

Avaliação do processo de biodegradação e toxicidade de resíduos orgânicos e eletrônicos em lisímetro de campo

Hellen Fonseca¹; Beatriz Barcelos²; Caio Soares Camargos³

Resumo – A produção de resíduo urbano está relacionada com o crescimento populacional. Estes resíduos gerados possuem destinação final para os lixões, que comportam os descartes inapropriadamente e sem controle ambiental, ou para os aterros sanitários, que contém esses materiais sob condições normativas de projeto a fim de evitar a contaminação ambiental oriunda desses lixiviados. Uma vertente de classificação desses resíduos sólidos urbanos, pela ABNT NBR.10.004, são os resíduos orgânicos. Estima-se que o Brasil seja responsável pela geração de 198 mil toneladas de resíduos orgânicos por dia. O Brasil também é um potencial gerador de lixo eletrônico, pois estima-se que haverá aproximadamente 400 milhões de computadores ativos neste ano de 2017. A destinação dos computadores substituídos são os aterros sanitários, que possuem o acúmulo de lixiviação e biogás produzido pela degradação desses computadores. Este estudo consiste em avaliar o lixiviado gerado pelos materiais orgânicos e eletrônico com lisímetros feitos em campo, que servirão como simulação de um aterro sanitário em condição real de aterro. A fim de obter um melhor controle dos resultados dos experimentos, o solo esteve sob duas diferentes condições de compactação, para melhor entendimento da passagem do lixiviado pelo mesmo. O estudo objetiva encontrar soluções que minimizem os impactos ambientais gerados pelo descarte desses resíduos, bem como a magnitude dos agentes contaminantes gerados pelos mesmos.

Abstract – The production of urban waste is relate to population growth. These generated residues have final destination for the dumps, which carry discards inappropriately and without environmental control, or for landfills, which contain such materials under normative design conditions in order to avoid environmental contamination from these leachates. One aspect of classification of these municipal solid wastes, by ABNT NBR.10.004, is the organic waste. It is estimate that Brazil is responsible for the generation of 198 thousand tons of organic waste per day. Brazil is also a potential generator of electronic trash, as it is estimate that there will be approximately 400 million active computers in this year 2017. The destination of the replaced computers are the sanitary landfills, which have the accumulation of leaching and biogas produced by the degradation of these computers. This study consists of evaluating the leachate generated by organic and electronic materials with field lysimeters, which will serve as a simulation of a landfill in a real landfill condition. In order to obtain a better control of the results of the experiments, the soil was under two different conditions of compaction, to better understand the leachate passage through it. The study aims to find solutions that minimize the environmental impacts generated by the disposal of these wastes, as well as the magnitude of the pollutants generated by them.

Palavras-Chave – Aterro Sanitário; lisímetro de campo; bioestabilização.

¹ Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília: Brasília - DF, (61) 98126-8931, hevenyn1@gmail.com

² Eng, MSc, Universidade Católica de Brasília: Brasília - DF, (61)99662553, beatrizr@ucb.br

³ Graduando em Engenharia Civil, UCB: Brasília - DF, (61) 98378044, caiocamargos1996@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a ABNT NBR 10004/04, Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs), vulgo lixo urbano, são resultantes das atividades domésticas e comercial dos centros urbanos, cuja composição varia de população para população, depende da situação socioeconômica e das condições de hábito pessoal. Segundo a eCycle (2016), estima-se que cada pessoa produza, em média, 1,3 kg de resíduo sólido por dia. Nas cidades regularizadas, os resíduos urbanos podem ser coletados de forma indiferenciada ou seletiva. Quando de forma indiferenciada, são destinados aos lixões ou aterros sanitários. Os resíduos sólidos oriundos das atividades humanas são orgânicos e eletrônicos.

Segundo Mazzeto (2017), existem duas maneiras de despejar o lixo urbano: lixão – buraco aberto no solo no qual o lixo é enterrado sem controle algum; e aterro sanitário: estrutura cuidadosamente projetada incorporada ou em cima do solo, em que o lixo é isolado, devendo evitar infiltração das águas da chuva, proliferação de vetores causadores de doenças, emissões de gases pela superfície e dispersão de materiais pelo vento.

De acordo com Borges (2015), A destinação final dos resíduos das atividades humanas para os aterros sanitários é uma solução prática e econômica.

Da Lavra de Costa e Ribeiro (2013), classificam os resíduos como materiais descartados, que sobraram de um processo de produção ou consumo, sem valor e indesejáveis, também sendo classificados genericamente como lixo.

Conforme Pacheco (2013), a aceleração do desenvolvimento tecnológico dos últimos anos produziu inúmeros equipamentos que proporcionaram e proporcionam um aumento na quantidade e diversidade de equipamentos eletro-eletrônico, como computadores, televisores, telefones, impressoras, tablets, aparelhos de som, celulares, entre outros. Por consequência, o descarte desses resíduos eletrônicos aumentara na mesma escala, visto que a vida útil dos equipamentos eletrônicos vem diminuindo cada vez mais.

Segundo Pnuma (2015), os resíduos eletrônicos liberam substâncias químicas de metais altamente tóxicos (chumbo, cádmio, mercúrio, berílio, ferro, etc.) em sua degradação capazes de provocar contaminação de solo e dos lençóis. Por tanto, o descarte desse tipo de resíduo é muito importante para o meio ambiente.

A norma regulamentadora ABNT NBR 8419/92 define o aterro sanitário como uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, reduzindo os impactos ambientais causados pelo descarte desses materiais. Método este que utiliza princípios de engenharia geotécnica para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de solo na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, quando necessário.

O objetivo deste estudo consiste na avaliação do chorume formado nas diferentes formas de aterramento (solo compactado e não compactado) dos resíduos orgânico, eletrônico e da mistura dos resíduos orgânico e eletrônico através de simuladores de aterro produzidos em condição real de aterro, os lisímetros. A avaliação do chorume gerado consiste na determinação de toxicidade e biodegradação dos resíduos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Aterro Sanitário de Brasília está localizado em Samambaia, DF. A Figura 1, apresenta a visão macro da área onde foram coletadas as amostras de solo para realização dos ensaios de caracterização do solo e confecção dos lisímetros.



Figura 1. Visão macro da área de estudo. Fonte: Google Earth.

Primeiramente foram feitos os ensaios geotécnicos de caracterização do solo para determinação massa específica dos grãos (NBR 6508), limite de liquidez (NBR 6459), limite de plasticidade (NBR 7180), compactação para obtenção da umidade ótima (NBR 7182), e a análise granulométrica (NBR 7181).

A construção e modelagem dos lisímetros foram realizadas de acordo com a ABNT-NBR 8419/1992, com adequações necessárias às suas dimensões. Seguiu-se com a construção e moldagem dos 6 lisímetros com os resíduos eletrônicos, eletrônicos + orgânicos e orgânicos, onde para cada amostra de resíduos, uma amostra era compactada, segundo as especificações normativas, e a outra não compactada, para melhor avaliação dos lixiviados gerados e seu comportamento durante a percolação no solo. A Figura 2 apresenta o esquema de ilustração das confecções dos lisímetros, e a Figura 3 apresenta os lisímetros confeccionados.

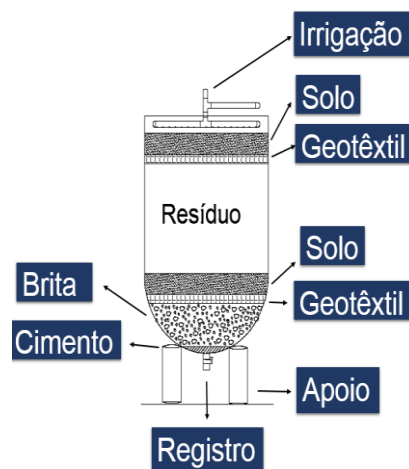


Figura 2. Ilustração da composição do lisímetro.



Figura 3. Lisímetros.

Como pode-se observar na Figura 2, foi posta, primeiramente uma camada de solo de 5 cm de solo, o geotêxtil, uma camada com 30 cm de resíduo conforme o lisímetro (orgânico, eletrônico, orgânico e eletrônico), seguido de mais outra camada de 5 cm de solo, geotêxtil, brita e uma calda de cimento para que os resíduos não acumulassem no fundo do lisímetro.

O processo de irrigação dos lisímetros foram realizados semanalmente, pelas primeiras semanas com 2l de água, para simulação da chuva e aceleração no processo de geração do lixiviado. Dessa forma, quando os mesmos se encontraram parcialmente saturados, e a irrigação foi suspensa.

As coletas do lixiviado foram semanais e, a cada coleta, realizou-se as análises dos resultados obtidos até a 10ª semana.

Os ensaios realizados com as amostras dos lixiviados consistem na análise de pH, turbidez (NTU), sólidos totais dissolvidos (mg/L), cor aparente (Pt/Co), demanda química de oxigênio (mg/L) e sólidos totais (mg/L). Esses resultados serão analisados com gráficos com a adição das linhas de tendências para previsões dos padrões obtidos.

3 RESULTADOS

A Figura 4 representa a curva granulométrica do solo analisado.

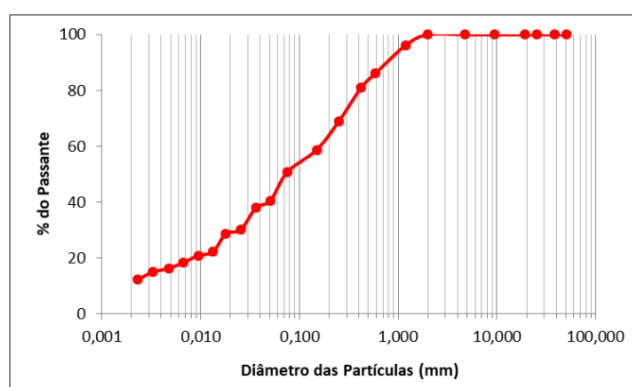


Figura 4. Curva granulométrica do solo analisado.

A Tabela 1 compila as porcentagens retidas e passantes de acordo com o diâmetro das partículas (mm).

Tabela 1. Porcentagem retida e passantes do solo.

Abertura peneiras (mm)	% Retida	% Passante
1,19	96,2	3,8
0,59	86,1	13,9
0,42	80,9	19,1
0,25	68,9	31,1
0,149	58,7	41,3
0,075	50,7	49,3

A Tabela 2 compila os resultados de massa específica, limite de plasticidade, limite de liquidez e índice de plasticidade.

Tabela 2. Tabela de resultados de análises do solo.

Solo	Resultado
$\bar{\delta}$ (g/cm ³)	2,500
LL (%)	44,47
LP (%)	34,39
IP (%)	10,07

A Figura 5 representa a curva de compactação efetuada com energia intermediária. Observa-se que a umidade ótima para essa energia é 24% e a massa específica máxima é de 1,980 g/cm³.

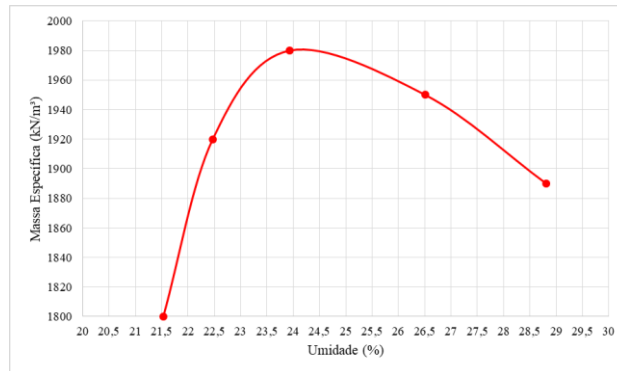


Figura 5. Curva de compactação do solo analisado.

A Figura 6 compila gráficos dos resultados obtidos da análise do lixiviado durante as 10 semanas. O item a) apresenta os resultados do pH; b) resultados de Turbidez (NTU); c) resultados de sólidos totais dissolvidos (mg/l); d) cor aparente (Pt/Co); e) demanda química de oxigênio (mg/l); f) sólidos totais (mg/l).

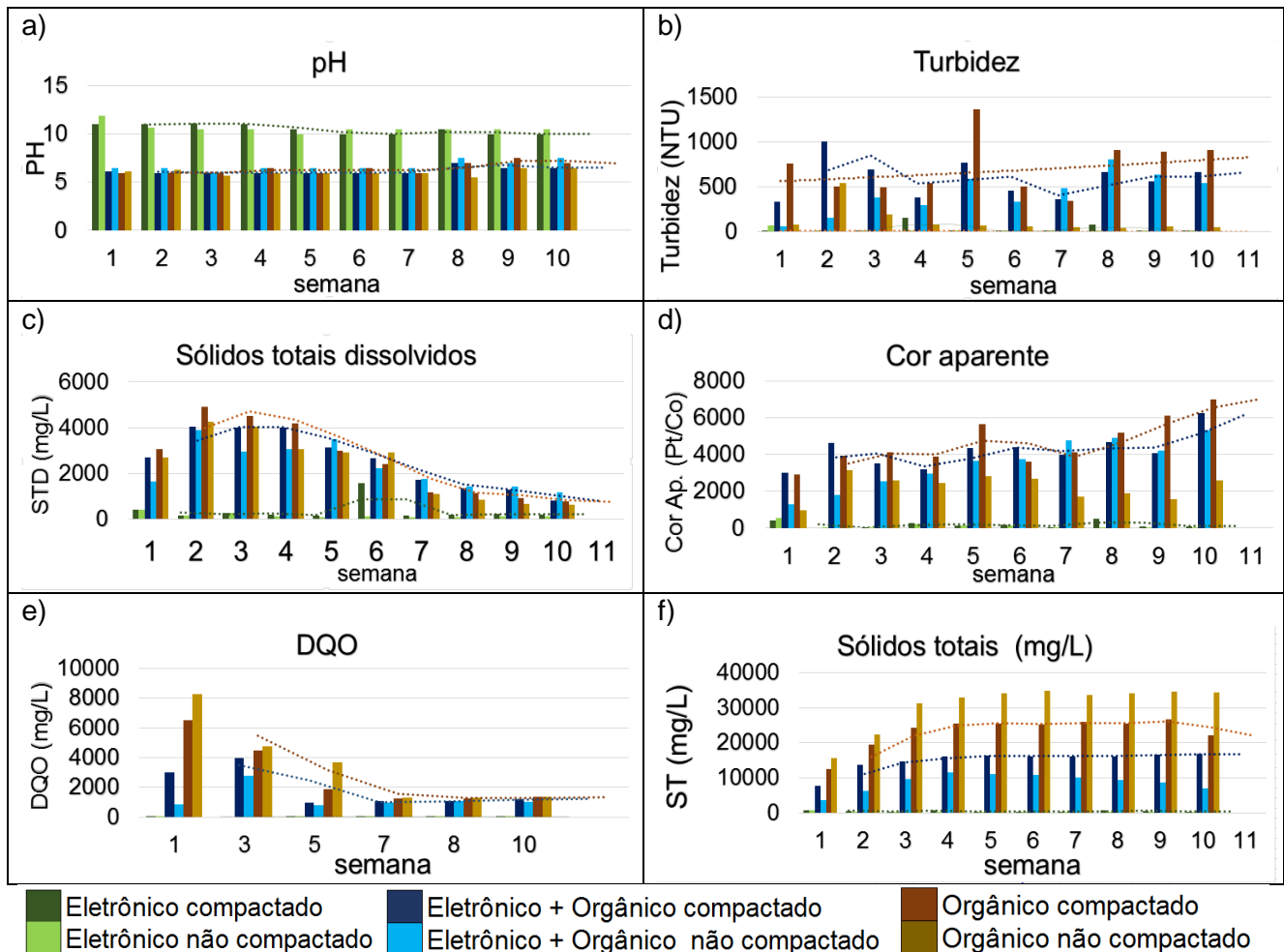


Figura 6. Resultados dos ensaios realizados nos lixiviados.

A Figura 7 apresenta as amostras no primeiro (a) e último (b) dia de coleta. A amostra 1 contém resíduo eletrônico compactado e a 2 resíduo eletrônico não compactado. A amostra 3 e 4 contém resíduo eletrônico e orgânico compactado e não compactado, respectivamente. A amostra 5 e 6 contém amostra do resíduo orgânico compactado e não compactado,

respectivamente. Acredita-se que a turbidez percebida nas amostras 1 e 2 é devido a passagem de água pela brita, que carrou seus finos.



Figura 7. Amostras dos lixiviados no primeiro (a) e último (b) dia de coleta.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Mediante a curva granulométrica do solo, percebe-se que as partículas do mesmo são bem graduadas e possuem uma parcela maior de grãos de silte e areia.

Mediante o exposto e a luz do sistema de classificação proposto pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) o solo pode ser classificado como pertencente ao grupo A7 (subgrupos 5 ou 6) com um solo predominantemente fino e com uma argila. O índice de grupo do solo é 18.

Conforme o Sistema Unificado de Classificação dos Solos Conclusão (SUCS), o mesmo pode ser classificado como solo grosso por possuir 50 % de material retido na peneira ABNT #200, como mostra na Tabela 1. Contudo, pela análise tátil visual e resultados dos limites de consistência, além, de existir uma diferença apenas de 0,7% entre o valor retido e passante de solo, classifica-se esse solo com material fino com partículas de areia fina, sendo classificada como uma SM (areia siltosa).

Os resultados obtidos da análise do lixiviado apresentaram elevados teores de biodegradação nos lisímetros que contém matéria orgânica com o solo compactado.

Os lisímetros com matéria orgânica apresentaram elevados valores de sólidos dissolvidos, cor aparente e sólidos totais.

Os lisímetros que contém resíduo eletrônico apresentaram valores mínimos nas análises, apresentando resultados consideráveis apenas no ensaio de pH.

Os lisímetros que foram executados com compactação do solo na energia Proctor Intermediária adaptada ao simulador, apresentaram resultados mais elevados do que os encontrados nos lisímetros executados sem a compactação. Acredita-se que o que levou a geração desses resultados foi o decréscimo de altura da camada de solo devido a compactação; a inadequada execução do procedimento, que pode ter ocorrido devido à dificuldade de se compactar o solo e a eventual colmatação causada no geotextil devido ao impacto do soquete durante a compactação. Por tanto, a compactação permitiu a passagem dos materiais durante a simulação.

Não foi possível analisar devidamente os resultados nos lixiviados gerados pelos resíduos eletrônicos devido o tempo de degradação desses materiais serem de elevada duração. A aceleração do processo de lixiviação não foi o bastante para obtenção de resultados relevantes, por tanto, é necessária a realização de uma análise de metais para melhor avaliação deste lixiviado.

5 CONCLUSÃO

Em virtude dos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, fica evidente que o solo em análise é predominantemente fino e com partículas de areia fina. Mediante as classificações normatizadas, o solo foi avaliado como de baixa capacidade de suporte.

As análises mostraram uma maior toxicidade e biodegradação nos lixiviados com matéria orgânica. Nos lisímetros, o solo compactado não se mostrou eficiente por seus altos valores de turbidez e cor aparente, pois permitiu a passagem de materiais. Contudo, no aterro sanitário sua compactação é eficiente, segundo a ABNT NBR 8419/1992.

Os resíduos eletrônicos necessitam de uma análise de metais para melhor compreensão do comportamento de seu lixiviado.

Recomenda-se reciclagem dos resíduos eletrônicos e adequada disposição dos resíduos orgânicos. Pois, por mais que os resultados nas amostras de resíduo eletrônico não se mostraram significativos como os das amostras com resíduo orgânico, os mesmos também liberam agentes contaminantes que podem infiltrar no solo, se esse não obtiver o coeficiente de permeabilidade conforme o especulado pela norma para Aterros Sanitários, e contaminar o solo e lençóis de água. Por tanto, recomenda-se também a análise de permeabilidade do solo do Aterro Sanitário de Brasília.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Católica de Brasília e a todos os colegas que colaboram com este trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6459: solo – determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6508: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8mm - determinação de massa específica*. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7181: solo – análise granulométrica*. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7182: solo – ensaio de compactação*. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9776: agregados – determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 8419: *Apresentação de projetos de Aterro Sanitários de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro, 1992.

BORGES, Maéli. “Aterro sanitário - solução para o lixo urbano”. 2015. Disponível em: < <https://www.cpt.com.br/cursos-meioambiente/artigos/aterros-sanitarios-sao-a-melhor-forma-de-destinacao-do-lixo-urbano>>. Acesso em 29 set. 2017.

COSTA, Beatriz Souza; RIBEIRO, José Cláudio Junqueira. “Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres”. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013.

ECYCLE – (2016) “o que são resíduos sólidos urbanos (rsus), quais seus impactos e como amenizá-los”. Disponível em: < <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/3129-residuos-solidos-urbanos-conceito-definicao-lixo-atividades-domesticas-poluicao-contaminacao>>

perigosos-impactos-danos-ambiental-social-economico-cidades-coleta-seletiva-materiais-selecao-classificacao-destinaca-descarte-reciclagem-tratamento-gerenciamento.html>. Acesso em: 2 out. 2017.

MAZZETO, André. A INDÚSTRIA DO LIXO: ATERROS SANITÁRIOS. Disponível em:<<https://trendr.com.br/a-industria-do-lixo-aterros-sanitarios-c99e7631d8f5>>. Acesso em: 5 out. 2017.

ONUBR. Brasil produziu 1,4 milhão de toneladas de resíduos eletrônicos em 2014, afirma novo relatório da ONU. 2015. Disponível em:

PACHECO, Genilson Jacinto (2013). “*Gerenciamento de Resíduos Eletro-Eletrônicos: Uma Proposta para Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro*”. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 20p.