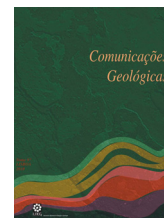


Monitorização de aterros de resíduos: uma proposta metodológica

Monitoring of waste landfills: a methodological proposal

P. F. Silva¹, P. Lamas^{1*}, M. G. Brito¹, B. Silva¹



Artigo Curto
Short Article

© 2014 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Resumo: Actualmente existem em Portugal diversas infra-estruturas de resíduos não perigosos que, devido ao esgotamento da sua capacidade de tratamento e armazenamento, se encontram encerradas e seladas. Contudo, muitas delas têm vindo a exibir diversos problemas de estabilidade e funcionalidade que têm requerido estudos para diagnosticar as causas associadas e definir medidas mitigadoras e de monitorização adicionais. Nesta comunicação tecem-se algumas considerações a esse respeito, decorrentes da experiência dos autores durante o estudo de duas infra-estruturas de resíduos não perigosos, uma controlada e outra não (“lixreira”), integradas numa unidade industrial de tratamento e valorização de resíduos na área metropolitana de Lisboa. Discutem-se a metodologia utilizada e algumas acções a empreender para melhorar a respectiva monitorização futura.

Palavras-chave: Aterro de resíduos, Monitorização, Metodologia de estudo, Medidas mitigadoras.

Abstract: Nowadays, there are several non-hazardous waste disposal sites in Portugal that, due to the exhaustion of their storage and processing capacities, were closed and sealed. However, many of them have been exhibiting several problems of stability and functionality which have required studies to diagnose their causes and to define additional mitigation and monitoring measures. In this article, some considerations are made about those studies, resulting from the authors experience during the studies of two non-hazardous waste infrastructures, one of them controlled and the other one uncontrolled, both integrated in an industrial plant for treatment and recovery of wastes in the metropolitan area of Lisbon. The methodology used is discussed as well as some of the actions to be implemented to improve their future monitoring.

Keywords: Waste landfill, Monitoring, Methodology, Mitigation measures.

¹CICEGe / Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, 2829-516 Caparica.

*Autor correspondente / Corresponding author: pcl@fct.unl.pt

1. Introdução

As sociedades actuais têm de lidar com a crescente quantidade de resíduos que produzem, os quais são actualmente conduzidos a depósito de forma controlada. Contudo, têm ainda de garantir que os antigos aterros de resíduos, controlados ou não, entretanto selados, continuam a não degradar a qualidade do ambiente uma vez que, ao interferirem com o meio geológico, este pode vir a ser afectado. Para que tal não aconteça, os mesmos deverão ser monitorizados com a colaboração de

especialistas em Geologia de Engenharia e/ou Geotecnia Ambiental.

Assim, após a fase de exploração, há que continuar a monitorizar as infra-estruturas de resíduos na medida em que os sistemas basais e de cobertura podem apresentar danos, os taludes podem sofrer instabilidade e assentamentos demasiado significativos que levem a problemas de estabilidade da estrutura e, por outro lado, podem ocorrer níveis de saturação demasiado elevados no seu interior que conduzam também a situações de instabilidade.

Acresce que algumas das situações de instabilidade referidas podem resultar em contaminação gravosa do meio geológico.

No âmbito desta problemática, importa implementar um conjunto de métodos de estudo que permitam avaliar o tipo de extensão de instabilidade/danos da infra-estrutura de resíduos e, desse modo, poder definir um conjunto de medidas mitigadoras das situações inventariadas.

Esta comunicação introduz a experiência dos autores na aplicação de tal metodologia a um caso de estudo de dois aterros de resíduos não perigosos (RNP), um controlado outro não, situados na Área Metropolitana de Lisboa.

2. Metodologia proposta

Para a avaliação das condições de estabilidade e funcionalidade de uma infra-estrutura de contenção de RNP, os autores definiram um estudo faseado que contempla invariavelmente a recolha de informação de base, seguida pela modelação das condições de estabilidade e, por fim, pela definição de medidas mitigadoras incluindo a instalação de instrumentação para monitorização adicional de alguns parâmetros.

Descrevem-se em seguida, sucintamente, as fases contempladas, as técnicas utilizadas e os objectivos pretendidos.

Numa primeira fase dos estudos e após a recolha de informação pré-existente, devem avaliar-se as condições de saturação e o estado de precariedade do corpo do aterro, pelo que nesta fase procede-se ao seu inventário. Para tal deve implementar-se um conjunto de acções que se

iniciam com a execução de um levantamento topográfico de pormenor da infra-estrutura, essencial para localizar variações na sua morfologia devidas, quer a assentamentos ou simples erosão de solos, quer a empolamentos. Estes novos elementos topográficos devem ser comparados com levantamentos anteriores. Esta fase pode e deve ser realizada com recurso a ferramentas informáticas que permitam efectuar modelos digitais de altitudes e, por comparação da situação de partida com a revelada pelo levantamento actualizado, identificar as situações de anomalias, positivas ou negativas, na superfície do aterro. Estas deformações superficiais devem ser verificadas num

levantamento de campo que identifique e analise os diferentes pontos anómalos, confirmando a existência de evidências tais como, depressões, zonas com erosão de solo de cobertura, exposição de material drenante, eventuais deslocamentos ou roturas em elementos de drenagem, escorrências ou áreas inundadas por lixiviados, evidências de instabilidade nos taludes, com abertura de fendas de tracção na crista ou a meia encosta, entre outros (Fig. 1). Se necessário e para viabilizar a observação de zonas problemáticas que se encontrem ocultas por vegetação mais densa, deve solicitar-se a sua desmatação.



Fig. 1. Tipos de danos que se podem observar em infra-estruturas de aterro (controlado/não controlado) após o seu encerramento: (a) empolamento na base de taludes instáveis; (b) assentamentos; (c) erosão do solo de cobertura; (d) exsurgência de lixiviados; (e) abertura de fendas de tracção; (f) órgãos de drenagem danificados; (g) escorregamento de solos de cobertura sobre geomembrana.

Fig. 1. Type of damages at closed landfills (controlled and uncontrolled landfills) (a) slope toe swelling; (b) settlement; (c) topsoil erosion; (d) leaching; (e) Tension cracking; (f) damaged of drainage systems; (g) topsoil sliding over geomembrane.

A presença de águas, tanto lixiviadas como de infiltração, através de possíveis roturas de geomembranas no interior da infra-estrutura, justifica o controlo do seu estado de saturação. Este deve igualmente ser efectuado no âmbito desta fase e pode ser realizada tanto por processos indirectos, como é o caso da execução de perfis de resistividades eléctricas, como directamente, por medição dos níveis de água aproveitando os poços de biogás e eventuais piezómetros que existam já instalados para monitorização da estrutura.

Num caso de estudo de infra-estruturas (Brito *et al.*, 2010; 2012), recorreu-se ao método da resistividade eléctrica, com um dispositivo multi-eléctrodo, para realizar um conjunto de tomografias eléctricas nas duas infra-estruturas de resíduos ali existentes da seguinte forma (Fig. 2): dois nos taludes do aterro controlado (PR1, PR2), um no bordo nascente do mesmo (PR3), um longitudinalmente sobre o topo da outra estrutura (lixreira) (PR4) e dois transversais àquele (PR5 e PR6).

Procurou-se dar aos perfis a maior extensão possível uma vez que o alcance em profundidade desta técnica geofísica é, em média, de apenas 10% do seu comprimento, após inversão das leituras obtidas. Os valores de resistividade são muito baixos, em regra inferiores a 12 Ohm, o que indica que os materiais se encontram globalmente muito saturados (elevada condutividade eléctrica). Estes perfis foram efectuados em 2010 e repetidos em 2013, tendo-se verificado que, comparativamente à situação observada em 2010, os resultados de 2013 indicam que, genericamente, os resíduos no interior do aterro se encontravam saturados, embora com menos significância do que em 2010, o que pode ser justificado por variações na intensidade da pluviosidade no ano mais recente e, também, devido à própria heterogeneidade dos resíduos que contêm. A interpretação das tomografias preconiza que a fundação do aterro não se encontra saturada, afastando a hipótese de uma ruptura generalizada da tela de fundo.

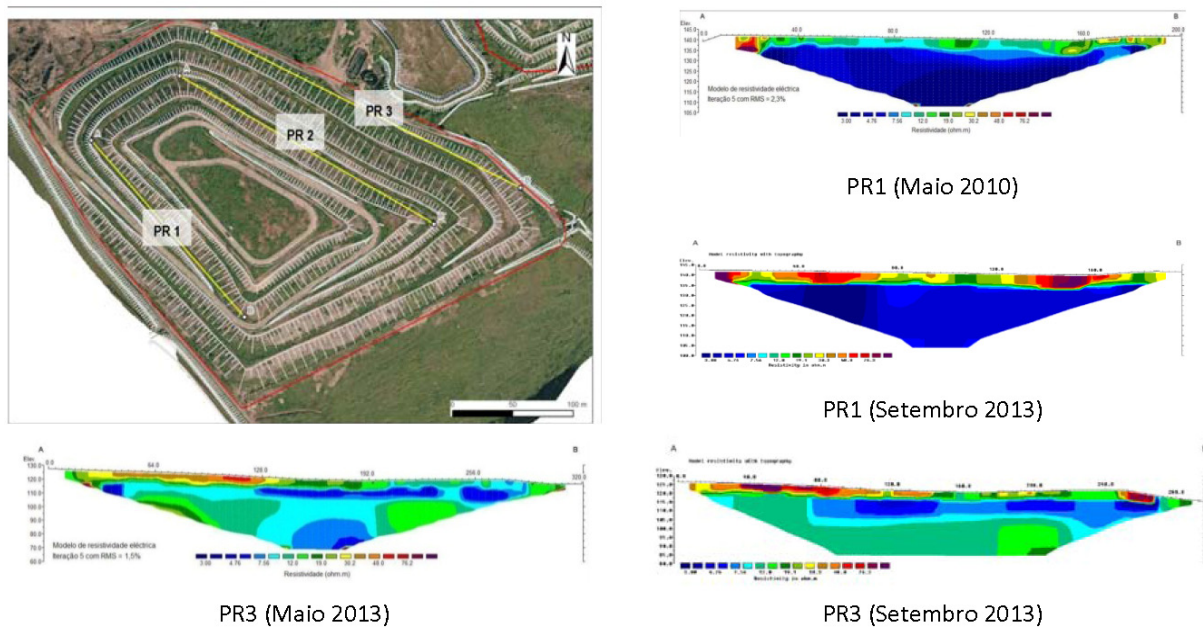


Fig. 2. Localização dos perfis de prospecção geoelectrica no topo e base do aterro (perfil PR1 e PR3, respectivamente).

Fig. 2. Location of resistivity profiles on top and base of the landfill (PR1 and PR3 respectively).

Caso não se consigam realizar medições em tubagens previamente instaladas no aterro por estas se encontrarem obliteradas, tal deverá ser devidamente anotado uma vez que é indicativo de deformações no interior da infra-estrutura. Paralelamente, e como já atrás referido, devem igualmente ser localizadas eventuais ressurgências de lixiviados.

Todos os dados obtidos nesta fase podem e devem ser processados e analisados com recurso a técnicas de SIG (Fig. 3), uma vez que irão garantir a sua georreferenciação e facilitar a sua posterior actualização.

Numa segunda fase, recomenda-se que se proceda à modelação da estabilidade dos taludes do aterro, sob condições estáticas e, caso se situe em zona sísmica, pelo

menos pseudo-estáticas. Acresce ainda a modelação dos níveis de água e de lixiviados, avaliando-se assim eventuais contaminações. Ambos os resultados permitirão sustentar a necessidade de implementação de eventuais medidas mitigadoras. No desenrolar desta etapa e para validar os valores a utilizar na modelação, será recomendável a execução de sondagens mecânicas e a recolha de amostras a fim de validar os parâmetros e pressupostos a utilizar nas modelações. Devido à heterogeneidade natural deste tipo de resíduos, recomenda-se que seja efectuada uma descrição cuidada dos materiais amostrados e uma classificação ponderal da respectiva constituição.

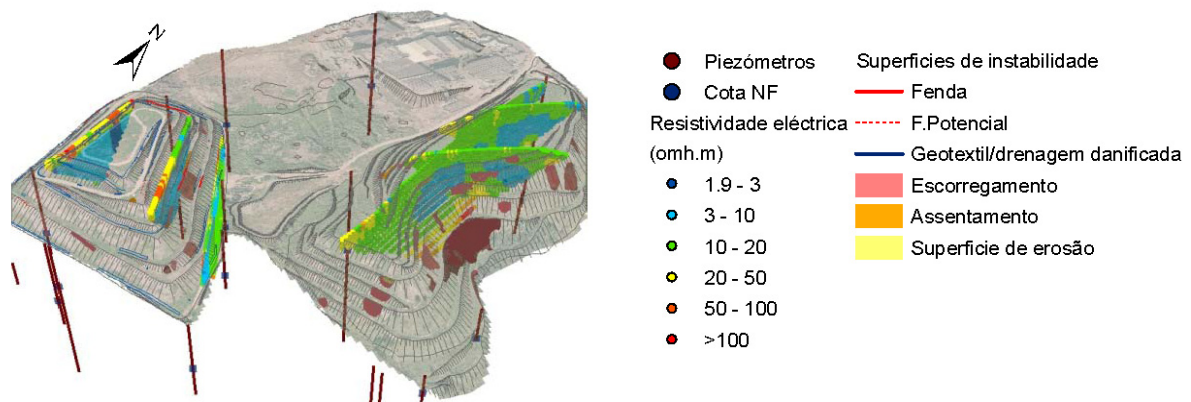


Fig. 3. Integração de dados em modelo 3D (sem escala).

Fig. 3. 3D model of surveyed data (no scale).

Ulteriormente, numa fase final, definem-se as medidas mitigadoras que são necessariamente função das situações de precaridade detectadas e que incluem a manutenção das inspecções periódicas das infra-estruturas e o retomar das acções da primeira fase acima descritas, a intervalos de tempo regulares.

3. Medidas mitigadoras e monitorização

No respeitante a medidas tendentes a resolver as anomalias detectadas em infra-estruturas de aterro, listam-se as seguintes:

- Reabilitação de banquetas, conferindo-lhes maior regularidade e penderes que permitam garantir uma drenagem eficiente das águas de escorrência superficial;
- Reperfilamento dos taludes e adopção de eventuais estruturas de contenção em casos de instabilidade considerados mais gravosos e impossíveis de resolver de outro modo, por limitações de espaço;
- Reconstituição das camadas de selagem dos taludes;
- Redimensionamento do sistema de drenagem subsuperficial;
- Corte da vegetação arbórea que tenha despontando sobre a infra-estrutura;
- Selagem das fendas de tracção abertas;
- (Re)colocação de geogrelhas e/ou georedes;

Relativamente a trabalhos de acompanhamento da evolução da infra-estrutura, as seguintes acções devem ser implementadas:

- Instalação de marcas de superfície para controlo anual de assentamentos;
- Monitorização da qualidade das águas subterrâneas;
- Instalação de inclinómetros em zonas que tenham revelado a existência de potenciais deformações internas.

Para além destes trabalhos, acresce a inspecção visual periódica da infra-estrutura, pelo menos bianual, para detecção de fenómenos de instabilidade.

4. Conclusões

Neste artigo apresenta-se uma proposta metodológica contemplando um conjunto de etapas que visam a recolha e interpretação de dados de base, para serem integrados num modelo para avaliar o comportamento de infra-estruturas de resíduos não perigosos após o seu encerramento. Tais etapas recorrem a um conjunto de técnicas e ferramentas que permitem, no entender dos autores, adquirir informação validada sobre a infra-estrutura, em superfície e em profundidade, de forma pouco onerosa e relativamente expedita. A integração destes elementos em SIG permite a contínua actualização dos elementos obtidos em estudos anteriores e o acompanhamento da evolução das condições de estabilidade e saturação do aterro.

Pretende-se, deste modo, contribuir para o desenvolvimento sustentado, garantindo a monitorização destas infra-estruturas e o seu controlo enquanto existirem, com uma relação benefício-custo elevada.

Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa TratoLixo – Tratamento de Resíduos Sólidos, SA, a autorização para a apresentação dos elementos incluídos neste artigo.

Referências

- Brito, M.G., da Silva, A.P., Lamas, P., 2010. *Reconhecimento geotécnico para a avaliação das condições de estabilidade do aterro e da lixeira - Nota técnica*. Weber Portugal, Junho (não publicada).
- Brito, M.G., Silva, A.P., Lamas, P., Costa, C., 2012. Metodologia para a Avaliação da Estabilidade e Funcionalidade de Infra-estruturas de Contenção de Resíduos. *Atas do 46º Congresso Brasileiro de Geologia & 1º Congresso de Geologia dos Países de Língua Portuguesa*, Santos (Brasil), Sessão SP37 - Geologia em projectos e obras de engenharia.