

## Análise da declividade em lixões do estado de Minas Gerais

Gerson José de Mattos Freire<sup>1</sup>  
Letícia Oliveira Freitas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais – Depto. Cartografia  
Avenida Antônio Carlos, 6627 Pampulha – Belo Horizonte – MG Brasil CEP 31270 – 901  
gmfreire@aluvial.com.br

<sup>2</sup> Aluvial Engenharia e Meio Ambiente Ltda.  
Avenida Francisco Sá, 35 sala 202 - Prado– Belo Horizonte – MG Brasil CEP 30410-060  
lofreitas@aluvial.com.br

**Abstract.** The disposal of municipal solid waste (MSW) deserves the attention of researchers and administrators, with the goal of perform the characterization and to quantify the decurrent damages. In Minas Gerais, the government instituted the Minas Sem Lixões program, whose goal is to eradicate, until the year of 2011, 70% of the places of inadequate disposal of MSW; However, analyses of processes of areas of lixões that had had its locked up activities indicate a low index of implementation of these measures. The involved costs in total recovery of any one of these areas indicates the necessity of ordering and action systematization. This work analyses the slope in those areas and classifies them according the legal standards. The resulting map will be used in a multi-criteria analysis derived from other locational variables to increase the understanding of the MSW disposition areas.

**Palavras-chave:** slope, Municipal Solid Waste, geoprocessing, declividade, Resíduos Sólidos Urbanos, geoprocessamento.

### 1. Introdução

A disposição de resíduos sólidos provenientes de atividades antrópicas vem merecendo a atenção dos pesquisadores, que visam qualificar e quantificar os danos decorrentes. Em Minas Gerais, o governo do estado instituiu o programa Minas Sem Lixões, cuja meta é erradicar, até o ano de 2011, 70 % dos locais de disposição inadequada de RSU. Considerando-se somente sobre o estoque atual de 550 lixões em operação, serão cerca de 380 locais nos quais deverão ser adotadas medidas mínimas de controle, para evitar que os resíduos se constituam em risco para a saúde de populações vizinhas e para o meio ambiente. Entretanto, análises de processos de áreas de lixões que tiveram suas atividades encerradas indicam um baixo índice de implementação destas medidas. Os custos envolvidos na total recuperação de qualquer uma destas áreas indicam necessidade de priorização e sistematização de ações. Além disso, os estudos existentes sobre o tema concentram-se na análise de áreas propícias à instalação de aterros sanitários para disposição de Resíduos Sólidos Urbanos, abrindo-se a perspectiva da discussão da temática de recuperação de áreas já degradadas.

Técnicas de geoprocessamento e dados disponíveis, embasados em experiências anteriores e na observação da realidade, permitem a análise e a obtenção de diversos planos de informação homogêneos para locais distintos. A declividade dos locais de disposição é um dos critérios mais consagrados na literatura para avaliação de qualidade de sítios de disposição de RSU, desde as recomendações presentes no manual do IPT-CEMPRE (2001) até os trabalhos em que se almeja optar entre diversas áreas para a escolha da mais apta para a disposição, como nos trabalhos de Weber (2000), Samizava et al.(2008) e outros. Entretanto, enquanto o IPT utiliza a declividade para a elaboração de um índice de qualidade de locais de disposição de RSU, o IQR, os demais autores utilizam o critério para a seleção de áreas propícias a serem destinadas à instalação de sistemas de disposição, ainda assim já projetados

com todas as estruturas para a minimização de impactos, tais como sistemas de drenagem adequados. A análise contida neste estudo pretende identificar municípios do estado de Minas Gerais em que a disposição de resíduos sólidos urbanos é efetuada em locais com declividade elevada, representando um maior risco de contaminação do ambiente.

A cultura da disposição de resíduos, especialmente em comunidades de pequeno porte, destina às áreas de elevada declividade os locais para disposição de RSU, especialmente à margem de cursos d'água e grotas de difícil acesso. De uma forma geral, existem conexões entre estes locais e os sistemas hidrogeológicos presentes, com o aumento dos riscos de contaminação de recursos hídricos na presença de ravinamentos, nascentes e áreas de contato entre os aquíferos superficiais e subterrâneos, estruturas presentes nas áreas de maior declividade.

Assim, a declividade é um fator que implica diretamente nas questões operacionais de um lixão. Um lixão instalado em uma área com baixa declividade representa uma situação mais favorável ao manejo de resíduos. A instalação de lixões em áreas com declividades acentuadas, favorece o escoamento superficial do chorume, dificulta a conformação da massa de resíduos e o acesso às áreas em períodos chuvosos. A análise de declividade possui contextualização legal em Minas Gerais, onde através da DN 52/01 (FEAM, 2001) indica-se a declividade como um fator de exclusão de áreas para disposição de RSU, estabelecendo um limite de 30 % como a declividade média máxima aceitável na seleção destas áreas. Este fator foi reforçado pela DN 118/08 (FEAM, 2008), com a mesma limitação.

## **2. Metodologia de Trabalho**

A um aumento de declividade corresponde uma menor infiltração dos escoamentos superficiais, o que aumenta o poder erosivo da água, sobretudo em locais onde ocorre a retirada da cobertura vegetal ou a disposição de resíduos. Nestes locais a chuva, em função de sua intensidade, escoar através da superfície, carreando frações de material de cobertura em quantidades variáveis; Entretanto, a experiência comprova que a capacidade de transporte da água que escoar superficialmente depende do volume de água e da declividade do terreno, como em Lattanzi et. al. (1974). Amorim et al (2001) dividem o escoamento em dois tipos, difuso e concentrado. No escoamento difuso, que começa a aparecer quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de infiltração, pode ocorrer o transporte de partículas de solo, provocando o início de sulcos poucos profundos. Nestes sulcos formam-se caminhos preferenciais, que concentram os fluxos precipitados e podem contribuir para a formação de ravinas e voçorocas. Silveira et al (2000) destaca que nos regimes de chuvas amenas e solos menos declivosos, a erosão é limitada pela capacidade de transporte, enquanto que sob chuvas intensas e solos declivosos a erosão é limitada pela capacidade de desagregação do solo. Esta capacidade, por sua vez, é dependente da natureza físico-química dos solos. De um modo geral, solos mais argilosos, devido às características das ligações de suas partículas, apresentam uma maior coesão do que os solos arenosos.

Para a aferição da declividade das áreas em que se encontram os lixões, foram utilizados dados adquiridos através do sensor orbital SRTM (2005), com resolução espacial de 90 m. O mapa de declividade foi gerado a partir dos dados altimétricos. As classes de declividades foram estabelecidas nos seguintes intervalos: Menor ou igual a 30 % ; e Superior a 30 %. Tais intervalos foram escolhidos com base no que é definido pela normatização para o local de disposição de RSU. Para a declividade foi utilizado o interpolador TIN dos valores altimétricos das curvas de nível, que gera uma superfície formada por triângulos irregulares com base no critério de Delaunay. A partir da inclinação da face de cada um dos triângulos da rede TIN pode então ser calculada a declividade em porcentagem. Com o objetivo de se obter um quadro mais preciso da situação da área, foram analisados o pixel do local do lixão e seus nove vizinhos imediatos, que revelam também a tendência da declividade na área de

disposição de RSU. Todos os processos mencionados acima foram trabalhados em ambiente Esri Arc View.

Foi utilizada uma imagem SRTM que engloba todo o estado de Minas Gerais. Essa imagem foi dividida em 6 colunas e 4 linhas, formando 24 retângulos iguais. O objetivo da divisão da imagem foi para trabalhar com arquivos menores e mais fáceis de serem processados. Para essa divisão, cada retângulo foi cortado individualmente, através das coordenadas geográficas de suas extremidades, com o uso da ferramenta “clip to raster”.

Em seguida foram extraídas em arquivos “shapes” as curvas de nível de cada parte da imagem SRTM, com equidistância das curvas determinada como de 20 em 20 metros e o fator Z definido como 1. Foi definido o sistema de projeção geográfico South American – Datum 1969 para cada arquivo de curva de nível.

A declividade foi gerada para cada um dos 24 arquivos de curvas de nível, através da ferramenta “Tin” em 3D Analyst. Os tin’s de declividade foram divididos em duas classes, uma até 30% e outra acima de 30%. Em seguida os tin’s foram convertidos para vetores, através da ferramenta “Tin to Features” em 3D Analyst. Com as declividades em arquivos vetoriais, foi possível exportar apenas uma das classes de declividade, no caso, a classe de até 30%. Finalmente foram selecionados os lixões em pertenciam à classe de até 30%.

O dado referente à declividade de cada local de disposição de RSU foi atribuído ao município, nos intervalos indicados anteriormente. Assim obteve-se tabela que indica quais municípios têm seus lixões em áreas de declividade inferior a 30 %, consideradas, adequadas, e os demais, considerados inadequados.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados se encontram mapeados a seguir.

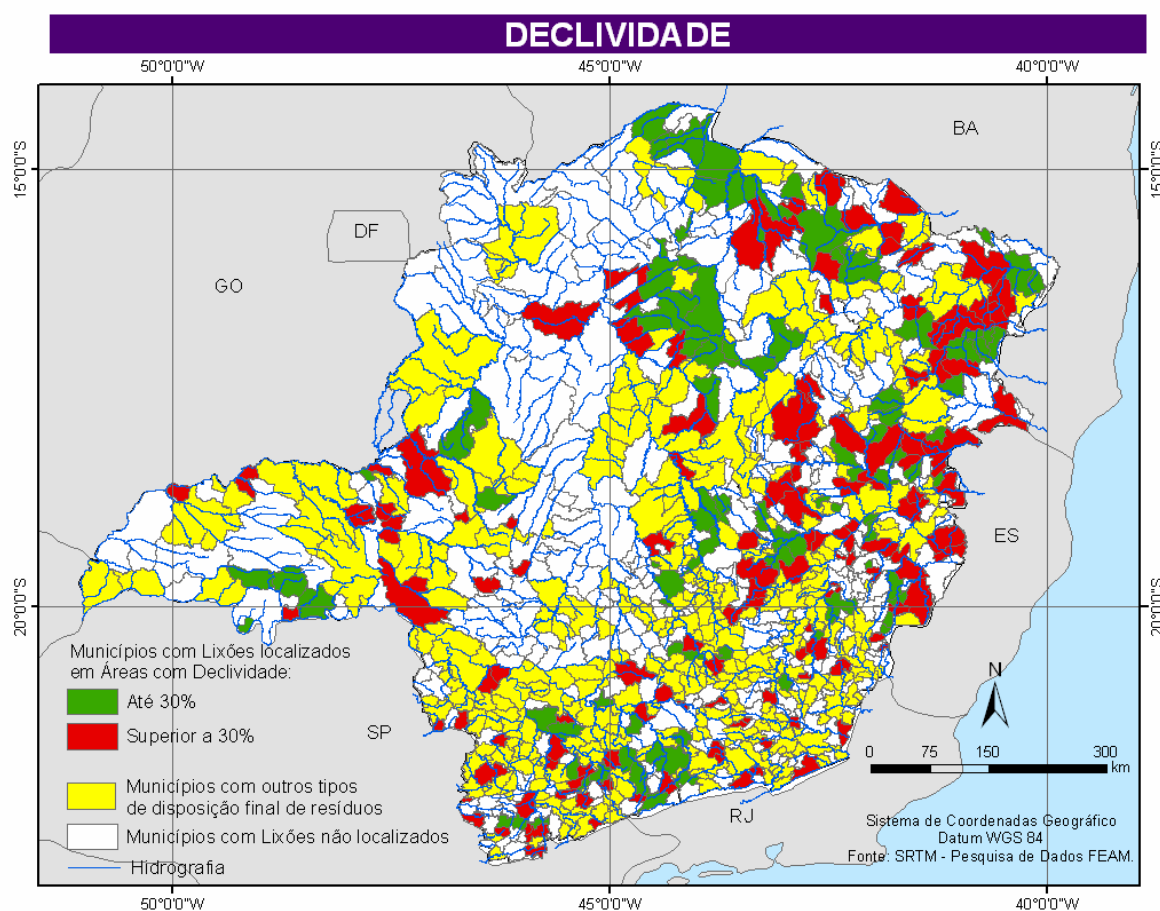


Figura 1 – Declividade em municípios com lixões em Minas Gerais

Segundo o IBGE, Minas Gerais possui um total de 19.273.506 habitantes. Deste total, 3.080.723 (16%) habitantes residem nos municípios com lixões localizados. Da população destes municípios com lixões localizados, 1.384.777 (45%) habitantes residem em municípios com os lixões localizados em áreas com declividade inferior a 30%. Os outros 1.695.946 (55%) habitantes dos demais municípios com lixões localizados residem em municípios que apresentam lixões localizados em áreas com declividade superior a 30%.

#### 4. Conclusões

Os municípios com lixões em áreas de declividade acentuada distribuem-se uniformemente, não se podendo afirmar que determinada região encontra-se em situação pior; Verifica-se uma maior concentração destes no leste do estado, entretanto seria necessário analisar a área em maior detalhe para encontrar alguma correlação local.

O resultado será aplicado em análise multi-critérios conjuntural dos municípios em relação aos seus locais de disposição de resíduos sólidos urbanos, como um plano de informação que será analisado com outras características que permitam um diagnóstico integrado destas áreas. Assim, a análise da declividade dos sítios se insere no desenvolvimento de uma ferramenta de análise que permita a categorização dos locais, com a proposição de medidas globais para categorias semelhantes, que unifiquem o diálogo e facilitem a tarefa dos administradores.

#### Referências Bibliográficas

Amorim, R.S.S., Silva, D. D., Pruski, F. F., Matos, A. T. - Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos - Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.1, p.124-130, 2001

Deliberação Normativa COPAM nº. 52, de 14 de dezembro de 2001 - Convoca municípios para o licenciamento ambiental de sistema adequado de disposição final de lixo e dá outras providências - Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 15/12/2001

Deliberação Normativa COPAM nº118, de 27 de Junho de 2008 - Altera os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa 52/2001, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, e dá outras providências. Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 01/07/2008)

Jardim, Niza Silva et al.(Coord.). Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. 1.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995. – (Publicação IPT 2163). 278p.

Lattanzi, A.R.; Meyer, L.D.; Baumgardner, M.F. Influences of mulch rate and slope steepness on interrill erosion. Soil Science Society of America. Journal, Madison, v. 38, n. 6, p. 946-950, 1974.

Rodriguez, E., C.S. Morris, J.E. Belz, E.C. Chapin, J.M. Martin, W. Daffer, S. Hensley, C. - An assessment of the SRTM topographic products, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 143 pp., 2005

Samizava, T. M., Kaida, R. H., Imai, N. H., Nunes, J. O. R. - Sig aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de Aterros Sanitários no município de Presidente Prudente – SP - Revista Brasileira de Cartografia No 60/01, Abril 2008. (ISSN 1808-0936)

Silveira, M. J., Wohlenberg, E. V., Gonçalves, C., Reichert, J. M., Reinert, D. J. – Influência da intensidade da chuva, horizonte e declividade do solo nas perdas de água - XIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, - Ilhéus, BA, 2000 – Disponível em [http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XIIIREuniao\\_Brasileira\\_Ilheus/731.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XIIIREuniao_Brasileira_Ilheus/731.pdf) , acessado em 04/09/2008.

Weber, Eliseu; Hasenack, Heinrich. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. Porto Alegre: UFRS, 2000. Disponível em: <[http://www.gisbrasil.com.br/indices\\_anais.asp?edicao=2000](http://www.gisbrasil.com.br/indices_anais.asp?edicao=2000)>. Acessado em: dez. 2003.