

Desafios Geotécnicos Advindos da Política Nacional de Resíduos Sólidos

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk
UERJ, Rio de Janeiro, Brasil, anavanelk@gmail.com

Maria Eugenia Gimenez Boscov
USP, São Paulo, Brasil, meboscov@usp.br

RESUMO: Depois de 20 anos de debates técnicos e políticos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305) foi aprovada em 08 de agosto de 2010. A PNRS preencheu uma enorme lacuna na legislação ambiental brasileira, trazendo normas e regras para um grande problema urbano, os resíduos sólidos. A Lei 12.305 perfila-se entre as modernas leis de países avançados e versa sobre várias questões atinentes à gestão de resíduos sólidos e que apresentam influência nos projetos e obras geotécnicos voltados à preservação ambiental. Esses itens, embora não diretamente relacionados às obras civis, terão consequências importantes em sua configuração. Neste artigo serão discutidas algumas das consequências mais evidentes da PNRS na concepção, projeto, construção e operação de aterros de resíduos sólidos urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos urbanos, PNRS, Comportamento geomecânico, Aterros sanitários.

1 INTRODUÇÃO

Depois de 20 anos de debates técnicos e políticos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305) foi aprovada em 08 de agosto de 2010. A PNRS preencheu uma lacuna significativa na legislação ambiental brasileira, trazendo normas e regras para um grande problema urbano, os resíduos sólidos. A Lei 12.305 perfila-se entre as modernas leis de países avançados.

A PNRS versa sobre várias questões atinentes à gestão de resíduos sólidos e que apresentam influência nos projetos e obras geotécnicos voltados à preservação ambiental: estabelecimento de um novo conceito de resíduo, os rejeitos; os resíduos devem ser submetidos a processos de beneficiamento antes de serem dispostos de forma ambientalmente adequada; a matéria orgânica não deve ser disposta em aterros sanitários e deve ser reciclada; proibição do vazamento dos resíduos em lixões e exigência de encerramento

e recuperação desses vazadouros a céu aberto; os municípios, assim como os estados, devem elaborar os seus Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS), como condição imprescindível para receber recursos da União para obras de saneamento; implementação da coleta seletiva inserindo os catadores de material recicláveis; aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos com a implantação do monitoramento dos gases, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental; e o estabelecimento de diretrizes e responsabilidades jurídicas sobre a gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, da logística reversa e da responsabilidade compartilhada para sua implantação.

Esses itens, embora não diretamente relacionados às obras civis, terão consequências importantes em sua configuração. Neste artigo serão discutidas algumas das consequências mais evidentes da PNRS na concepção, projeto, construção e operação de aterros de resíduos sólidos urbanos.

2 A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O objetivo da PNRS é proteger a saúde pública e o meio ambiente e promover ações para a não geração, redução, reaproveitamento, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequados dos resíduos, incentivar a reciclagem industrial, o emprego de tecnologias limpas, a gestão integrada de RS e a capacitação técnica continuada.

A PNRS versa sobre 5 eixos temáticos: Hierarquização dos resíduos, Responsabilidade compartilhada, Logística reversa, Planos e gestão integrada de resíduos sólidos e Incentivos fiscais, que serão apresentados a seguir.

2.1 A Hierarquização de Resíduos

A gestão de resíduos deve priorizar a não geração, a redução, o reaproveitamento e a reciclagem, nesta ordem. Caso o resíduo não possa ser reaproveitado e reciclado, deve passar por um tratamento e então ser disposto de forma ambientalmente adequada.

A matéria orgânica deve ser reciclada e não deve ser descartada em aterros sanitários, nos quais só devem ser dispostos os rejeitos. O termo “rejeitos”, segundo a PNRS, indica todos os materiais que não podem ser beneficiados, tratados, reaproveitados e reciclados, diferentemente dos resíduos sólidos, que podem ser usados inclusive como matérias primas para outros processos e como aproveitamento energético. Embora o conceito seja interessante por tentar incentivar o reuso dos resíduos urbanos, infelizmente apropriou-se de um termo já utilizado tradicionalmente na área da mineração para os resíduos do beneficiamento dos minérios.

Também é incentivado o emprego da incineração, desde que atendendo a critérios ambientais, ou seja, desde que se obtenham licenças ambientais.

A lei dá prazo para o fechamento de lixões nos municípios sob pena de multa pela Lei 9.605 de crimes ambientais. A publicação da

PNRS inicialmente resultou em um movimento significativo por parte dos municípios brasileiros para que os resíduos sólidos urbanos fossem dispostos em locais adequados, porém não se logrou o encerramento de todos locais de disposição inadequada (lixões e aterros controlados) até 2014, conforme previsto pela lei. Sobre este aspecto, é importante salientar que, como esta meta não foi alcançada, foi decretada uma medida provisória para estender o prazo inicial, uma vez que em 2014 ainda 42% (em massa) dos resíduos sólidos urbanos tinha destinação inadequada no Brasil (ABRELPE, 2014).

2.2 A Responsabilidade Compartilhada

Um grande avanço atinente à gestão de resíduos sólidos é a responsabilidade compartilhada. Isto significa repartir responsabilidades entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, poder público e consumidor pelo ciclo de vida do produto. Todos são responsáveis para que o poder público não arque sozinho com a gestão dos resíduos.

Por outro lado, a responsabilidade compartilhada dificulta em alguns casos a efetividade das medidas, devido ao difícil processo de reparar e compensar falhas de alguns entre os diversos atores. Por exemplo, diversos países têm associado a responsabilidade da logística reversa aos fabricantes; embora esses possam repassar os custos aos consumidores, é mais fácil o controle e a fiscalização por parte da sociedade.

2.3 A Logística Reversa

A logística reversa é um conjunto de ações, meios e procedimentos para que os resíduos retornem aos fabricantes. No ciclo da logística devem ser retornados os seguintes resíduos: pilhas e baterias, óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens, pneus, embalagens de agrotóxicos, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, produtos eletro-eletrônicos e seus componentes. Adicionalmente, foram identificados também como prioritários os medicamentos e as embalagens em geral. A promoção da LR deve

ser feita pelo governo através de acordos setoriais.

O ritmo da Logística Reversa segue aquém das necessidades. O setor de embalagens de lubrificantes, embalagens de agrotóxicos e pneus inservíveis já operavam em um sistema estruturado de logística reversa, regulados por resoluções CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) desde dos anos 90. Após a promulgação da PNRS, os acordos setoriais dos demais resíduos vêm sendo aprovados e implementados nos termos da Lei.

No Brasil o modelo de logística reversa é igual ao modelo europeu, que tem uma logística diferente para cada categoria de resíduo. No modelo europeu os fabricantes de embalagens e as companhias que as utilizam financiam uma entidade gestora, sem fins lucrativos, licenciada pelo governo, que é responsável pela reciclagem. Os distribuidores e varejistas só podem vender os produtos que sejam marcados por um selo. Com este modelo, países que antes tinham índices de reciclagem pífios em 1998, a exemplo de Espanha e Portugal, em 2011 recuperaram respectivamente 66% e 57% dos seus resíduos, *Jornal o Globo*, 2012.

2.4 Planos de Gestão Integrada

O plano de gestão é um produto e um processo para melhorar a gestão integrada de resíduos sólidos. O plano deve ser feito em nível nacional, estadual e municipal. Tem horizonte de 20 anos e deve ser revisado a cada 4 anos. O governo condiciona o apoio de financiamentos para o setor de saneamento à execução do plano, o qual pode ser atrelado ao Plano de Saneamento Básico, também exigido pela Lei 11.445 de 2007, ou pode ser feito separadamente.

No Plano de Gestão Integrada é feito um diagnóstico dos resíduos, tipos, quantidades, características, bem como um levantamento da forma de prestação do serviço, a sustentabilidade financeira, as legislações existentes, o processo de fiscalização, e um levantamento dos catadores de material reciclável.

Com esses dados traçam-se cenários, prognósticos e metas de melhoria no setor,

adotando-se tecnologias concernentes com a realidade local. Assim deve-se incentivar o reaproveitamento, a redução dos resíduos, a reciclagem, a inserção dos catadores do local para a coleta seletiva, o fim dos lixões e o emprego de tecnologias de acordo com as diretrizes da Política Nacional.

Para os municípios com menos de 20.000 habitantes, o Plano de Gestão Integrada deve ter conteúdo simplificado, porém esta regra não se aplica a municípios integrantes de áreas de especial interesse turístico, inseridos em áreas de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional e cujos territórios abranjam, total ou parcialmente, Unidades de Conservação

A lei também obriga a realização de Planos de Gerenciamento para resíduos perigosos e resíduos que por sua composição e volume não se enquadram nos RSU, a exemplo dos RCC (resíduos da construção civil), agrossil-vopastoris, de portos e aeroportos. As licenças para as atividades que geram estes resíduos ficam condicionadas à elaboração dos respectivos planos de gerenciamento

De acordo com o SINIR (Sistema Nacional de Informação sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos), dos 5.569 municípios existentes mais o Distrito Federal, 2.325 já elaboraram seus respectivos PGIRS em 2014.

2.5 Incentivos Fiscais

A lei sugere este aspecto muito importante para fomentar o reaproveitamento e a reciclagem: incentivos fiscais para indústrias recicladoras e de reaproveitamento, e desoneração dos impostos da cadeia produtiva de resíduos, pois se pagam impostos duas vezes pelo produto, durante sua fabricação e depois de reciclado. O objetivo é incentivar o uso do produto reciclado, tornando-o mais barato do que seu congêner, já que o preço de alguns produtos reciclados ainda é maior.

Contudo, até o presente momento, o único incentivo fiscal dado à cadeia da reciclagem é a concessão de crédito presumido de IPI para as empresas que fizeram, até 31 de dezembro de 2014, a compra de material reciclado adquirido

junto às organizações de catadores, nos termos do Decreto Federal n.º 7.619, de 21 de novembro de 2011.

Uma proposta de redução de impostos para empresas que exerçam de forma preponderante a atividade de reciclagem ou atividades relacionadas a etapas preparatórias da reciclagem está em tramitação na Câmara dos Deputados.

2.6 Outros aspectos

Ademais das questões abordadas, a PNRS proíbe: descarte de resíduos a céu aberto, descarte de resíduos em rios, mares, lagos, queima de resíduos a céu aberto, descarte de resíduos perigosos em locais inadequados; e enquadra o não cumprimento da Lei 12.305 a multas e punições, de acordo com a Lei de Crimes Ambientais, Lei 9.605.

3 DESAFIOS E SUPERAÇÕES DA GESTÃO DE RESÍDUOS NO BRASIL

A gestão de resíduos sólidos no Brasil é um tema candente no cenário atual. É inegável que nos últimos 20 anos houve avanços significativos, porém ainda há muitos desafios a serem enfrentados. O maior gargalo dentro da gestão de resíduos é a reciclagem e a disposição final.

De acordo com o IPEA (2010), o Brasil desperdiça 8 bilhões de reais pela falta de reciclagem. Segundo o diretor da secretaria de recursos hídricos e ambiente urbano, Silvano Sivério apenas 12% dos resíduos sólidos urbanos e industriais são reciclados e somente 14% da população brasileira é atendida pela coleta seletiva, IPEA (2010a). Do percentual de resíduos reciclados 80% devem-se ao trabalho informal de catadores, que atuam sob condições degradantes.

Outros desafios são: a longa cadeia que o resíduo percorre até chegar no início do processo de reciclagem, a falta de incentivos fiscais, preconceitos, hábitos culturais, e falta de indústrias recicladoras.

Os resíduos urbanos brasileiros mais reciclados são: papel, papelão, PET, vidro e metal. A lata de alumínio é um sucesso em

termos de reciclagem: 98% delas são recicladas.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos objetiva ensejar uma mudança de cenário no país, estendendo o sucesso das latinhas de alumínio a outros tipos de resíduos.

No que tange a disposição final, de acordo com a ABRELPE (2014), 41,6% dos resíduos coletados são dispostos de forma inadequada, em aterros controlados e lixões. Há várias dificuldades para a implantação de aterros sanitários, principalmente nas grandes cidades, tais como a escassez de áreas disponíveis, a rejeição da população em morar próximo a um local de disposição de resíduos, e a valorização crescente das áreas urbanas no entorno das cidades. Nas pequenas e médias cidades, cita-se a rápida transformação de aterros sanitários em lixões ou aterros controlados, pois apenas a infraestrutura adequada não é suficiente para garantir a qualidade ambiental do local de disposição final; é fundamental a operação adequada durante toda a vida útil. De acordo com o Ministério das Cidades, de 200 aterros sanitários contruídos, 178 se transformaram em lixões em apenas 2 anos, Silvério (2011).

Nos últimos 10 anos a geração de resíduos aumentou 21% no Brasil. Somente em São Paulo, a maior metrópole da América do Sul e a décima cidade com maior PIB do planeta, são gerados diariamente 18.300 mil toneladas de resíduos.

No Rio de Janeiro, 12.000 toneladas de resíduos chegam ao Aterro de Seropédica, o primeiro aterro sanitário da cidade, construído em 2011. Entre 2005 e 2011, o volume do lixo aumentou 11,3%. O orçamento previsto de 2012 para a Comlurb, empresa de coleta e disposição de resíduos da cidade, foi de aproximadamente R\$ 1 bilhão. Este valor poderia construir 56 km da Transoeste, que liga a Barra a Santa Cruz e Campo Grande, e 60 clínicas do programa de saúde da família. Para fazer uma comparação, a Secretaria de Transportes recebeu um orçamento em 2012 de R\$ 223 milhões.

Para mostrar a complexidade da situação da gestão de resíduos, 86,5% da população brasileira vive em centros urbanos. Porém, os municípios, principalmente os menores, têm muita dificuldade de gerir seus resíduos. Vários

estudiosos apontam algumas questões que explicam este quadro, como a inexistência de planejamento das administrações públicas, falta de capacitação técnica administrativa nos municípios, a falta de entendimento da sociedade sobre a necessidade de cobrança dos serviços de limpeza pública e de gestão de RS, baixa dotação orçamentária e dificuldade na implementação de consórcios que favoreceriam os municípios de pequeno porte.

4 INTERFERÊNCIAS DA POLITICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONCEPÇÃO DE PROJETOS DE ATERROS SANITÁRIOS

Algumas orientações da PNRS podem interferir no comportamento geotécnico da massa de resíduos e, portanto, na concepção, projeto, construção e operação dos novos aterros sanitários, pois podem resultar em um material final a ser disposto muito diferente daquele que tem sido depositado nos aterros sanitários nos últimos anos.

Serão levantadas a seguir algumas conjecturas a respeito das consequências mais evidentes das alterações esperadas.

A orientação para o máximo aproveitamento dos materiais recicláveis e reaproveitáveis acarretará a redução da porcentagem de plásticos, madeiras e tecidos; em consequência, espera-se também a redução da sua contribuição para a estabilidade dos maciços de RSU.

Os componentes fibrosos imprimem um mecanismo de reforço similar ao de um solo granular reforçado com fibras orientadas aleatoriamente, conhecido como "efeito-fibra" (König e Jessberger 1997, Mahler e Lamare Neto 2000, Vilar et al. 2006, Machado et al. 2008, Borgatto et al. 2014), conforme ilustrado na Figura 1.

Os RSU no estado inicial de disposição não apresentam coesão, por serem basicamente granulares; o intercepto coesivo determinado nesta fase, assim como os altos valores de intercepto coesivo obtidos em RSU de maneira geral, são devidos aos elementos fibrosos. O efeito das fibras no valor do intercepto de coesão da envoltória de Mohr-Coulomb foi estimado por Borgatto et al. (2012) por ensaios

de cisalhamento direto realizados com lixo pré-tratado sem e com retirada dos sacos plásticos; os resultados mostraram um acréscimo de 10 kPa na coesão (de 24-28 kPa a 34-38 kPa) devido ao efeito-fibra.



Figura 1. "Efeito-fibra" dos sacos plásticos na massa de resíduos (Benvenuto, 2013).

Outra orientação da PNRS que resultará em alterações substanciais no projeto de aterros sanitários é a proibição da disposição de matéria orgânica putrescível nos aterros sanitários para ser submetida a compostagem e/ou digestão anaeróbia. Os parâmetros de resistência, permeabilidade e deformabilidade são fundamentalmente relacionados ao teor de matéria orgânica, assim como a variação desses parâmetros ao longo de tempo resultante da transformação de matéria sólida em líquidos e gases por biodegradação.

A faixa de variação do coeficiente de permeabilidade de RSU de diversos países é extensa, com a maioria dos valores entre 10^{-6} e 10^{-4} m/s, enquanto os valores de referência nacionais são mais baixos, entre 10^{-8} e 10^{-6} m/s, possivelmente devido ao maior teor de matéria orgânica em relação aos RSU de países mais desenvolvidos (Boscov, 2006). Gao et al. (2015) consideram a diferença de uma ordem de

grandeza na permeabilidade quando comparando RSU com baixo e alto teor de matéria orgânica, a partir de diversas fontes, entre as quais Machado et al. (2010). A redução do teor de matéria orgânica no material disposto provavelmente acarretará um aumento na permeabilidade dos maciços sanitários.

Em presença de umidade e temperatura apropriadas os resíduos orgânicos se decompõem gerando gases e lixiviados. Esta transformação se reflete na perda de massa de resíduos e está diretamente relacionada à magnitude e velocidade de recalques (Pereira, 2000). Os elevados valores de recalque de aterros sanitários, da ordem de 20 a 30%, devem-se principalmente à biodegradação, cuja contribuição é tanto mais significativa quanto maior o teor de matéria orgânica putrescível na composição dos resíduos.

Wardwell & Nelson (1981) relacionaram a compressão ao teor de matéria orgânica na massa de resíduos por meio de ensaios laboratoriais, observando que amostras com 40% e 70% de matéria orgânica apresentaram, respectivamente, recalques iguais a 25% e 55% da altura original.

Investigação da compressibilidade no aterro controlado de Valdemingómez, situado em Madri, Espanha, durante 2 anos (Pereira, 2000; van Elk et al., 2014), revelou a grande proporção dos recalques secundários, que alcançaram 55% do recalque total da massa de resíduos.

Os recalques por biodegradação dos RSU podem ser estimados diretamente por modelos de compressão que agregam a biodegradação, como os de Zimmerman et al. (1977), Meruelo (Palma, 1995), Simões (2000), Marques et al. (2003) e HBM (McDougall, 2007). Geralmente, porém, são estimados indiretamente, incorporados aos recalques por compressão secundária nos modelos baseados em teorias de adensamento de solos, Sowers (1973) e Bjargard & Edgers (1990), ou por meio de ajustes empíricos de funções exponenciais e logarítmicas a séries históricas de dados de recalques a exemplo dos modelos de Gandola et al. (1994) e Ling et al (1998).

No primeiro caso, o teor de matéria orgânica explícito nos modelos facilita a

estimativa de recalques para novos materiais, necessitando-se simplesmente atualizar esse valor. Nos demais modelos, será necessária uma revisão dos valores dos parâmetros relativos ao desenvolvimento dos recalques com o tempo, pois são resultantes de estimativas baseadas em teores usuais de matéria orgânica nos RSU brasileiros (50-70%).

A parcela de recalques por mecanismo viscoso, diretamente relacionada à matéria orgânica, também tem sido incorporada aos modelos de previsão de recalques de RSU, geralmente por meio da compressão secundária, mas também explicitamente por modelos viscoelásticos (Marques, 2003; Malavoglia, 2016). Esta parcela também será alterada pela modificação na composição do material.

A grosso modo, portanto, em caráter especulativo, e ainda sujeita a estudo e confirmação, cria-se a expectativa de trabalhar com material mais permeável, menos deformável, menos viscoso e sem a colaboração de fibras, resultando em recalques menores e mais rápidos.

Outra suposição é a de que a redução do teor de matéria orgânica putrescível contribua favoravelmente para a estabilidade do maciço, devido à redução das poro-pressões, considerando-se a diminuição da umidade associada, a menor geração de líquidos e gases, e a maior facilidade de drenagem.

A principal consequência da diminuição do teor de matéria orgânica, porém, talvez seja a diminuição da geração de lixiviado e de gases no maciço sanitário. Além de impactar o dimensionamento dos sistemas de drenagem e tratamento de lixiviado, de forma positiva por diminuir vazões a serem coletadas e tratadas, haverá um efeito direto no aproveitamento energético de biogás do aterro, visto que o teor de matéria orgânica é parâmetro fundamental nas equações de previsão de geração de biogás (Hoeks 1983; USEPA 1998; World Bank 2003; IPCC 2006).

A composição do rejeito, isto é, o material que será finalmente disposto no aterro sanitário, ainda é desconhecida. Abre-se a perspectiva e a necessidade de caracterizar e estudar o comportamento geotécnico deste novo material. Por outro lado, a utilização de resíduos

reciclados em substituição a materiais naturais, inclusive nos diversos sistemas componentes do aterro sanitário (revestimentos de fundo, cobertura, sistemas de drenagem, pavimentos etc.) demandará o estudo do comportamento geomecânico e ambiental desses materiais sob as condições bioquímicas dos aterros sanitários.

Outro aspecto a destacar é que os aterros sanitários deverão ser concebidos e projetados como espaços destinados às novas atividades, quais sejam: separação, peneiramento, armazenamento, reciclagem, compostagem, entre outros. A configuração do aterro, particularmente a distribuição espacial das instalações e áreas necessárias a uma nova rotina de operação, deverá resultar também bastante diferente da situação atual.

A obrigatoriedade de encerramento e posteriormente recuperação das áreas de disposição inadequada também coloca novos desafios. O encerramento das áreas de disposição inadequada deverá alavancar os conhecimentos sobre o controle de escape de lixiviado e gases, assim como sobre as deformações em longo prazo da massa de resíduos, além de indicar a solução de mineração urbana ou mineração de lixo (Benvenuto, 2013). Não se pode impedir o crescimento das cidades pelo fato de áreas, em seu entorno, estarem ocupadas por antigos lixões (Pereira, 2000).

As emissões fugitivas de biogás pela cobertura vêm sendo foco de atenção no meio técnico, como se observa pelo destaque dado a esse tema no último ICEG (7th International Congress on Environmental Geotechnics). Este interesse deve-se ao fato de que os aterros sanitários são responsáveis pela maior proporção de emissões de gases de efeito estufa no setor de resíduos sólidos.

A recuperação das áreas de disposição inadequada incluirá o desenvolvimento de técnicas expeditas para delimitação da região contaminada, com protagonismo dos métodos geofísicos, e a implantação de técnicas de remediação em larga escala. Tem-se, assim, dois grandes campos abertos para a pesquisa e a prática da Engenharia Geotécnica.

5 COMENTÁRIOS FINAIS

A PNRS traz diretrizes e metas para requalificar significativamente a questão dos resíduos sólidos no país, porém ainda é necessária a operacionalização dessas propostas para que se evolua efetivamente da situação atual para a realidade antevista pela lei.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece princípios importantes em termos de proteção ambiental e sustentabilidade. Ademais, traz desafios para o meio geotécnico, tanto para profissionais como acadêmicos, com novas demandas de projeto, métodos construtivos, monitoramento e pesquisa. Nos primeiros 5 anos desde a promulgação da referida lei, porém, o progresso efetivo da situação dos resíduos sólidos brasileiros mostrou-se tímido e desuniforme, não tendo sido alcançado um atendimento satisfatório às metas iniciais. Quando a lei for amplamente implantada, espera-se uma grande demanda para a engenharia geotécnica.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE (2014). Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014. Grappa Editora e Comunicações: São Paulo. ISSN 2179-8303.
- Benvenuto, C. (2013). A importância da geotecnia no projeto, licenciamento e operação de aterros sanitários. Palestra, M.E.G. Boscov e C. Benvenuto, ITA/NRSP-ABMS, ITA, São José dos Campos.
- Borgatto, A.V.A.; Mahler, C.F.; Münnich, K. (2012). Influência do material plástico mole nos parâmetros de resistência dos resíduos sólidos urbanos “pré-tratados”. *Geotecnia*, 124, pp.47-56.
- Bjargard, A. And Edgers, L. (1990). Settlement of municipal solid waste landfill. Proc. 13th Annual Madison Waste Conf. Univ. Of Wisconsin, Madison, Wis., 192-205.
- Boscov, M.E.G. (2006). Desafios geotécnicos no projeto e construção de aterros de resíduos. XIII COBRAMSEG, v. de palestras, pp. 145-174, Curitiba, PR.
- Brasil, Lei 12.305 de 08 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos.
- Gandola, M.; Dugnani, L.; Bressi, G. & Acaia, C. (1994). A determinação dos efeitos do recalque sobre os de lixo sólido municipal. *Simpósio Internacional de Destinação do Lixo*, novembro, Salvador.
- Gao, W.; Chen, Y.; Zhan, L.; Bian, X. (2015). Engineering properties of high kitchen waste content municipal solid waste. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, n. 7, p. 646-658.

- Hoeks, J. (1983). Significance of biogas production in waste tips. *Waste Management and Research*, 1, 323-235.
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). (2010). Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais prestados para gestão de resíduos sólidos urbanos. Relatório de Pesquisa. Site: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/100514_relatsau.pdf, acesso 13 de abril de 2016.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). (2010) http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=1170.
- Konig, D. & and Jessberger, H. L. (1997). Report of the Technical Committee 5 (Environmental Geotechnics). Sub Committee 3 (Waste Mechanics). International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
- Leshchinsky, D. e Perry, E.B. (1987). A Design Procedure for Geotextile Reinforced Walls, *Geosynthetics'87*, IFAI, New Orleans, LA, USA, Vol. 1, p. 95-107.
- Ling, H.i., Leshchnsky, D., Mhri, I., and Kawabta, T. (1998). Estimation of municipal solid waste landfill settlement. *J. Geotech. Geoenvironmental Eng.* 124(1), 21-28.
- McDougall J. (2007) A hydro-bio-mechanical model for settlement and other behaviour in landfilled waste. *Computers and Geotechnics*, 34, 229-246.
- Machado, S.L.; Vilar, O.M.; Carvalho, M.F. (2008). Constitutive model for long term municipal solid waste mechanical behavior. *Computers & Geotechnics*, v. 35, pp. 775-790.
- Machado, S.L.; Karimpour-Fard, M.; Shariatmadari, N.; Carvalho, M.F.; Nascimento, J.C.F. (2010). Evaluation of the geotechnical properties of MSW in two Brazilian landfills. *Waste Management*, 30, pp. 2579-2591.
- Mahler, C.F. e Lamare Neto, A. (2000). Análise da estabilidade do vazadouro da Rua Duarte da Silveira (Petrópolis), considerando o efeito das fibras. *XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Anais, Porto Alegre.
- Malavoglia, G.C. 2016. Modelos viscoelásticos aplicados à previsão da compressão de resíduos sólidos urbanos. Dissertação de mestrado, EPUSP, São Paulo, 106 p.
- Marques, A. C. M.; Filz, G. M.; Vilar, O. M. (2003) Composite compressibility model for municipal solid waste, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, v. 129:4, 372-379.
- O Globo, Jornal (2012). Desleixo Insustentável. Série de reportagens do Jornal O Globo sobre reciclagem de resíduos. <http://oglobo.globo.com/rio/na-espanha-em-14-anos-coleta-seletiva-deu-um-salto-4346882>.
- Palma, J. H. (1995). Comportamiento geotécnico de vertederos controlados de residuos sólidos urbanos. Tesis Doctoral. ETSCCP, Universidad de Cantabria.
- Pereira, A.G.H. (2000). Compresibilidade de los residuos sólidos urbanos. Tesis de Doctoral. Departamento de Explotación y Prospección de Minas. Escuela de Minas. Universidad de Oviedo. España
- Philippi Jr, A. (2012). Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Editores Arnaldo Jardim, Consuelo Yoshida, José Valverde Machado Filho, Barueri, SP: Manole. 281p.
- Senado Federal – Disponível em <http://www.senado.gov.br/noticias/jornal/emdiscussao/residuos-solidos/materia.html?materia=projeto-concede-beneficio-para-empresa-comprar-produto-reciclado.html>. Acesso em 21 de março de 2016.
- Silverio, S. (2011). Palestra conferida no 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, 25 a 29 de setembro, Porto Alegre.
- Simões, G. (2000). Modelo para avaliação de recalques em aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos. Departamento de Engenharia Civil. Potifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 106 p.
- SINIR – Sistema Nacional de Informação sobre Gestão dos Resíduos Sólidos. <http://sinir.gov.br/web/guest/2.5-planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>. Acessado em 04 de abril de 2016.
- Sowers, G.F. (1973). Settlement of waste disposal fills. Proc. 8th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Moscow, Vol 2/2.
- USEPA (1996). A guide for methane mitigation projects: Gas-to-energy at landfills and open dumps. EPA 430-b-96-081. US environmental Protection Agency. Washington. Disponível em: www.epa.gov.
- Van Elk, A.G.H.P.; Mañas, L.S. e Boscov, M.E.G. (2014). Field Survey of Compressibility of Municipal Solid Waste. *Soils and Rocks*, São Paulo, 37(1): pp. 85-95, January-March.
- Vilar, OM.; Marques, A.C.M.; Carvalho, M.F. e Machado, S.I. (2006). Some remarks on the mechanical properties and modeling of municipal solid waste. SITTRS - Simpósio Internacional sobre Tecnologias de Tratamento de Resíduos Sólidos, Anais, CR-R OM, Rio de Janeiro.
- Wardwell, R.E.; Nelson, J.D. (1981). Settlement of sludge landfills with fiber decomposition. Proceedings, 10th International Conference for Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, Sweden, 2, 397-401.
- World Bank (2003). Manual para preparação de gás de aterro sanitário para projetos de energia na América Latina e Caribe. Disponível em: <http://www.worldbank.org>.
- Zimmerman, R.E; Chen, W.W.H. e Franklin, A. G. (1977). Mathematical model for solid waste settlement. Proc. Asce. Conf. Geotechnical Practice for waste Disposal, Michigan, pp. 210-226.