat sofre variações, que podem ser benéficas, aumentando a velocidade de degradação microbiana, ou maléfica, diminuindo-a.

Geralmente o pH ótimo para o crescimento bacteriano está compreendido entre 6,5 e 7,5 (Tchobanoglous et al.,1993), tendo sua atuação dividida através de fases no meio anaeróbio. Assim, para uma digestão anaeróbia satisfatória, é necessário o perfeito equilíbrio entre os parâmetros físico-químicos de pH, ácidos voláteis e alcalinidade, uma vez que valores acima, ou abaixo do esperado, contribuem para a desestabilização do sistema, podendo influenciar na produção dos principais produtos da anaerobiose: o metano e o gás carbônico.

O meio anaeróbio ideal, sob o ponto de vista da velocidade e eficiência da degradação da matéria orgânica, pode ser expresso através de valores de pH, que por meio de suas variações, influenciam diretamente no comportamento dos microrganismos decompositores. Para Campos (1999), os ácidos graxos voláteis de cadeia curta, tendem a abaixar o pH, enquanto cátions geradores de alcalinidade, como os íons de nitrogênio amoniacal provenientes da degradação de proteínas, aumentam a alcalinidade e o pH.

Desta forma, a propriedade de resistência do meio à mudanças de pH quando são introduzidas quantidades de ácido ou base no sistema, conhecida como efeito tampão, pode ser importante para o entendimento do comportamento de microrganismos que atuam no processo de digestão anaeróbia, uma vez que suas atuações durante as fases de degradação são possíveis graças a estabilidade do pH numa faixa considerada suficiente para a realização dessas atividades.

Para entender o comportamento do efeito tampão do sistema ao longo das fases de degradação e aprimorar técnicas e tornar as metodologias cada vez mais eficientes, torna-se viável o estudo de RSU em lisímetros, que simulam em menor escala o comportamento de um aterro sanitário e possibilita uma melhor avaliação do meio de decomposição, bem como a melhor compreensão da atividade microbiológica e suas interações com os parâmetros pH, ácidos graxos voláteis e alcalinidade total.

OBJETIVO

Entender o comportamento tamponante e biodegradativo dos resíduos sólidos urbanos dispostos em um lisímetro, através do monitoramento de parâmetros físico-químicos pH, ácidos voláteis e alcalinidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi construído um lisímetro (Figura 1), em alvenaria de tijolos manuais, com diâmetro interno de 2,0m e altura 3,5m possuindo volume aproximado de 11m³, com o formato de uma estrutura cilíndrica rígida de seção transversal circular visando facilitar a distribuição e a compactação dos resíduos no seu interior, uniformizar a distribuição das pressões laterais na parede interna do lisímetro, evitar caminhos preferenciais de percolação do lixiviado e reduzir a área de superfície lateral interna diminuindo, o contato entre o lixo e a parede interna.



Figura 1 - Lisímetro de RSU, localizado na UFPA.

A célula experimental é dotada de sistemas de drenagens de líquidos e gases, medidores de nível dos líquidos, medidores de recalque superficiais e profundos e medidores de temperatura ao longo da profundidade (Figura 2). O sistema de drenagem de lixiviados é constituído por um tubo de PVC, que foi apoiado diretamente sobre o solo compactado e por uma camada de pedra britada para promover a drenagem de toda área do fundo da célula experimental além de permitir a coleta do lixiviado. Nas camadas de base e de cobertura foi escolhido um solo com características de baixa permeabilidade.

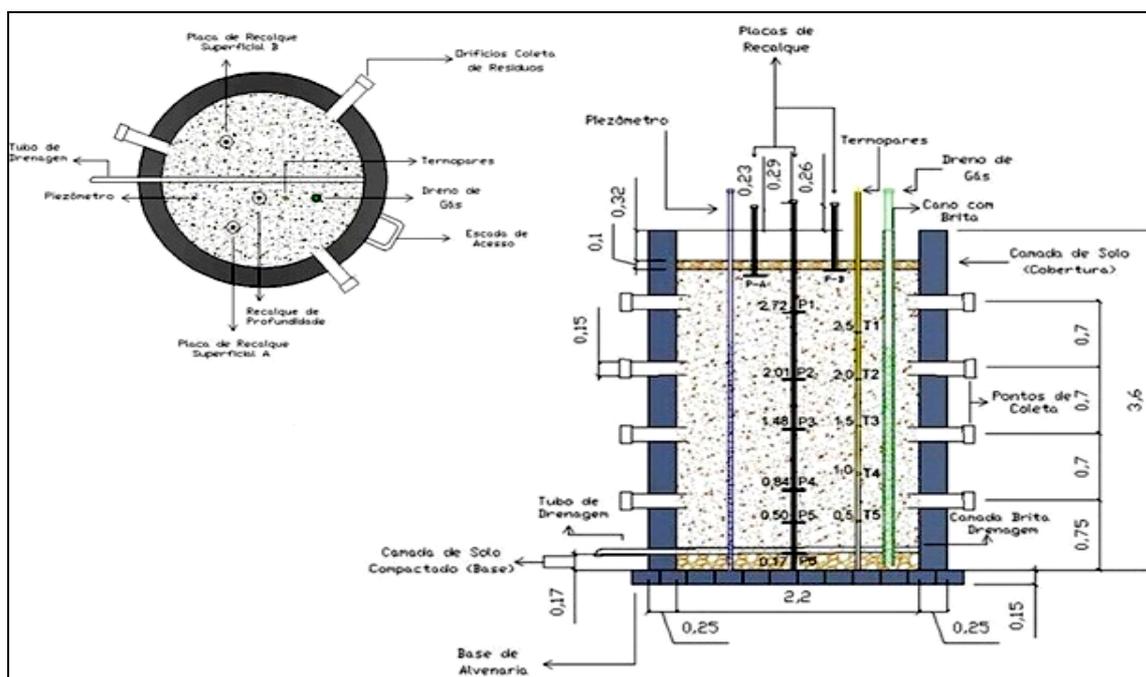


Figura 2 - Vista superior e corte vertical da célula experimental de RSU

Logo após a disposição da camada de base do solo e da instrumentalização, foram acondicionados no lisímetro, resíduos sólidos provenientes de vários bairros da cidade de Campina Grande - PB, obtendo com base em estudos estatísticos, uma amostra representativa dos resíduos produzidos na cidade. Em seguida, os RSU foram compactados e impermeabilizados superiormente por uma camada de cobertura de solo.

Concluída a etapa construção e preenchimento do lisímetro (Figura 3), foi iniciada a fase do monitoramento com o objetivo de analisar os parâmetros físico-químicos por meio de coletas de amostras de RSU de cada nível de profundidade para análise em laboratório.



Figura 3 – Etapas de construção (A), instrumentação (B), enchimento (C, D) e coleta e monitoramento do lisímetro (E, F, G, H, I).

Para a realização do monitoramento, foram coletadas periodicamente amostras de RSU, em três níveis do lisímetro. Em seguida, as amostras foram levadas ao Laboratório, onde foram picotadas 500g para imersão em 1 litro de água destilada e por fim foram peneiradas para obter o extrato líquido utilizado nas determinações das análises físico-químicas descritas abaixo:

- **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O pH foi determinado utilizando-se a metodologia do Standard Methods (AWWA/APHA/WEF, 1998). A determinação do pH foi feita eletrometricamente com a utilização de um potenciômetro e eletrodos. O princípio da medição eletrométrica do pH é a determinação da atividade iônica do hidrogênio, utilizando o eletrodo padrão de hidrogênio, que consiste de uma haste de platina sobre o qual o gás hidrogênio flui a uma pressão de 101kPa.

- **Ácidos graxos voláteis**

Os Ácidos Voláteis foram determinados utilizando-se a metodologia do Standard Methods (AWWA/APHA/WEF, 1998), na qual calibrou-se o pH para 3,0 e em seguida levou-se à amostra a fervera até reduzir o seu volume à metade. Após esfriar, novamente sobre agitação, elevou-se o pH para 4,0 com NaOH (hidróxido de sódio). Por fim, mediu-se o volume de hidróxido de sódio necessário para calibrar o pH a 7,0. Com isso os ácidos voláteis fora quantificados a partir a Equação 1:

$$AV = [(N \times VT) / VA] \times 60000$$

equação (1)

Onde: AV = ácidos voláteis (mgHAC/l);
 VT = volume de NaOH gasto na titulação (ml);
 VA = volume da amostra (ml);
 N = normalidade do NaOH (N) .

- **Alcalinidade Total**

A Alcalinidade Total foi determinada utilizando-se a metodologia do Standard Methods (AWWA/APHA/WEF, 1998), na qual foi adicionada ácido sulfúrico de

normalidade conhecida à amostra sob discreta agitação até atingir pH = 4,0 para então com o volume de ácido conhecido calcular a alcalinidade de acordo com a Equação 2:

$$AT = [(N \times VAC) / VA] \times 50000$$

equação (2)

Onde: AT = Alcalinidade Total (mgCa CO₃ /l);
N = normalidade de H₂SO₄ (N);
VAC = Volume de H₂SO₄ gasto na titulação (ml);
VA = Volume da amostra (ml).

RESULTADOS

Dentre os fatores que intervêm no processo biodegradativo, os parâmetros pH, ácidos voláteis e alcalinidade se destacam por acelerarem ou inibirem a decomposição dos RSU (Monteiro, 2003). Os resultados do monitoramento serão mostrados a seguir:

- **Potencial hidrogeniônico (pH)**

O pH varia de acordo com as fases de degradação da matéria orgânica, que segundo Tchobanoglous et al. (1993), se dividem em cinco: I) Fase aeróbia; II) Fase anóxica de transição (hidrólise); III) Fase ácida; IV) Fase metanogênica; V) Fase de maturação.

Na Figura 4, observa-se a evolução do pH no interior do lisímetro durante 137 dias, onde os valores oscilaram em uma faixa média entre 4,18 a 6,67, indicando a presença da fase ácida ou levemente ácida. Esse já esperado, uma vez que o pH apresentou-se ácido no início do monitoramento e após 77 dias, tornou-se levemente ácido. Pohland & Harper (1985) afirmam que na fase inicial do processo de degradação, o pH é normalmente mais baixo devido à produção de ácidos pelas bactérias hidrolíticas e fermentativas, mas com o avanço do processo de degradação biológica da matéria orgânica, os valores de pH se elevam em função do consumo dos ácidos pelas bactérias metanogênicas e pela maior produção de gases.

O nível inferior de profundidade do lisímetro, quando comparado com os níveis médio e superior, apresentou valores de pH em torno de 6 até os 137 dias, indicando um processo metabólico mais lento, o que pode ser consequência do ambiente predominantemente anaeróbio (devido ao menor contato com o meio externo), o que para Meira (2009), faz com que as fases de degradação sejam mais demoradas. O nível superior apresenta valores de pH superiores aos demais, aproximando-se da neutralidade, sugerindo um maior consumo de ácidos nesse nível, como pode ser percebido a partir do 77º dia de monitoramento.

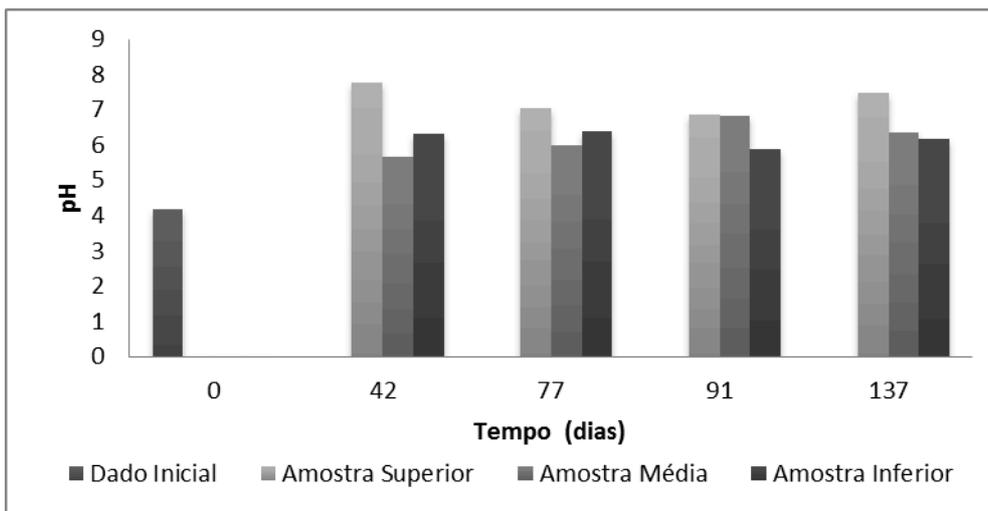


Figura 4 - Evolução do pH ao longo do tempo

- **Ácidos graxos voláteis e Alcalinidade total**

Os ácidos voláteis advêm da solubilização do material particulado e passam a ser substratos ou material tóxico para determinadas espécies bacterianas responsáveis pela bioestabilização do material orgânico (Leite, 2008). Analisando o gráfico apresentado na Figura 5, nota-se que os valores estão abaixo de 1700 mgHac/L, indicando boas condições para a capacidade de tamponamento, o que pode ser comprovado através da Figura 4 referente ao pH, que se mostra com valores próximos da neutralidade no final do monitoramento. Tais condições de tamponamento poderiam ser prejudicadas devido ao acúmulo de ácidos voláteis em concentrações em torno de 2000 mgHAC/l, que tornaria o meio tóxico para as atividades das bactérias metanogênicas (Kroeker, 1979). Os valores referentes aos níveis médio e inferior são maiores que o nível superior, indicando uma elevada produção de ácidos graxos nesses níveis e consequentemente uma menor tendência ao tamponamento em comparação com o nível superior.

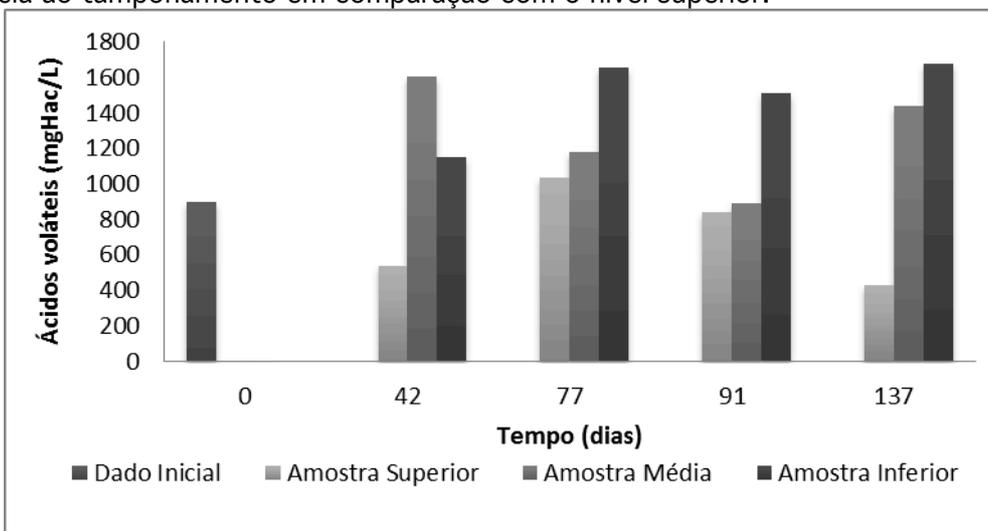


Figura 5 - Evolução dos ácidos voláteis ao longo do tempo

A figura 6 refere-se aos níveis de alcalinidade, que tem papel importante no processo de degradação dos resíduos, pois mede a grau de tamponização do sistema, que é responsável pela neutralização de ácidos, para garantir meios ótimos na atuação de diversos tipos de bactérias, como as metanogênicas, que são sensíveis ao pH ácido. Segundo Metcalf & Eddy (1991), a faixa média de variação da alcalinidade para que o processo de bioestabilização ocorra de forma satisfatória é de concentrações entre 1000 e 5000 mgCaCO₃/l. Na Figura

6 observou-se teores de alcalinidade variando de 1200 à 1800 mgCaCO₃/l, tal intervalo mostrou-se adequado para os diversos grupos de microrganismos propícios a se desenvolverem em meios neutros.

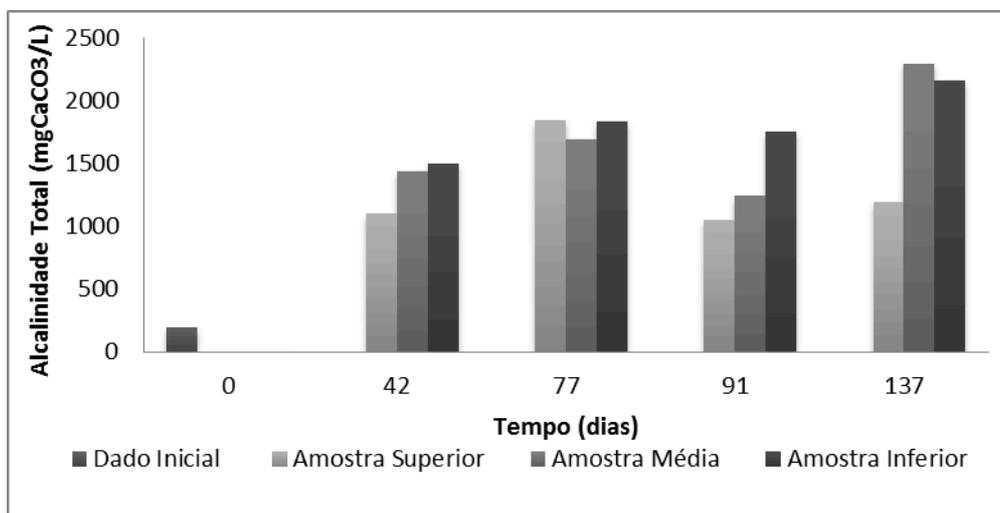


Figura 6 – Evolução da Alcalinidade total ao longo do tempo

Para haver o equilíbrio das fases de acidogênese e metanogênese no meio de degradação, o pH deverá manter-se próximo ou levemente superior a 7 (Campos, 1999). Isso indica que, nesta faixa de pH, haverá um equilíbrio entre a taxa de produção de ácidos e a sua taxa de consumo por parte das bactérias metanogênicas. Assim, altas concentrações de ácidos demonstram o seu acúmulo no meio, sugerindo que a produção de ácidos é maior que o consumo, ocorrendo o desequilíbrio do sistema, afetando diretamente o pH que exibirá valores ácidos. Essas variações de ácidos afetam o efeito tamponante do sistema, e podem ser melhor observadas quando combinadas com o parâmetro de alcalinidade (Figura 7).

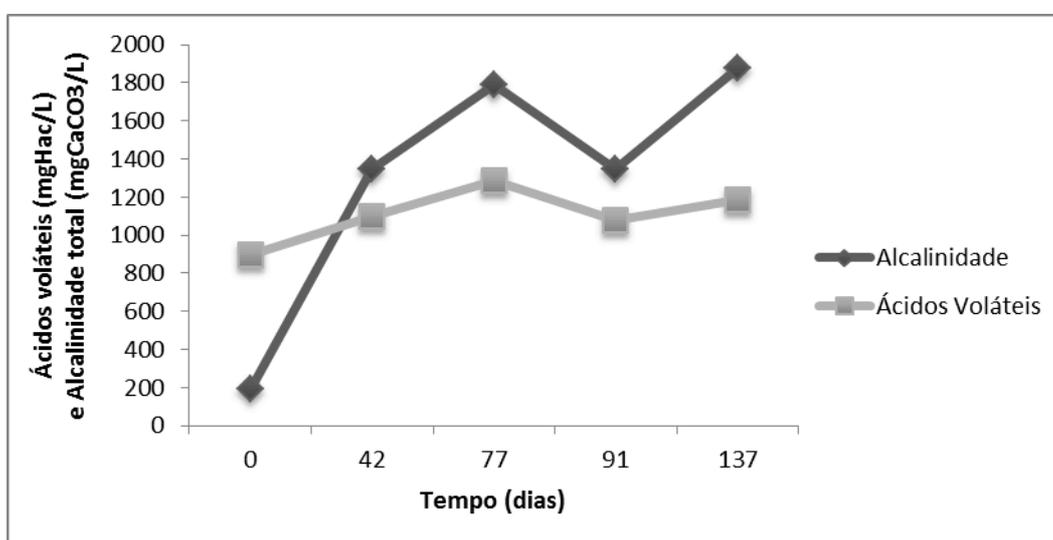


Figura 7 – Evolução dos ácidos voláteis e alcalinidade total ao longo do tempo.

Observando-se a Figura 7, constatou-se que até o 42º dia de monitoramento os valores de alcalinidade eram baixos em comparação com os de ácidos, sugerindo o seu acúmulo nesse período, que como consequência, resultou em um pH ácido (Figura 4). Após os 42 dias, a capacidade de neutralização de ácidos aumentou, sendo acompanhada também pelo crescimento do pH (Figura 4), o que pode ser devido à baixas variações dos níveis de ácidos, que permaneceram, em média, em torno de 1160 mgHAc/L. De acordo com

Monteiro (2003), a velocidade de crescimento dos ácidos voláteis tende a diminuir, chegando a estabilizar-se ao longo do tempo.

CONCLUSÕES

Os parâmetros físico-químicos demonstraram que os RSU até os 137 dias de monitoramento, encontram-se em estágio de degradação compatível com a sua pouca idade, passando pelo período de transição da fase aeróbia para a primeira fase anaeróbia (hidrólise) até o início da acidogênese.

O pH aumentou em níveis cada vez mais favoráveis à atuação das bactérias, podendo-se sugerir que ao longo do tempo esses teores indicarão a ocorrência da fase metanogênica, uma vez que a capacidade tamponante do meio provavelmente crescerá, oferecendo maior resistência às mudanças de pH dada a presença de ácidos no sistema.

Dessa forma, o monitoramento dos parâmetros pH, ácidos voláteis e alcalinidade total e sua influência na capacidade de tamponamento do sistema, mostraram-se bastante úteis para o entendimento do processo biodegradativo dos resíduos, pois interferem diretamente na velocidade e no tempo de duração das fases anaeróbias.

RECOMENDAÇÕES

- Avaliar estes parâmetros por um período maior de tempo.
- Correlaciona-los com outros parâmetros físico-químicos e microbiológicos além de medições *in situ*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCÂNTARA, P.B. Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados. Tese de Doutorado. UFPE. 2007.
2. CAMPOS, J. R. et alli. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo, PROSAB, Abes, Rio de Janeiro, 435 p, 1999.
3. CATAPRETA, C.A.A. Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação. Tese de doutorado. UFMG. 2008.
4. KROEKER, E.J. Anaerobic treatment process stability. Journal WPCF, London, v.51, n.4, 718p, 1979.
5. LEITE, H. E. A. S, Estudo do comportamento de aterros de RSU em um bioreator em escala experimental na cidade de Campina Grande – Paraíba. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB, 2008.
6. MEIRA, R.C. Estudo biodegradativo dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB em escala experimental. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia. Campina Grande, 2009.
7. MELO, M. C. Uma análise de recalques associada a biodegradação no aterro de resíduos sólidos da Muribeca. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE, 2003.
8. METCALF, L.; EDDY, P. H. Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse. 3rd ed. Singapore: McGraw-Hill Int. 1991.
9. MONTEIRO, V.E.D., Análises físicas, químicas e biológicas no estudo do comportamento do aterro de resíduos sólidos da Muribeca, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2003.
10. POHLAND, F.G. & HARPER, S.R. Critical review and summary of leachate and gas production
11. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20 th Edition, APHA, AWWA and WEF.1998.
12. TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. Integrated solid waste management. Engineering principles and management issues. New York. 1993.