



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

# INFLUÊNCIA DE FUNGOS E BACTÉRIAS AERÓBIAS TOTAIS NA BIODEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB EM ESCALA EXPERIMENTAL

Roberta Costa Meira<sup>1</sup>

---

## RESUMO

A biodegradação dos resíduos sólidos acontece pela ação conjunta de diferentes espécies de microrganismos e inicia-se com uma predominância de fungos e bactérias devido à presença de oxigênio difundido no meio da massa de lixo. Este trabalho propõe-se analisar a evolução do crescimento de fungos e bactérias aeróbias em um biorreator alimentado com resíduos sólidos urbanos (RSU) da cidade de Campina Grande – PB. O monitoramento do biorreator (lisímetro) envolveu coleta periódica de amostras sólidas para análises laboratoriais e quantificações das unidades formadoras de colônias bacterianas e de colônias fúngicas. Os resultados demonstraram uma tendência à redução com o tempo indicando a diminuição de oxigênio no interior do lisímetro principalmente na porção inferior em que, provavelmente, têm-se condições mais anaeróbias.

**Palavras-Chave:** Biodegradação, Microrganismos, Resíduos Sólidos Urbanos.

## INFLUENCE OF FUNGI AND BACTERIA TOTAL AEROBIC OF BIODEGRADATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN THE CITY OF CAMPINA GRANDE – PB IN SCALE EXPERIMENTAL

### ABSTRACT

The biodegradation of solid waste is the joint action of different species of microorganisms and begins with a predominance of fungi and bacteria due to the presence of oxygen diffused in the middle of the mass of garbage. This study proposes to examine the evolution of the growth of fungi and aerobic bacteria in a bioreactor fed with solid waste (MSW) from the city of Campina Grande - PB. The monitoring of the bioreactor (lysimeter) involved collection of regular solid samples for laboratory testing and quantification of colony forming units of bacterial and fungal colonies. The results showed a tendency to decrease with time indicating a decrease of oxygen inside the lysimeter mainly in the lower portion of which, probably, have more anaerobic conditions

**Key words:** Biodegradation, microorganisms, municipal solid waste.

---

Trabalho recebido em 19/08/2009 e aceito para publicação em 27/11/2009.

---

<sup>1</sup> Engenheira Civil e pesquisadora da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Mestra em Engenharia Civil e Ambiental. R. João Julião Martins, nº 375, Aptº 103, Bodocongó, Campina Grande – PB. e-mail: robertameira02@yahoo.com.br

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o desenvolvimento industrial são os principais fatores que dão origem a produção do lixo urbano, decorrente da atividade consumista da sociedade, tendo como consequência a degradação do meio ambiente.

Os problemas associados aos resíduos, segundo Figueiredo (1995), decorrem não só de sua geração, mas também de sua evolução qualitativa, ou seja, do tipo de lixo que é produzido.

Os aterros sanitários são uma alternativa adequada e segura para a disposição final do lixo, no entanto em cidades como Campina Grande na Paraíba, o destino desses resíduos é realizado em locais a céu aberto, denominados “lixão”, visto que causa contaminação do solo e corpos d’água superficiais e subterrâneos, proliferação de vetores e instalação de comunidades de catadores, geração de gases etc. (SILVEIRA, 2004). Essa alternativa não engloba nenhum tipo de tratamento que contribua para a melhoria dos danos ambientais e solução de problemas causados ao homem.

No intuito de conhecer melhor o funcionamento de aterros de resíduos sólidos urbanos (RSU), células experimentais (biorreatores ou lisímetros) representam uma técnica bastante

interessante, pois permitem obter parâmetros para projetos, dimensionamento, construção e monitoramento de aterros. Além disso, normas técnicas que hoje são muitas vezes inadequadas devem ser reformuladas ou aprimoradas a partir dos estudos desenvolvidos em células experimentais (MONTEIRO, 2003). As pesquisas desenvolvidas em biorreatores envolvem a busca de alternativas tecnológicas que poderão ser adaptadas não apenas para grandes aterros, mas também para aterros de pequeno e médio porte, como é o caso da cidade de Campina Grande. Os aterros para municípios de pequeno e médio porte devem ser projetados com base em tecnologias apropriadas que associem a simplicidade operacional, baseada em procedimentos científicos, à flexibilidade necessária para compatibilizar o projeto, a operação, os requisitos ambientais e as potencialidades locais (LEITE, 2008).

Os lisímetros representam uma técnica bastante interessante e são empregadas para estudar o comportamento dos resíduos e contribuir para uma melhor compreensão do metabolismo de degradação dos produtos orgânicos (ALCÂNTARA, 2007).

A biodegradação da massa de lixo se dá pela ação conjunta de diferentes grupos de microrganismos, sejam eles:

fungos e bactérias. Assim que ocorre a disposição dos RSU, estão presentes os microrganismos aeróbios, onde existe uma fonte de oxigênio (oxidante) para suas atividades metabólicas. Após um determinado tempo há proliferação de organismos anaeróbios, que degradam a matéria orgânica sem presença de oxigênio e perduram durante toda a vida em um aterro (MELO, 2003).

Fungos, juntamente com as bactérias heterotróficas, são os principais decompositores da biosfera, quebrando os produtos orgânicos e reciclando carbono, nitrogênio e outros compostos do solo e do ar. Muitos fungos são economicamente importantes para o homem como destruidores de alimentos estocados e outros materiais orgânicos (LEITE, 2008).

Em compostos de RSU, têm sido encontrados fungos do gênero *Aspergillus*, inclusive da espécie *A. fumigatus*, que é responsável por infecções graves em seres humanos e animais. Como os fungos são microrganismos esporógenos, a sua presença ao longo do processo de degradação de RSU em aterros, sugere que eles possam permanecer por muito tempo, no ambiente do aterro, mesmo após a estabilização do material orgânico (ALCÂNTARA, 2007).

As bactérias encontradas em RSU podem ser aeróbias, anaeróbias ou

facultativas a depender da fase de decomposição dos resíduos e das condições de oxigenação do ambiente. Em geral a decomposição aeróbia é relativamente curta em um aterro de RSU. Em aterros pouco profundos (inferiores a 3m) ou quando se garante suprimento extra de oxigênio, essa fase pode se estender por um tempo maior.

### 1.1 Fases da Degradação

As fases da degradação da matéria orgânica no caso específico de substratos sólidos confinadas em aterros sanitários são as seguintes:

**Fase I** – aeróbia: inicia-se com uma predominância de fungos e bactérias, dada a presença de oxigênio difundido no meio da massa sólida, permanecendo assim durante algumas semanas ou até poucos meses, até que, em função da cobertura diária do lixo e da atividade dos microrganismos, passam assim a vigorar as condições anaeróbias. A atividade dos microrganismos leva a produção de CO<sub>2</sub> e água, ao consumo de oxigênio e a elevação da temperatura;

**Fase II** – anaeróbia não metanogênica: nesta fase começa a predominar as condições anaeróbias, com um aumento significativo na produção de dióxido de carbono e hidrogênio pelos

microrganismos aeróbios facultativos. A glicose da primeira fase é metabolizada por este grupo. Ocorre formação de ácidos, com conseqüente queda do pH e simultaneamente se observa acentuado decréscimo de oxigênio livre, que tende a zero;

**Fase III** – anaeróbia metanogênica (instável): esta fase é caracterizada pela primeira evidência da produção de metano havendo, em conseqüência, redução nas produções de dióxido de carbono e hidrogênio. Há uma produção acentuada de acetato, formiato, hidrogênio e dióxido de carbono, até chegar a fase metanogênica estável.

**Fase IV** – anaeróbia metanogênica (estável): as produções de metano e dióxido de carbono atingem uma composição constante sugerindo, segundo os autores, que na massa de resíduos que está sendo degradada, estejam prevalecendo as atividades das metanobactérias.

De acordo com PAES (2003) foi acrescentada uma quinta fase, denominada “maturação final”. Esta fase consiste no estágio final de estabilização em aterros, nutrientes e substratos disponíveis tornam-se limitados e a atividade biológica é reduzida. A produção de gás diminui e o chorume permanece com concentrações mais baixas, o oxigênio e espécies

oxidativas podem reaparecer vagarosamente. Contudo, a lenta degradação de frações orgânicas resistentes pode continuar com a produção de substâncias húmicas.

## 1.2 Curva do crescimento bacteriano em RSU

De acordo com Melo (2003) as culturas bacterianas crescem exponencialmente durante o crescimento ativo, aumentando em progressão geométrica, sendo este crescimento influenciado pela composição nutricional do meio e pelas condições físicas. Se o crescimento bacteriano ocorre num sistema fechado, ou seja, sem a entrada de novos nutrientes, bem como a remoção dos metabólitos gerados no processo, ocorre a exaustão do sistema. Durante o crescimento, a população em um sistema fechado é balanceada, havendo um aumento ordenado em todos os constituintes de cada célula microbiana. Quando é atingida a população máxima, verifica-se a exaustão de nutrientes e a intoxicação pelos produtos metabólicos gerados pelos próprios microrganismos. A reprodução é inibida e começa a morte celular.

A cinética do crescimento de microrganismos em aterros de RSU para uma determinada massa de resíduos ocorre

em quatro fases distintas de crescimento: lag, log, estacionária e declínio.

em função do tempo (Figura 1): lag, log,



**Figura 1:** Curva do crescimento microbiano mostrando as quatro fases (KYAW, 2006).

**Fase lag:** período variável, onde ainda não há um aumento significativo da população. Ao contrário, é um período onde o número de organismos permanece praticamente inalterado. Esta fase também é observada quando as células sofrem traumas físicos (choque térmico, radiações) ou químicos (produtos tóxicos), ou quando são transferidas de um meio rico para outro de composição mais pobre. É uma fase onde há a adaptação microbiana ao meio imposto e se deve a atividade metabólica dos microrganismos para adaptar-se ao novo ambiente, antes de poder duplicar-se. Essa adaptação é necessária, pois os organismos sintetizam enzimas extracelulares a fim de degradar as substâncias presentes no meio. Para a produção desta enzima, leva-se algum tempo, por isso não há crescimento

bacteriano e sim uma preparação para este crescimento.

**Fase log ou exponencial:** nesta etapa, as células estão plenamente adaptadas, absorvendo os nutrientes, sintetizando seus constituintes, crescendo e se duplicando. Deve ser levado em conta também que neste momento, a quantidade de produtos finais de metabolismo ainda é pequena. Diminui-se o oxigênio e inicia-se o desaparecimento de microrganismos aeróbios e surgimento de anaeróbios degradadores de macromoléculas. Os microrganismos alcançam uma velocidade constante do crescimento, pois as células iniciam seu processo de divisão, entrando no período de crescimento exponencial ou logarítmico.

**Fase estacionária:** nesta fase, os nutrientes estão escasseando e os produtos tóxicos estão tornando-se mais abundantes. Nesta etapa não há um crescimento líquido da população, ou seja, o número de células que se divide é equivalente ao número de células que morrem. Diversos fatores podem intervir na fase log e diminuir sua atividade, entre eles tem-se: o término de nutrientes, o acúmulo de produtos de degradação, assim como mudanças no pH que podem ser danosas as células.

**Fase de declínio ou morte celular::** a maioria das células está em processo de morte, embora outras ainda estejam se dividindo, portanto o número de células mortas excede ao de células novas. Vários são os fatores que determinam esta fase, entre eles estão a diminuição do substrato, subprodutos do metabolismo que se tornam tóxicos quando em altas concentrações.

### 1.3 Fatores que interferem na evolução dos processos biodegradativos

Embora seja um processo natural, a decomposição dos RSU em um aterro sanitário é um processo complexo e para que ocorra um crescimento bacteriano satisfatório, todos os microrganismos necessitam de condições mínimas para sobrevivência e posterior reprodução. Portanto, o pH, a umidade e temperatura

ideais são fatores essenciais para o seu desenvolvimento (MELO, 2003).

O presente trabalho a propõe-se a estudar a influência de fungos e bactérias aeróbias totais na biodegradação dos resíduos sólidos por meio da construção de um biorreator (lisímetro), em escala experimental, que segundo Monteiro (2003) pode sugerir através do seu monitoramento os possíveis ajustes que poderão ser aplicados em escala real.

O objetivo deste trabalho é analisar a influência da evolução do crescimento de fungos e bactérias aeróbias totais em um biorreator alimentado com RSU da cidade de Campina Grande – PB.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Campo Experimental

A pesquisa foi desenvolvida através da construção e monitoramento de uma célula experimental (lisímetro), simulando uma célula de aterro sanitário. O lisímetro foi construído no campo experimental EXTRABES (Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários) que é um núcleo de pesquisa pertencente à Universidade Federal de Campina Grande e Universidade Estadual da Paraíba, localizado em um terreno pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba – CAGEPA.

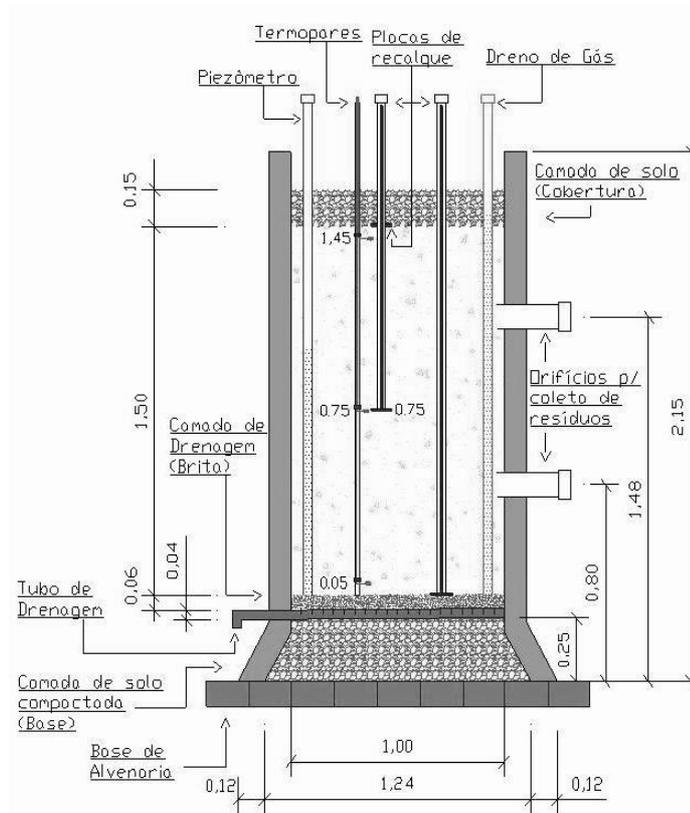
## 2.2 Construção do Biorreator (Lisímetro)

O lisímetro foi construído a partir da adaptação de duas manilhas em concreto armado e as suas dimensões foram: altura de 2,15m, diâmetro interno de 1,00m e volume aproximado de 1,70m<sup>3</sup> (Figura 2). A estrutura foi apoiada sobre uma base de concreto, fixada com auxílio de argamassa. Em suas camadas de base e cobertura foi empregado um solo com características de impermeabilidade.

O lisímetro possuía um sistema de drenagem de um tubo de PVC apoiado sobre o solo compactado e sobre uma camada de pedra britada utilizada para

promover a drenagem de toda a célula experimental. Além disso, foi dotado de uma instrumentação constituída de sistema de drenagem de líquidos e gases, piezômetro para medição do nível de líquidos, placas circulares para medição de recalques superficiais e em profundidade e termopares para medição de temperatura em profundidade.

O orifício para a coleta e obtenção das amostras de resíduos possuía um diâmetro de 0,05m sendo a abertura inferior posicionada a uma altura de 0,8m da base e a abertura superior a 1,48m da base. Por meio dos orifícios foram obtidas duas amostras por coleta, designadas como amostra superior e amostra inferior.



**Figura 2:** Desenho esquemático do lisímetro (Leite 2008).

### 2.3 Caracterização Dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Objetivando uma amostra representativa dos RSU da cidade de Campina Grande, foi utilizado para o preenchimento do lisímetro resíduos provenientes de três bairros de classes sociais distintas, incluídos em uma mesma rota de coleta definida pela Diretoria de

Limpeza Urbana do município, sendo estes bairros: Mirante (classe alta), Catolé (classe média) e Conjunto Argemiro Figueredo situado no bairro Sandra Cavalcanti (classe baixa).

Para a caracterização dos resíduos, foram realizadas as seguintes etapas (Figura 3):



**Figura 3:** Descarregamento (1), homogeneização do material (2) e divisão das pilhas (3).

1. Descarregamento dos resíduos do caminhão compactador;
2. Homogeneização dos resíduos com auxílio de uma enchedeira;
3. 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 pesquisa, foi obtida 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.

Esses resíduos, após pesagem, foram lançados no interior do lisímetro em camadas de 0,10m e compactados manualmente. Juntamente com a colocação do lixo foi instalada a instrumentação necessária ao monitoramento do lisímetro.

As amostras foram retiradas utilizando um amostrador confeccionado pelo grupo de pesquisa da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Retirava-se em cada abertura aproximadamente 500g de resíduos que foram picotadas em tamanho de 50mm aproximadamente, e após a picotagem, as amostras foram armazenadas para posteriores análises de laboratório.

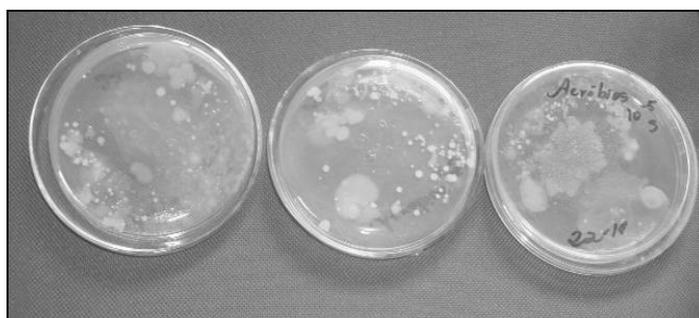
#### 2.4 Aeróbios Totais

Para determinar a presença de microrganismos aeróbios, foram utilizados tubos de ensaio dotados de 9 mL de tampão fosfato, os quais foram autoclavados a 121°C durante 15 minutos.

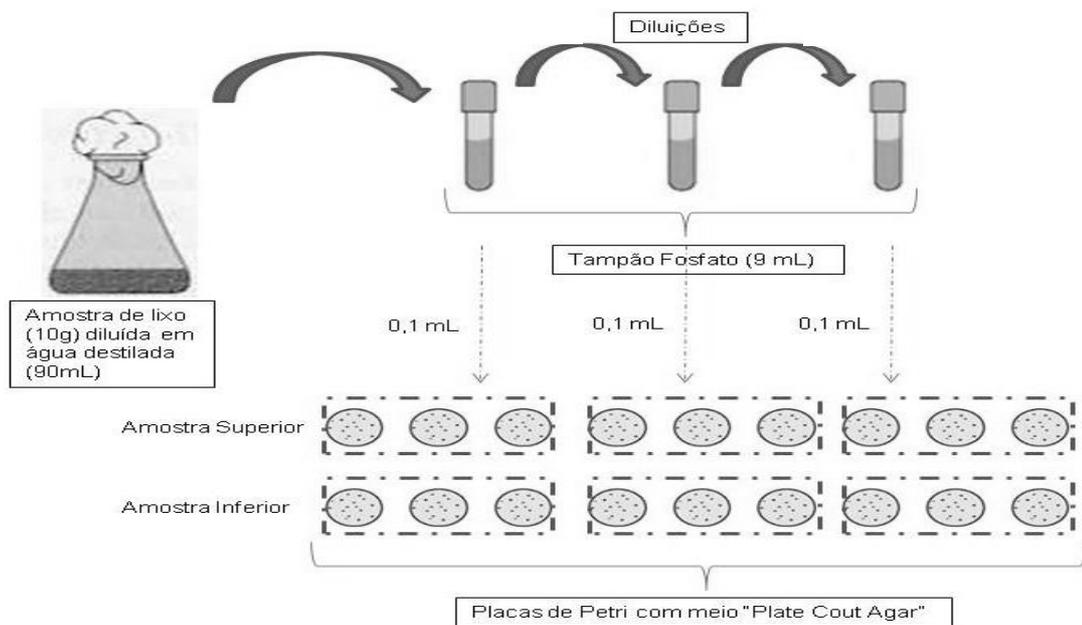
A amostra com 10g de RSU foi diluída em 90 mL de tampão fosfato até atingir uma diluição de  $10^{-5}$  (para a amostra superior e inferior do lisímetro). Foram selecionadas as diluições mais significativas ( $10^{-3}$  a  $10^{-5}$ ). Retirou-se de cada tubo 0,1mL da amostra e com auxílio de uma alça de Platina adaptada, espalhou-se esta amostra em toda a placa de petri contendo meio Plate Count Agar, realizando três repetições para cada diluição selecionada.

Após esses procedimentos, as placas foram encaminhadas à estufa a 37°C por 48 horas e em seguida realizou-se a contagem das colônias formadas sobre a superfície da placa e realizado o cálculo das unidades formadoras de colônia (UFC) (Figura 4). A grande vantagem desse método é que a população bacteriana é quantificada.

O procedimento do ensaio dos aeróbios totais está representado pela Figura 5.



**Figura 4:** Placas de Ensaio de aeróbios totais.



**Figura 5:** Desenho esquemático do procedimento do ensaio de Aeróbios Totais

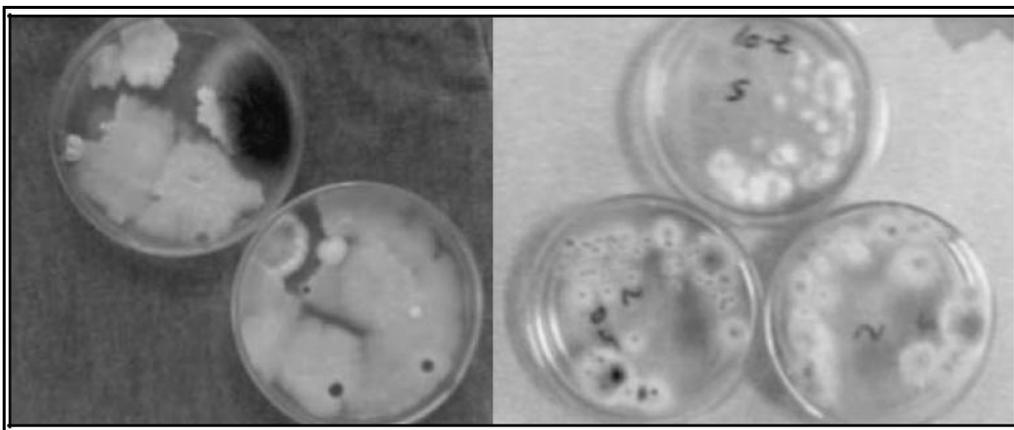
**Fonte:** MEIRA ( 2009).

## 2.5 Fungos

Segundo Trabulsi (2005) os fungos se desenvolvem em meios especiais de cultivos, como o meio ágar-sabouraud, formando colônias leveduriformes, que em geral apresentam aspecto pastoso ou cremoso; e colônias filamentosas caracterizadas por aspectos aveludados,

algodonosas, pulverulentas, com os mais variados tipos de pigmentação (Figura 6).

A grande maioria dos fungos é aeróbia, porém há espécies anaeróbias facultativas e apenas poucos, ainda não muito conhecido, são anaeróbios e se reproduzem por esporos, forma de reprodução ou de resistência a agressões ou estresse externos (TORTORA, 2000).



**Figura 6:** Colônias de fungos.

A amostra de resíduo foi submetida a diluições de  $10^{-1}$  a  $10^{-5}$  e posteriormente selecionada as diluições que pudessem prover a contagem de fungos. As amostras foram semeadas diretamente sobre placas de petri previamente esterilizadas, com auxílio de uma alça de platina formando estrias na superfície da placa, contendo meio ágar-sabouraud. Para evitar que ocorra crescimento bacteriano na placa semeada fez-se necessário que durante o preparo do meio de cultura na placa fosse adicionado o antibiótico cloranfenicol, permitindo deste modo que ocorra apenas crescimento de fungos.

Em seguida a amostra foi incubada a  $35^{\circ}\text{C}$ , durante um período de cinco a sete dias, em que, passado esse período, foi realizada a contagem e cálculo das UFC fúngicas (TRABULSI, 2005).

Para entender o processo biodegradativo, foram realizadas as análises de temperatura, onde foram medidas *in situ*, o teor de umidade para amostras sólidas de acordo com WHO (1979) e o pH que foi realizado baseado no Standard Methods for Examination of Water and Waster Water, 1998.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 7 mostra a quantificação de fungos e bactérias aeróbias totais do lisímetro ao longo do monitoramento.

De acordo com a Figura 7 (a), foram encontrados no lisímetro fungos na faixa de 10 a  $10^5$  UFC/mL de microrganismos, tanto na porção superior (tendência a ambiente mais aeróbio) como na inferior (tendência a ambiente mais anaeróbio).

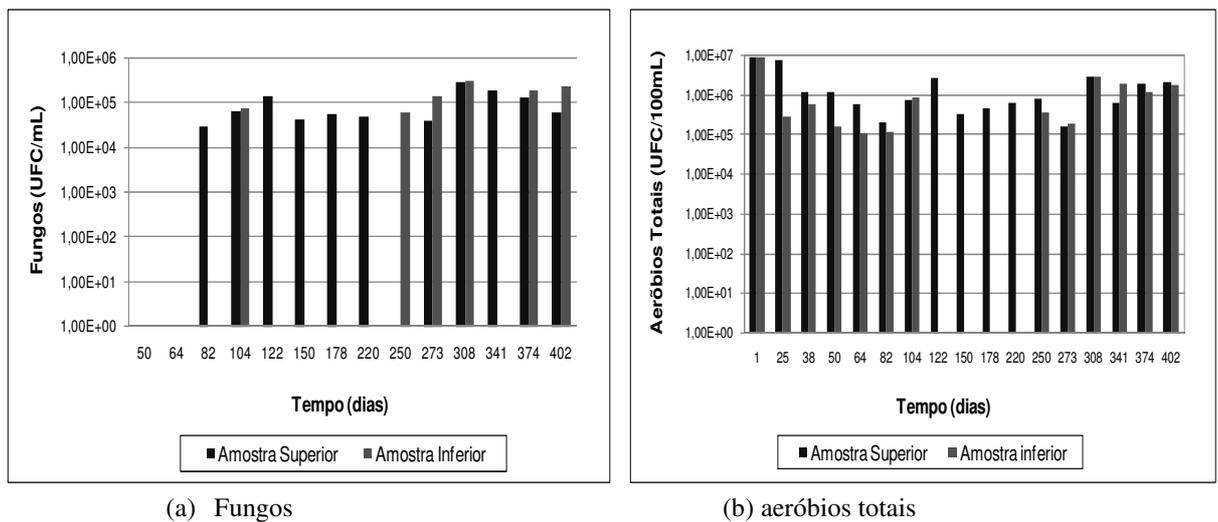
É possível perceber que as contagens de fungos até aproximadamente o 220º dia foram predominantemente maiores nas amostras coletadas no nível mais superficial. Isso ocorreu certamente porque, havia maior disponibilidade de oxigênio, possibilitando assim, o crescimento de um maior número de espécies desses microrganismos, já que a maioria destes é aeróbia.

Os fungos necessitam basicamente de umidade, calor e fonte de carbono para sobreviver e como este grupo se desenvolve em condições adversas, possivelmente, como a umidade no interior do lisímetro sempre foi elevada (em média 60%) e a matéria orgânica (70%) está presente em grande quantidade, houve uma influência positiva em seu crescimento.

O crescimento de fungos também pode ser explicado pelo fato da grande quantidade de material orgânico ser a celulose presente na massa de lixo. Estes compostos são hidrolisados por estes organismos que secretam enzimas que irão degradá-los a compostos que poderão ser

absorvidos posteriormente. As temperaturas que oscilam entre 35 a 65°C permitem que organismos fúngicos se desenvolvam de maneira satisfatória, portanto, de acordo com os resultados

observados neste estudo esta fase de temperatura está compatível para o seu desenvolvimento.



**Figura 7:** Concentração de fungos e aeróbios totais durante o monitoramento do lisímetro

Observa-se na Figura 7 (b) que, a quantidade de microrganismos manteve-se relativamente semelhante a valores encontrados por Melo (2003) nos estudos desenvolvidos no aterro da Muribeca (PE), onde ocorreram oscilações que variaram em média de  $10^5$  a  $10^6$  UFC/100mL em resíduos.

No lisímetro em estudo observa-se que até o 80° dia de monitoramento houve um decaimento desses microrganismos aeróbios, que pode está relacionado com o rápido consumo de oxigênio do meio, fazendo com que ocorra o surgimento dos microrganismos anaeróbios.

O período que corresponde a uma maior precipitação pluviométrica acarretou um crescimento das bactérias aeróbias, que por sua vez, manteve seu crescimento para amostra superior, onde já era esperado, pois, com a presença de chuvas ocorreu uma maior concentração de oxigênio desfavorecendo o crescimento dos microrganismos anaeróbios, que estão presentes provavelmente na porção inferior (correspondente aos 120° a 220° dia de monitoramento). Porém, uma vez restabelecidas as condições para crescimento, esses microrganismos podem atingir rapidamente o seu estágio de crescimento anterior.

É importante observar que a amostra superior na maioria do tempo de monitoramento obteve valores superiores, podendo ser justificado por fissuras na camada de cobertura, circunstância que pode ter facilitado a entrada de oxigênio.

Deve-se ressaltar que houve problemas no lisímetro quanto aos orifícios feitos para retirada das amostras de resíduos, portanto, houve a necessidade de abrir outros orifícios, sendo este fato influente para a entrada de oxigênio e conseqüentemente um aumento na contagem desses microrganismos.

Observa-se que a ordem de grandeza que expressa a quantidade de microrganismos aeróbios tende a reduzir com o tempo, principalmente para a porção inferior. Além disso, quando se tem uma diminuição da matéria orgânica devido à biodegradação, a quantidade de microrganismos também decresce, uma vez que esses grupos microbianos dependem da quantidade de fontes nutricionais.

Dentre os fatores abióticos que interferem na atividade microbiana durante a decomposição da fração orgânica de RSU em aterros, a temperatura é um dos mais relevantes, pois afeta diretamente o metabolismo dos microrganismos (ALCÂNTARA, 2007). De modo geral, temperaturas mais elevadas proporcionam

uma maior atividade e aceleram o processo de biodegradação, entretanto a temperaturas maiores que 50°C a atividade enzimática é afetada, pois ocorre a desnaturação de proteínas.

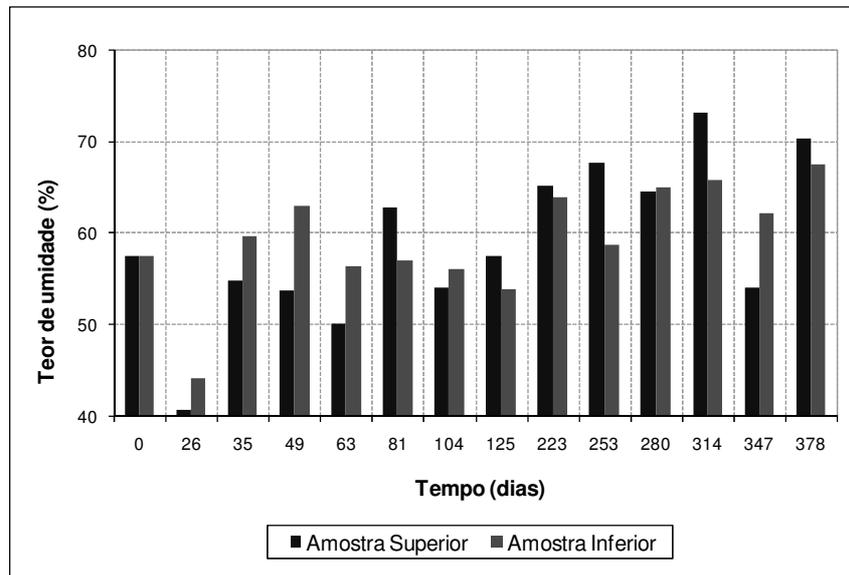
O monitoramento da temperatura no lisímetro foi feito através de três termopares instalados ao longo da massa de lixo, que foi denominado: temperatura 1 (1,45m), temperatura 2 (0,75m), temperatura 3 (0,05m) (Figura 7), como também de termômetro comum de coluna de mercúrio que foi utilizado para medir a temperatura ambiente (TA) no instante da medição interna das temperaturas através dos termopares. Além dessas temperaturas, obteve-se a temperatura ambiente média (TAM) diária da cidade de Campina Grande, fornecidas pelo INEMET.

As temperaturas medidas no interior do lisímetro e também na temperatura ambiente média têm semelhanças bastante consideráveis, podendo ser resultado da influência da temperatura externa, havendo possíveis trocas de calor do meio interno com o externo, devido a espessura da parede do lisímetro.

De acordo com Kiehl (1985) é importante a presença de água durante o processo biológico aeróbio de decomposição da matéria orgânica (compostagem) onde a umidade deve

permanecer entre 40 a 60% para melhor desempenho da atividade nas bactérias decompositoras.

A variação do teor de umidade durante a fase de monitoramento está apresentada na Figura 8.



**Figura 8:** Variação do teor de umidade no decorrer do tempo.

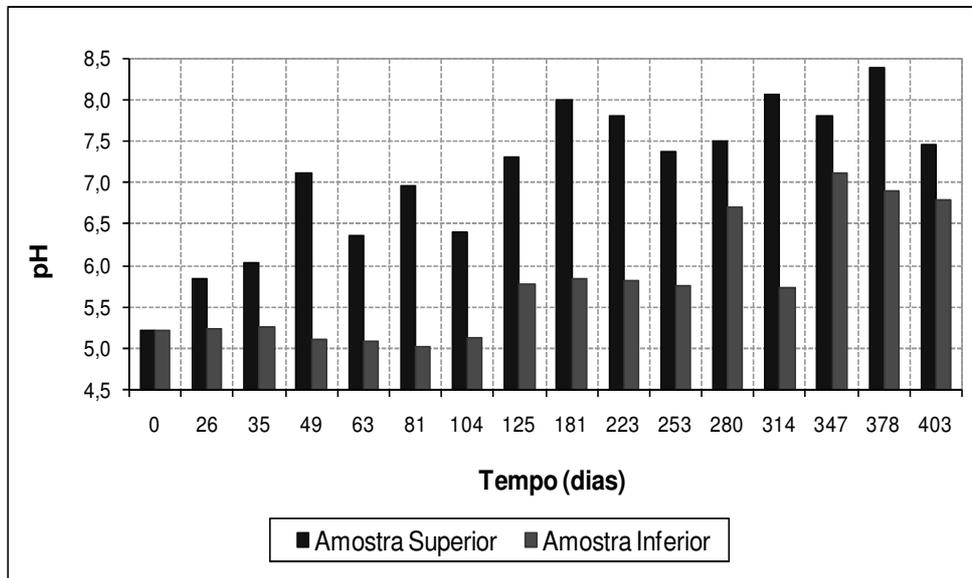
A umidade no interior do lisímetro sempre esteve acima de 40%, chegando até próximo de 70% e conforme Palmizano; Barlaz (1996), a faixa ótima de umidade para degradação biológica deverá ser entre 20-40%, valores fora dessa faixa podem desestabilizar a célula de lixo. Contudo, Alcântara (2007), indicou a faixa de umidade mais adequada ao processo de degradação nos aterros simulados entre 53% a 58% e cita que em lisímetros estudados por Kinnman *et al.* (1986), foram encontrados valores numa faixa de 44 a 65%. E o que pode ser observado no lisímetro estudado em Campina Grande é que a umidade elevada não afetou a atividade microbiana.

De acordo com Alcântara (2007), a quantificação dos valores de pH em processos de tratamento biológico, como aterros de RSU, permite avaliar preliminarmente o desempenho do processo de digestão anaeróbia, pois a variação desse parâmetro na massa de resíduos aterrados ou no lixiviado gerado está associada às etapas de degradação em aterros sanitários.

Segundo Catapreta (2008), o pH pode variar com o tempo de degradação dos resíduos. 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.

A Figura 9 apresenta a variação do pH no interior do lisímetro em estudo no decorrer do tempo de monitoramento.



**Figura 9:** Variação do pH no decorrer do tempo.

No decorrer do tempo, o pH para as amostras superiores manteve-se para amostra superior entre 7,0 e 8,0 a partir dos 125º dia de monitoramento, demonstrando valores entre neutralidade e alcalinidade.

A variação do pH para as amostras inferiores ocorreu entre a faixa de 5,7 a 7,1 a partir dos 280º dia de monitoramento, caracterizando bem o estabelecimento das fases de degradação de RSU aterrados.

Sendo assim, as amostras inferiores demonstram através da variação do pH, o provável desenvolvimento das fases acidogênicas e metanogênicas, onde esse parâmetro permaneceu estável em valores ácidos para os primeiros momentos de

degradação e posteriormente atingiu valores entre neutralidade e alcalinidade (pH em torno de 8).

#### 4. CONCLUSÃO

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- Nos ensaios de quantificação de aeróbios totais e fungos observou-se uma pequena variação na contagem desses microrganismos, onde a amostra inferior (ambiente mais anaeróbico) sofreu interferência da precipitação, onde a concentração de oxigênio possivelmente desfavoreceu ao crescimento desses microrganismos;

- A temperatura interna no lisímetro manteve-se dentro da variação considerada ótima para o processo de degradação em aterros, pois possibilita o desenvolvimento dos microrganismos;

- A umidade inicialmente encontrou-se dentro dos padrões para resíduos sólidos frescos e a variação desse parâmetro no decorrer do período de monitoramento se manteve favorável ao processo de bioestabilização da fração orgânica dos resíduos aterrados

- As faixas de pH mais adequadas para o desenvolvimento da metanogênese, foi na porção superior do lisímetro, onde a degradação é aeróbia, já na porção inferior a degradação é mais lenta, pelo fato do processo ser anaeróbio.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, P. B. **Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados**. Tese de Doutorado. UFPE. 2007.
- APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater**. 1998. Washington, DC.
- CATAPRETA, C.A.A. **Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação**. Tese de doutorado. UFMG. 2008.
- FIGUEIREDO, P. J. M. **A Sociedade do Lixo: os resíduos a questão energética e a crise ambiental**. 2 ed. Piracicaba: Unimep, 1995. 240 p.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba. 1985.
- KYAW, C.M. **Crescimento bacteriano**. Disponível em: <http://www.unb.br/ib/cel/microbiologia/index.html>. Acesso em: dezembro de 2008.
- 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 de Mestrado. UFCG. 2008.
- MEIRA, R. C. **Estudo biodegradativo dos resíduos sólidos urbanos das cidades de Campina Grande – PB em escala experimental**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, 2009.
- MELO, M.C. **Uma análise de recalques associada a biodegradação no**

- aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca.** Dissertação de Mestrado, UFPE, 2003.
- MONTEIRO, V.E.D. **Análises Físicas, Químicas e Biológicas no Estudo do Comportamento de Aterro da Muribeca.** Tese de Doutorado. UFPE. 2003.
- PAES, R. F. C. **Caracterização do Chorume produzido no Aterro da Muribeca-PE.** 2003. 150 p. Dissertação de Mestrado, UFCG – CG.
- PALMISANO, A. C.; BARLAZ, M.A, **Microbiology of Solid Waste.** 1996. pp.1-224. In Anna C. Palmisano, Morton A. Barlaz (eds).
- SILVEIRA, A. M. M.. **Estudo do Peso Específico de RSU.** Tese de Doutorado, UFRJ, 2004.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia.** 2000. Editora Artimed. 6º ed. Porto Alegre – RS.
- TRABULSI, L. R. et al. **Microbiologia.** 2005. 4 ed. São Paulo.
- WHO. International Reference Center for Wastes Disposal. **Methods of analysis of sewage sludge solid wastes and compost.** 1979. Switzerland.