



III-141 – ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE UM BIORREATOR DE RSU NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE - PB

João de Mélo Vieira Neto⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil na Universidade Federal de Campina Grande. Bolsista PIBIC/CNPq/UFCG

Rosa do Carmo de Oliveira Lima⁽²⁾

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

Deborah Vitoriano Araújo Neves⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Civil na Universidade Federal de Campina Grande.

Verusckha Escarião Dessoles Monteiro⁽⁴⁾

Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande. Doutora em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço⁽¹⁾: Rua Capitão João Alves de Lira, 1325, Edif. José Severo, Apt. 507 - Bela Vista - Campina Grande - PB - CEP: 58100-000 - Brasil - Tel: (83) 8855-7910/ (83) 9147-4522 - e-mail: joaomvneto25@hotmail.com

RESUMO

Os aterros sanitários representam a principal destinação final dos resíduos sólidos devido a sua praticidade e baixo custo, no entanto somente abrigar este lixo, não é a solução. Deve ser fundamental buscar alternativas para diminuir a geração desses resíduos e entender os processos bioquímicos que acontecem no interior da massa de lixo e ainda apoiá-los em modelos matemáticos para maximizar a sua operação. Neste sentido o estudo de bioreatores em escala experimental (lisímetros) poderá sugerir através de seu monitoramento os possíveis ajustes que poderão ser aplicados em escala real. A partir das reações químicas e biológicas ocorridas no processo de degradação dos resíduos há a produção do lixiviado, onde se pode encontrar uma grande variedade de compostos e componentes orgânicos. Os estudos em lisímetros envolvem a busca de alternativas tecnológicas que poderão ser adaptadas não apenas para grandes aterros, mas também para de pequeno e médio porte. Desse modo, o objetivo desta pesquisa é avaliar o comportamento dos RSU em um bioreator (lisímetro) em escala experimental através do monitoramento de parâmetros físico- químicos (AWWA/APHA/WEF, 1998). A pesquisa tem como campo experimental o EXTRABES (Núcleo de Pesquisa da Universidade Federal de Campina Grande) localizado em terreno pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba – CAGEPA, situado na meso-região do agreste do Estado da Paraíba, no município de Campina Grande. O monitoramento do lisímetro envolveu medições “*in situ*” e coleta periódica de amostras de resíduos sólidos para as análises. Os resultados mostram, também, uma discreta diferenciação da amostra superior e inferior dos resíduos do lisímetro. Na amostra superior, percebe-se uma fase inicial ácida curta, apresentando-se na fase metanogênica após 50 dias de monitoramento, e na amostra inferior, são bem observadas às fases acidogênicas, acetogênicas e metanogênicas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Lisímetros e Parâmetros Físico-químicos.

INTRODUÇÃO

De maneira geral a produção e a composição dos resíduos sólidos é função das atividades humanas e industriais dentro de qualquer contextualização social. Os problemas inerentes à taxa de produção per capita e a composição gravimétrica e química dos resíduos sólidos, principalmente dos resíduos sólidos urbanos (RSU), envolvem questões de natureza social, econômica, política e cultural. Em países subdesenvolvidos os RSU têm se tornado um problema gravíssimo de saneamento básico e até mesmo de saúde pública (Leite, 2008).

Na literatura técnica existem diversas abordagens no sentido de descrever aspectos físicos, químicos e biológicos que regem o comportamento ou a dinâmica de aterros de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Junqueira (2000) analisou o comportamento de RSU e sistemas dreno-filtrantes em diferentes escalas. McDougall & Philp (2001) e Espinace & Sánchez-Alciturri (1999), têm estudado aspectos relativos à perda de massa, temperatura e outras variáveis para o desenvolvendo de modelos matemáticos, visando entender os

recalques em aterros sanitários. Entretanto, ainda não há uma boa compreensão das inter-relações que envolvem diversos aspectos da geotecnia ambiental, química, microbiologia e biotecnologia. Recentemente, estudos vêm sendo desenvolvidos para entender o comportamento do lixo depositado em aterros e estabelecer relações físicas, químicas e biológicas presentes no processo de degradação do lixo (MONTEIRO, 2003; MELO, 2003; JUCÁ, 2003 e ALCÂNTARA, *et al.*, 2005).

Vários parâmetros podem ser analisados através dos lisímetros e a influência da água na degradação do lixo é um deles, como também a influência da recirculação do lixiviado e a produção de biogás (Meira, 2009).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento dos RSU em um bioreator (lisímetro) em escala experimental através do monitoramento de parâmetros físico-químicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho foi desenvolvida a partir do projeto, construção e monitoramento de uma célula experimental (bioreator ou lisímetro), através do monitoramento dos parâmetros físico-químicos.

BIOREATOR

O bioreator foi construído no campo experimental de pesquisas da Universidade Federal de Campina Grande – PB – EXTRABES (Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgoto Sanitário), localizada num terreno pertencente à CAGEPA (Companhia de Água e Esgoto da Paraíba), situado na meso-região do agreste do Estado da Paraíba, no município de Campina Grande. Foram realizadas, periodicamente, análises de pH, alcalinidade total, ácidos voláteis, cloretos, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Para a construção do bioreator foram utilizadas duas manilhas de concreto armado seladas com argamassa, possuindo uma altura total de 2,15m e diâmetro interno de 1,00m, com volume aproximado de 1,73m³. O lisímetro foi fixado com argamassa sobre uma base de alvenaria (Figura 1). Como sistema de impermeabilização de base e cobertura do lisímetro foi utilizado uma camada de solo impermeável com espessura de 0,25m e 0,15m respectivamente. O bioreator possui uma altura útil de massa de resíduo de aproximadamente 1,50m (LEITE, 2008).

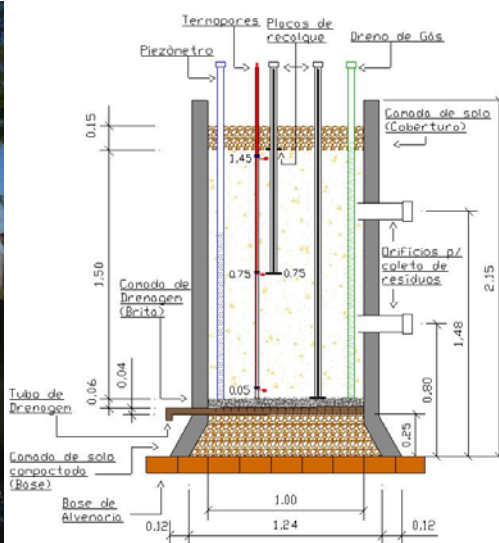


Figura 1: Célula Experimental e Desenho Esquemático (Lisímetro).



RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A célula experimental foi preenchida com RSU provenientes de 3 bairros da cidade de Campina Grande-PB: Mirante, Catolé e Sandra Cavalcanti, representando bairros de classe econômica alta, média e baixa respectivamente, obtendo assim uma amostra representativa dos resíduos produzidos na cidade. Foi estabelecido um plano de amostragem com o auxílio da prefeitura da cidade de Campina Grande – PB. A coleta das amostras dos referidos bairros, foi realizada por um caminhão compactador, a homogeneização desses resíduos foi feita com o auxílio de uma enchedeira, com isso a amostra foi quarteada, utilizando-se aleatoriamente apenas duas partes do quadrante, formando assim uma única pilha resultante. Após o processo de homogeneização e quarteamento dos RSU provenientes da rota selecionada para este trabalho, foi obtido a amostra final com aproximadamente 4,5 toneladas de resíduos, de onde foram retiradas as parcelas para preenchimento do lisímetro e caracterização física, química e microbiológica dos resíduos (Meira, 2009).

AMOSTRAGEM

Coletas de amostras sólidas foram realizadas mensalmente, para o monitoramento dos parâmetros físico-químicos dos resíduos por meio de análises laboratoriais. Foram coletados 500g de resíduo aproximadamente, através dos orifícios apresentados na Figura 1 para as amostras superior e inferior. Essas amostras foram picotadas e depois, imersas em 1 litro de água destilada por aproximadamente 30 minutos, por fim passadas por uma peneira com malha de aproximadamente 1,2mm, obtendo assim o extrato líquido utilizado nas determinações físico-químicas.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas (pH, alcalinidade total, ácidos voláteis, cloretos, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)) foram realizadas de acordo com o Standard Methods (AWWA/APHA/WEF, 1998).

RESULTADOS

pH

O pH tem importância fundamental na digestão dos resíduos, pois suas variações podem acelerar ou inibir o processo de biodegradação do lixo (Monteiro, 2003). O seu comportamento no interior da massa do resíduo está diretamente relacionado aos produtos formados a partir das várias fases de degradação da matéria orgânica pelo processo de digestão anaeróbia.

O pH do meio anaeróbio, segundo Pinto (2000), está diretamente com as concentrações de álcalis e dos ácidos no sistema e bruscas alterações do pH afetam consideravelmente a atividade dos organismos metanogênicos.

Os valores de pH do lisímetro variou 6,5 a 8,0, identificando que o reator encontra-se em estágio de degradação, ou seja, fase de maturação, como está mostrado na Figura 2.

Logo, os dados sugerem que o lisímetro está na fase metanogênica, onde o pH tende a aumentar de acordo com o passar do tempo, mostrando que o lisímetro encontra-se em um estágio de degradação microbiana. Nesta fase metanogênica os compostos que eram formados nas fases anteriores, onde o pH é geralmente ácido, começam a ser metabolizados garantindo a manutenção de baixas concentrações de ácidos orgânicos, tornando o pH sempre de neutro a alcalino.

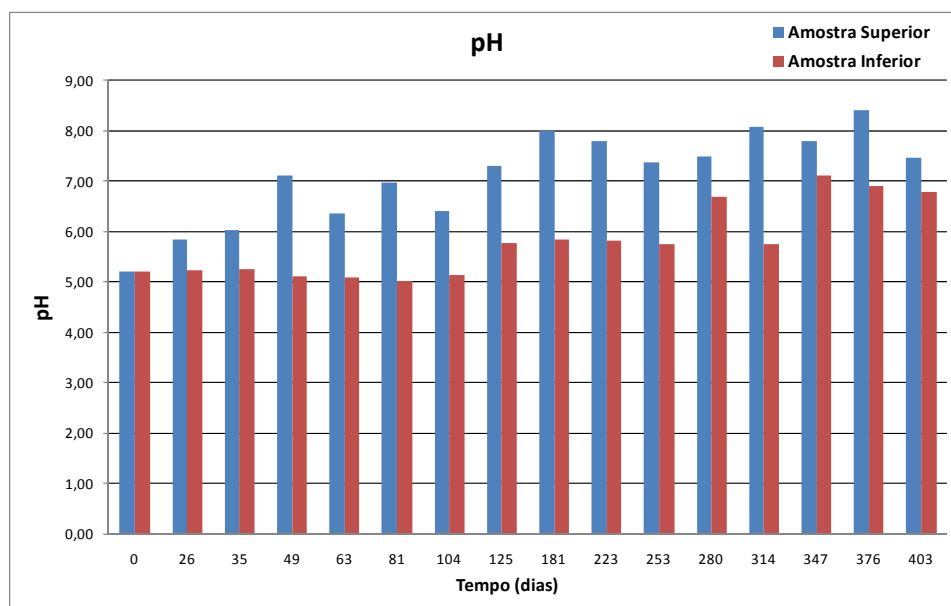


Figura 2: Evolução do pH com o tempo.

ALCALINIDADE TOTAL

De acordo com Lima & Nunes (1994) a alcalinidade está relacionada a sais alcalinos de sódio, cálcio e magnésio e mede a capacidade de a água neutralizar ácidos. Quando o pH é maior que 9,4 a alcalinidade é devido a hidróxidos e carbonatos, entretanto, quando o pH está entre 8,3 e 9,4, a alcalinidade a carbonatos e bicarbonatos.

Estudos realizados por Barlaz *et. al.* (1989), mostraram que as concentrações variando de 6.900mg/l a 8.000mg/l não provocaram inibição no sistema anaeróbio, desde que a concentração de sódio aumentassem lentamente existissem outros cátions presentes.

Os resultados do lisímetro mostraram que a concentração de sódio na massa do resíduo nos últimos dias, ficaram em torno de 1000 a 2000 mg/l (Figura 3), onde se verifica um baixa produção de amônia, que está diretamente relacionado com a redução da alcalinidade. Portanto, espera-se que o meio não passe a ser tóxico para os microorganismos anaeróbios, que estão se adaptando, sugerindo que o lisímetro encontra-se na fase metanogênica.

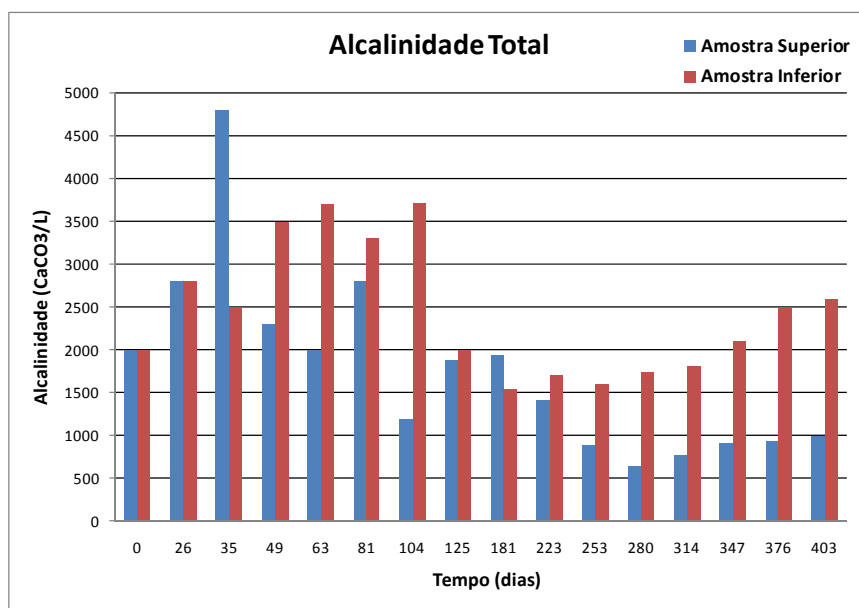


Figura 3: Evolução da Alcalinidade com o tempo.

ÁCIDOS VOLÁTEIS

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. Segundo Kroeker (1979) os ácidos voláteis são tóxicos para as bactérias metanogênicas a concentração em torno de 2000 mgHAc/L.

Os resultados obtidos, na Figura 4, mostram um aumento de ácidos voláteis na amostra inferior e um decréscimo na amostra superior, isto está ocorrendo devido ao processo de degradação e lixiviação da massa do resíduo ao longo do tempo.

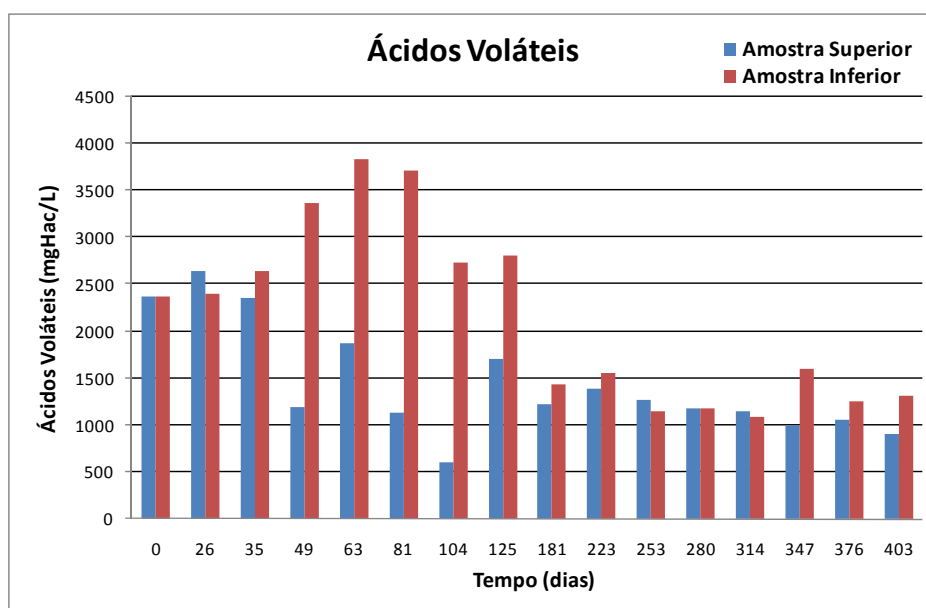


Figura 4: Evolução dos Ácidos Voláteis com o tempo.

CLORETOS

Segundo Junqueira (2000) o cloro é o principal ânion inorgânico que ocorre em concentrações variáveis em águas naturais. Contudo, não há efeitos adversos à saúde humana resultantes da presença de grandes quantidades de cloretos. A maioria dos usos domésticos, agrícolas e industriais requer concentrações de cloreto inferiores a 250 mg/l.

De acordo com a Figura 5, observa-se que na concentração de cloretos da amostra inferior do lisímetro houve um aumento considerável, podendo ser justificado pela sua facilidade de lixiviação e por possuir alta solubilidade.

Embora as concentrações de cloretos não afetem a biota microbiana no interior da massa do resíduo, se consideradas altas em contatos com rios podem causar uma alteração na biótica (Monteiro, 2003).

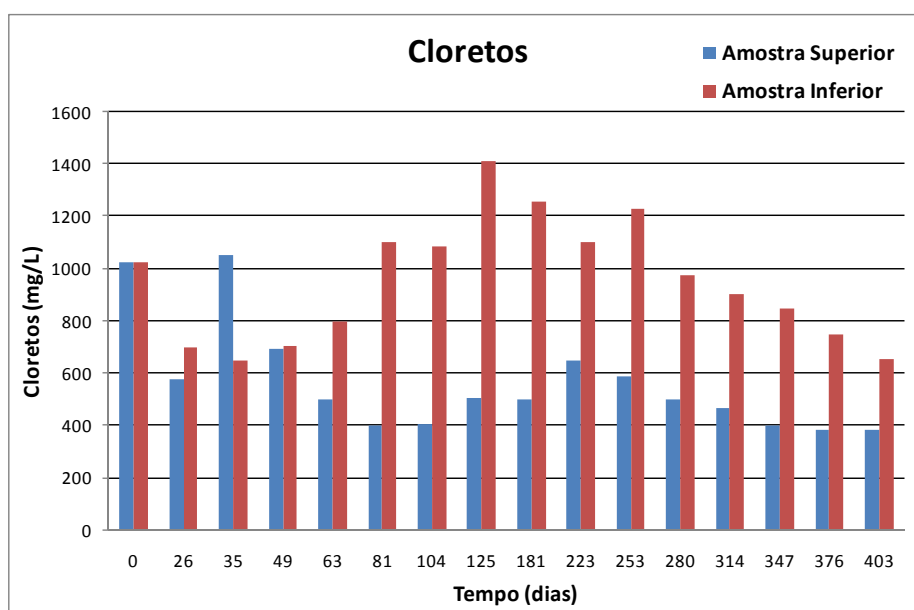


Figura 5: Evolução dos Cloretos com o tempo.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A Demanda Química de Oxigênio é uma medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica, ela é uma estimativa da quantidade material orgânico e redutor presente em meio líquido. Segundo Lima & Nunes (1994) a variação da DQO em função do tempo de aterramento expressa, de forma indireta, o rendimento da atividade microbiana ativa. Assim, medir a DQO ao longo do tempo significa aferir, indiretamente, a atividade microbiana.

Os valores obtidos na Figura 6 mostram um aumento na atividade microbiana, o que é justificado pelo fato resíduo está recém depositado, mostrando que o oxigênio começa a se desenvolver em condições anaeróbias. Esta fase é conhecida como hidrólise, porque os componentes complexos dos resíduos começaram a se transformar em ácidos graxos voláteis e alcoóis.

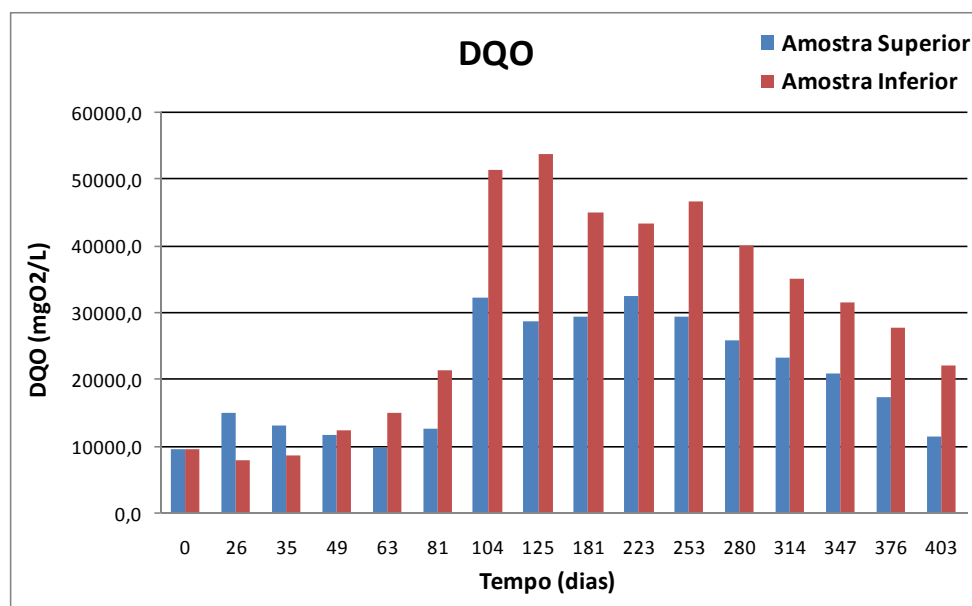


Figura 6: Evolução da DQO com o tempo.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio em solução aquosa é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar matéria orgânica pela decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente referida como a quantidade de oxigênio consumida durante um determinado período de tempo, a uma temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias, numa temperatura de incubação de 20 °C, é freqüentemente utilizado e referido como DBO₅ (Monteiro, 2003).

A DBO mede a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado. E este teste não mostra a presença de matéria não biodegradável nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana.

De acordo com Fernández-Viña (2000) *apoud.* Monteiro (2003) as concentrações médias de DBO para aterros novos são em torno de 10.000 mg/l e para aterros velhos (> 10 anos) os valores de concentração ficam numa faixa de 100mg/l a 2.000 mg/l. Segundo Pfeffer et al. (1986) *apoud.* Monteiro (2003), mostra concentrações em torno de 4.000 mg/l para aterros com até 5 anos e 80 mg/l para aterros com 16 anos.

Os resultados da DBO apresentados, na Figura 7, comparado com os resultados obtidos por estes autores, mostram que o lisímetro apresenta os resultados dentro da faixa de variação encontrados em aterros semelhantes e que o mesmo encontra-se em na fase metanogênica de decomposição. Verificam-se valores de DBO maior na amostra inferior, caracterizando um processo de lixiviação.

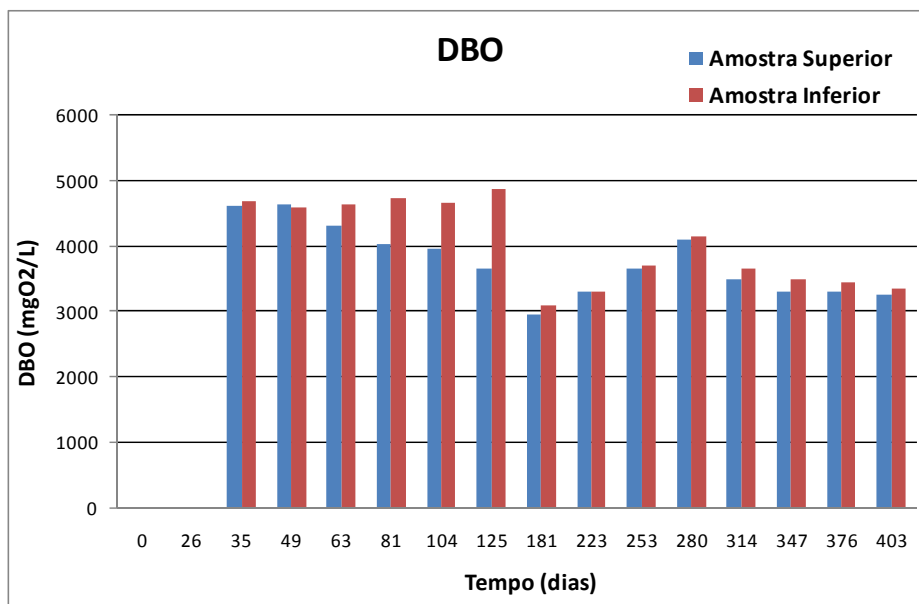


Figura 7: Evolução da DBO com o tempo.

CONCLUSÕES

As condições climáticas não favoreceram para o processo de degradação da matéria orgânica, fazendo com que a degradação dos resíduos ocorresse de maneira lenta.

A entrada extra de oxigênio ocasionou o retardamento do processo anaeróbio, impedindo a ação das bactérias metanogênicas e desestabilizando o meio, permitindo o aumento de organismo aeróbios no meio interno e diminuindo o número de organismos anaeróbios.

A avaliação mostra uma discreta diferenciação da porção superior e inferior dos resíduos do lisímetro. A degradação na porção superior foi ligeiramente observada nos resultados devido provavelmente à influência externa do ar que penetra através da camada de cobertura por caminhos preferenciais, tornando-a mais aeróbia em relação à amostra inferior que é mais anaeróbia.

Os parâmetros monitorados servirão de base para entender como ocorre a sucessão da biota microbiana durante as diferentes fases de degradação da matéria orgânica bem como compreender como fatores ambientais que interferem na biodegradação dos RSU.

De modo geral, os resultados obtidos em escala experimental serviram para comparar com os dados existentes em escala real, servindo de base para projetos adaptados às condições regionais, sendo ainda, utilizadas na elaboração e/ou aplicações de modelos matemáticos, com os quais poderão contribuir para instalação de um aterro sanitário na cidade de Campina Grande, Paraíba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCÂNTARA, P.B., Monteiro, V.E. D, Palha, M.L.A. P, Araújo, J.M., Jucá, J.F.T. Construção e Monitoramento de uma Célula Experimental de RSU em Escala Reduzida. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande-MS, 2005.
2. APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Arnold E. Greenberg et al., 18 ed. Supplement. p. 70, Washington, 1998.
3. BARLAZ M.A., SCHAEFER D.M., HAM R.K. Bacterial population development and chemical characteristics of refuse decomposition in a simulated sanitary landfill. Applied Environmental Microbiology. London, v.55, p. 55-65, 1989.
4. ESPINACE, R., Palma J.& Sánchez-Alciturri J.M. Experiencias de Aplicación de Modelos para la Determinación de los Asentamientos de Rellenos Sanitarios, XI Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, Foz de Iguaçu, Brasil, 1999.



5. JUCÁ, J.F.T. Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. 5º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental - REGEO'2003, Porto Alegre, RS, 2003.
6. JUNQUEIRA, F.F. Análise do Comportamento de Resíduos Urbanos e Sistemas Dreno Filtrantes em Diferentes Escalas, com Referência ao Aterro do Jockey Club – DF. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2000.
7. KROEGER, E.J. Anaerobic treatment process stability. Journal WPCF, London, v.51, n.4, 718p, 1979.
8. LEITE, H. E. A. S. Estudo do comportamento de aterros de RSU em um bioreator em escala experimental na cidade de Campina Grande – PB. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2008.
9. LIMA, L.M.Q. & NUNES, C.R. Aterro Sanitário Celular. 1994.
10. MELO, M.C. Uma Análise de Recalques Associada a Biodegradação no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife/PE, 2003.
11. 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.
12. MCDUGALL J.R. & PHILP J.C. Parametric Study of Landfill Biodegradation Modelling: Methanogenesis & Initial Conditions. In Proc. Sardinia 2001, 8th Intl. Waste, 2001.
13. 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 e Recursos Naturais, Campina Grande, 2009.
14. PINTO, D. M. L. Avaliação da Biodegradabilidade da Fração Orgânica dos Resíduos Domésticos. Tese (Doutorado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2000.