

Influência do pH nos Recalques dos Resíduos Sólidos Urbanos em um Lisímetro

Cláudio Luís de Araújo Neto
UFCG, Campina Grande, Brasil, claudioluisneto@gmail.com

Raul Batista Araujo de Sousa
UFCG, Campina Grande, Brasil, raulbatista01@gmail.com

Breno Moura de Araújo Nóbrega
UFCG, Campina Grande, Brasil, breno.moura.n@gmail.com

Pablo da Silva Araujo
UFCG, Campina Grande, Brasil, pabllosa@gmail.com

Raquel Freitas Reis
UFCG, Campina Grande, Brasil, raquel_f_r@hotmail.com

William de Paiva
UEPB, Campina Grande, Brasil, wili123@ig.com.br

Marcio Camargo de Melo
UFCG, Campina Grande, Brasil, melomc90@gmail.com

Veruschka Escarião Dessoles Monteiro
UFCG, Campina Grande, Brasil, veruschkamonteiro@hotmail.com

RESUMO: Recalques de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários são deslocamentos verticais descendentes ocasionados por fatores mecânicos, químicos e biológicos. As deformações na massa de RSU podem ser melhor interpretadas quando relacionadas a outros fatores. O pH afere a condição ácida ou alcalina do sistema é amplamente utilizado como indicador físico-químico de biodegradação. Assim, o monitoramento do pH auxilia a compreensão do mecanismo de recalques e facilita o gerenciamento de aterros sanitários. O objetivo deste estudo é analisar o comportamento dos recalques de RSU dispostos em uma célula experimental e sua relação com o pH do meio. A metodologia abrangeu a construção, instrumentação, enchimento de uma célula experimental com RSU da cidade de Campina Grande – PB. Os resultados referentes aos três níveis de profundidade da célula mostraram que, os recalques que aconteceram até os 50 primeiros dias de monitoramento são possivelmente devido aos esforços mecânicos e rearranjos espaciais provocados pelo peso dos RSU. Após os 50 dias, foi possível inferir a ocorrência de recalques devido à biodegradação. Na camada inferior, que se configurou com pH alcalino, os recalques se estabilizam mais rápidos do que as demais camadas. Já a camada superior, que apresentou pH próximo da neutralidade, possuiu recalques mais expressivos e duradouros, levando mais tempo para se estabilizarem. De modo geral, conclui-se que os meios alcalinos podem inibir ou retardar os processos biodegradativos dos RSU e, consequentemente, a ocorrência dos recalques.

PALAVRAS-CHAVE: Recalque, pH, Resíduos Sólidos Urbanos, Lisímetro.

1 INTRODUÇÃO

Recalques de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários são fenômenos ocasionados por fatores mecânicos (compressão dos RSU, rearranjo de partículas e colapso de vazios), químicos (corrosão, combustão e oxidação do material) e biológicos (digestão aeróbia e anaeróbia da fração orgânica dos RSU e sua conversão em líquidos e gases), sendo que os recalques devido à biodegradação são os mais duradouros (McDougall et al., 2004; Hettiarachchi et al., 2008; Bareither et al., 2012; Babu e Lakshmikanthan, 2015). Tais recalques são influenciados por uma série de fatores, entre eles o nível de decomposição dos RSU (Elagroudy et al., 2008; Araujo Neto, 2016).

O acompanhamento e avaliação do estágio de decomposição da matéria orgânica dos RSU dispostos no aterro são ferramentas importantes para viabilizar o entendimento da magnitude dos recalques de longa duração, uma vez que são de difícil compreensão quando analisados isoladamente (Alcântara e Jucá, 2010). Dessa forma, o monitoramento de indicadores físico-químicos de biodegradação, como pH, propiciam a comparação de variáveis que podem explicar o mecanismo de recalque.

O potencial hidrogeniônico ou pH é uma medida logarítmica da concentração de íons de hidrogênio (H^+) em um determinado meio. A concentração de H^+ em uma solução é inversamente proporcional ao valor de pH, sendo que a diferença de uma unidade de pH corresponde à 10 vezes a diferença em concentração de H^+ (Chadwick e Gardew, 1999; Jensen, 2004). Em outras palavras, o pH indica a condição ácida, alcalina ou neutra de uma solução (Prichard, 2003). Variações de pH podem acelerar ou inibir o processo de biodegradação dos RSU (Sousa et al., 2013). No meio anaeróbio, o pH ótimo para a maioria das bactérias está compreendido entre 6,5 e 7,5 tendo sua atuação dividida através de fases de degradação (Tchobanoglous et al., 1993).

Poucos estudos investigam a relação entre o pH e os recalques em RSU. Hossain e Gabr (2005) apontam que quando ocorre a

biodegradação, a massa de sólidos orgânicos é convertida em gases e líquidos, aumentando os índices de vazios, e consequentemente os recalque dos resíduos. McDougall (2007) indica que o recalque devido a degradação não é tratado como dependente do tempo, mas sob a influência de diversos fatores, como umidade, adição/restricção de ácidos ou alteração da cristalinidade, pode retardar, acelerar ou parar completamente a decomposição. Os processos biodegradativos que resultarão em recalques podem ser acelerados ou retardados conforme o pH do meio. Segundo El-Fadel et al. (1997) o pH pode gerar efeito estimulador ou inibidor sobre os processos biodegradativos. Valencia et al. (2009) concluem que o pH pode ser considerado como a possível força motriz para acionar os processos biodegradativos, sendo considerado ótimo quando ele estiver próximo da neutralidade.

Desta maneira, este trabalho tem por objetivo analisar o comportamento do recalque de RSU dispostos em um lisímetro e sua relação com o pH do ambiente interno.

2 METODOLOGIA

Para a realização do estudo, foi construída uma célula experimental (lisímetro) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O lisímetro foi construído em alvenaria de tijolos manuais, com diâmetro interno de 2,0 m e altura 3,5 m possuindo volume aproximado de 11 m³, sendo dotado de sistemas de drenagens de líquidos e gases, verificador de nível dos líquidos, marcadores de temperatura ao longo da profundidade e medidores de recalque superficiais e profundos (Figuras 1 e 2). As camadas de base e de cobertura do lisímetro são constituídas por solo de baixa permeabilidade ($k=10^{-6}$ cm/s).

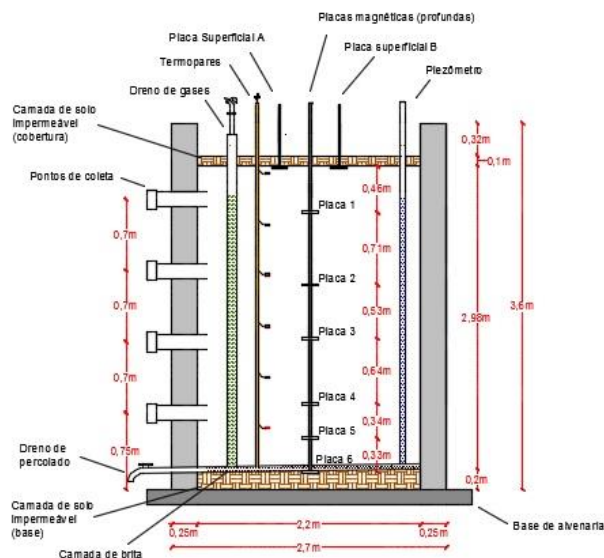


Figura 1. Desenho Esquemático do Lisímetro.

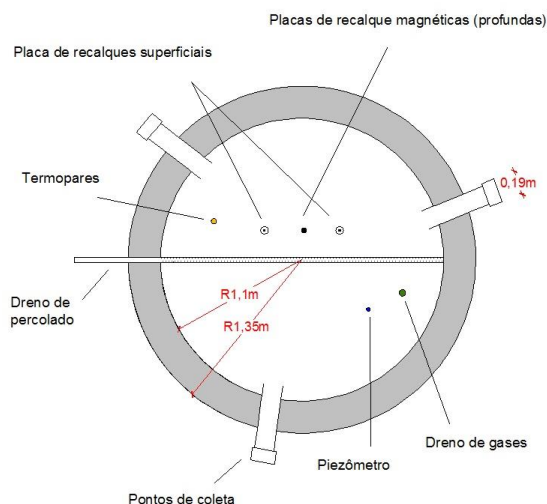


Figura 2. Vista Superior Esquemática do Lisímetro.

Logo após a disposição da camada de base e da instrumentação, 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 (Melo et al., 2014). Em seguida, os RSU foram compactados e impermeabilizados superiormente por uma camada de cobertura de solo.

Após o enchimento da célula, iniciou-se o processo de monitoramento, através de análises laboratoriais e in situ. Foram realizadas coletas de amostras sólidas em três níveis de profundidade da célula experimental (inferior,

intermediário e superior), para determinação do pH utilizando-se a metodologia do Standard Methods (AWWA/APHA/WEF, 1998).

Para monitoramento dos recalques, utilizaram-se placas superficiais e em profundidade instaladas previamente no lisímetro. As leituras dos recalques superficiais foram realizadas medindo-se distância entre o topo da haste das placas superficiais e a parte inferior de um fio de nylon esticado horizontalmente e fixado nas bordas da base superior do lisímetro (Figura 3).

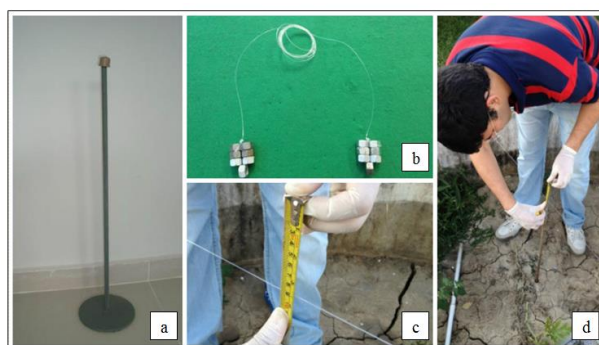


Figura 3. a: Placas de Recalques Superficiais; b: Fio de Nylon Utilizado para Nível de Referência; c e d: Medição dos Recalques Superficiais.

A leitura dos recalques em profundidade foi realizada através de um dispositivo eletrônico dotado de sensores que detecta o campo magnético de cada placa em profundidade e, conseqüentemente, sua posição (Figura 4).

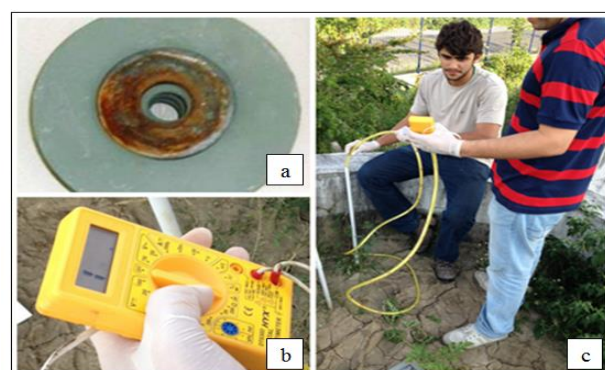


Figura 4. a: Placa de Recalque em Profundidade; b: Ohmímetro; c: Inserção do Sensor Magnético no tubo PVC.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 5, 6 e 7 mostram a evolução dos

valores de pH e recalques correspondente aos RSU nos 3 níveis de profundidade do lisímetro. O pH varia de acordo com as fases de degradação da matéria orgânica, que segundo Tchobanoglous (1979), se dividem em cinco: I) Fase aeróbia; II) Fase anóxica de transição (hidrólise); III) Fase ácidogênica; IV) Fase acetogênica; V) Fase metanogênica.

Os valores de pH das camadas superior, intermediária e inferior do lisímetro nos primeiros 50 dias de monitoramento (Figuras 5 e 6) indicam a presença da fase ácida ou levemente ácida. Pohland e 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.

Como os valores de pH foram baixos nos primeiros 50 dias, provavelmente os recalques ocorridos nesse período sejam devido à fatores mecânicos, uma vez que o meio ácido não propicia o desenvolvimento das bactérias metanogênicas, as quais são determinantes para a ocorrência dos recalques de longa duração. Assim, os recalques iniciais foram, provavelmente, ocasionados por esforços mecânicos e rearranjos espaciais provocados pelo peso próprio dos RSU e da camada de cobertura de solo dispostos no lisímetro, além dos esforços da compactação executada durante o enchimento da célula.

Após os 50 dias de monitoramento, a camada superior (Figura 5) apresentou pH na faixa da neutralidade, com exceção de alguns picos acima da neutralidade e alguns valores baixos verificados após os 1125 dias, o que pode ser devido à interferência nos resultados dada à presença de solo da camada de cobertura nas amostras de RSU coletadas naquele período. Comparando esses resultados com os dos 50 primeiros dias, os recalques nesse período foram menos intensos, porém duradouros, característica dos recalques de longa duração (Ling et al., 1998; Hettiarachchi et al., 2008).

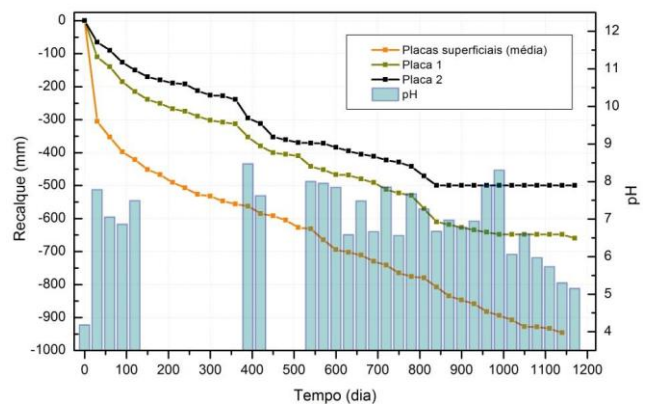


Figura 5. Evolução dos Recalques e pH na Camada Superior do Lisímetro.

Na camada intermediária (Figura 6), após os 50 dias, o pH tornou-se alcalino, com valores acima de 7,5 até os 1125 dias. Os recalques desta camada foram menos expressivos que os da camada superior, porém mais instáveis após os 850 dias, indicando que na camada intermediária existe matéria orgânica a ser degradada. Porém, tal degradação pode ter sido inibida pelo pH alcalino do sistema.

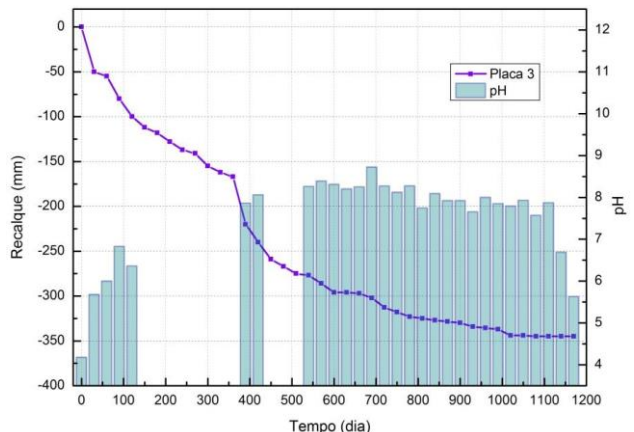


Figura 6. Evolução dos Recalques e pH na Camada Intermediária do Lisímetro.

Na camada inferior do lisímetro (Figura 7), o pH também apresentou-se alcalino após os 50 dias. Quando comparados com as camadas superior e intermediária, os recalques do nível inferior foram de menor magnitude e se estabilizaram mais rápido. Segundo Melo et al. (2014), o fato da magnitude dos recalques diminuírem conforme a profundidade aumenta é devido ao maior grau de compactação a qual a camada mais profunda está submetida, fazendo

com que haja menores recalques.

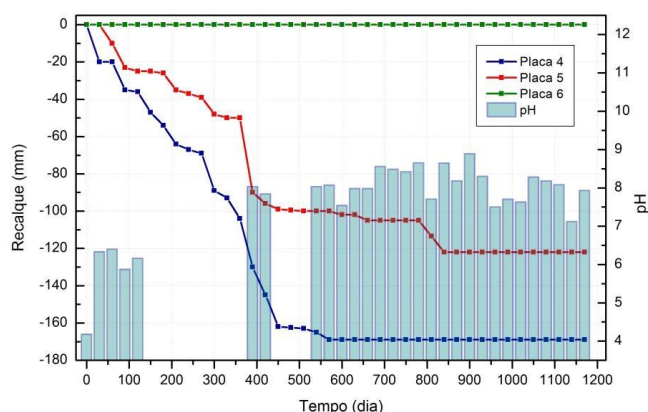


Figura 7. Evolução dos Recalques e pH na Camada Inferior do Lisímetro.

4 CONCLUSÕES

Conclui-se então que os recalques devido à biodegradação podem ser influenciados pelo pH do meio. Provavelmente, valores extremos de pH, que caracterizam os resíduos como ácidos e alcalinos, inibem a atividade microbiológica, retardando os recalques. Dessa forma, valores de pH próximos da neutralidade configuram-se, provavelmente, como os ideais para a ocorrência de tais recalques.

Fatores mecânicos influenciam a magnitude dos recalques, uma vez que foi constatada a diminuição dos recalques à medida que a profundidade aumentou, o que pode ser devido à compactação das camadas mais profundas.

REFERÊNCIAS

- Alcântara, P. B.; Jucá, J. F. T. Recalque em aterros: influência da composição dos resíduos sólidos urbanos, do clima e da biodegradação. *Geotecnia*. v. 118, p. 15-42, 2010.
- Araújo Neto, C. L. *Análise do comportamento dos resíduos sólidos urbanos e desenvolvimento de modelos estatísticos para previsão das deformações de aterro sanitários*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, 163 p., 2016.
- Babu, G. L. S.; Lakshmikanthan, P. Estimation of the components of municipal solid waste settlement. *Waste Management & Research*, v. 33, n.1, p. 30–38, 2015.1, p. 95-107.
- Bareither, C.; Benson, C.; Edil, T. Compression Behavior of Municipal Solid Waste: Immediate Compression. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. v. 138, n. 9, p. 1047–1062, 2012.
- Chadwick, D. J.; Gardew, G. *Bacterial responses to pH*. Baffins Lane: John Wiley & Sons, 1999.
- Elagroudy, S. A.; Abdel-Razik, M. H.; Warith, M. A.; Ghobrial, F. H. Waste settlement in bioreactor landfill models. *Waste Management*. v. 28, p. 2366–2374, 2008.
- El-Fadel, M.; Findikakis, A. N.; Leckie, J. O. Environmental impacts of solid waste landfilling. *Journal of environmental management*, v. 50, n. 1, p. 1-25, 1997.
- Hettiarachchi, H.; Meegoda, J.; Hettiaratchi, P. Effects of gas and moisture on modeling of bioreactor landfill settlement. *Waste Management*. v. 29, p. 1018-25, 2008.
- Hossain, M.S.; Gabr, M.A. Prediction of municipal solid waste landfill settlement with leachate recirculation. *Proc., Geo-Frontiers*, v. 168, p. 50, 2005.
- Jensen, W. B. *The symbol for pH*. *J. Chem. Educ.* v. 81, 2004.
- Ling, H. I.; Leshchinsky, D.; Mohri, Y.; Kawabata, T. Estimation of Municipal Solid Waste Settlement. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. ASCE, 1998.
- McDougall, J.R.; Pyrah, I.C.; Yuen, S.T.S.; Monteiro, V.E.D.; Melo, M.C.; Jucá, J.F.T. Decomposition and settlement in landfilled waste & other soil-like materials. *Geotechnique*. v. 9, p. 605-610, 2004.
- McDougall, J.R. A hydro-bio-mechanical model for settlement and other behaviour in landfilled waste. *Computers and Geotechniqs*, United Kingdom, v. 34, n. 4, p. 229-246, 2007.
- Melo, M.C.; Aires, K. O.; Almeida, M.V.A.; Monteiro, V. E. D. Microbiologia de resíduos sólidos urbanos e sua relação com a deformação vertical da massa aterrada. *Eng Sanit Ambient*, v.19, n.3, p. 225-234, 2014.
- Prichard, E. *Practical Laboratory Skills Training Guides (Complete Set)*. Teddington: LGC, 2003, 89-106.
- Pohland, F.G.; Harper, S.R. Leachate generation and control at landfill disposal sites. *Water pollution research journal of Canada*, v. 20, n. 3, p. 10-24, 1985.
- Sousa, R. B. A.; Farias, R. M. S.; Nóbrega, B. M. A. Monteiro, V. E. D. Análise da capacidade tamponante do meio de degradação dos resíduos sólidos urbanos dispostos em um lisímetro. In: 24 ° Encontro Técnico AESABESP: *Congresso Brasileiro de Saneamento Ambiental*, São Paulo/SP, 2013.
- Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition, APHA, AWWA and WEF.1998.
- Tchobanoglous, G. *Waste-water engineering: Treatment, disposal and reuse*. Metcalf & Eddy Inc., McGraw-Hill Offices, New York and London, pp. 468-572, 1979.

- Tchobanoglous, G.; Thiesen, H.; Vigil, S. A. *Integrated solid waste management – engineering principles and management issues*. New York: McGraw – Hill International Editions, 987p, 1993.
- Valencia, R; van der Zon. W; Woelders. H; Lubberding. H. J; Gijzen. H. J. The effect of hydraulic conditions on waste stabilisation in bioreactor landfill simulators. *Bioresource technology*, v. 100, n. 5, p. 1754-1761, 2009.