

# Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG)

*Geoprocessing used in the selection of areas for deployment of landfill in the municipality of Conceição das Alagoas (MG), Brazil*

Atalanta Nayara Carrilho<sup>1</sup>, Humberto Gois Candido<sup>2</sup>, Amilton Diniz Souza<sup>2</sup>

## RESUMO

Tendo em vista a grande quantidade de resíduos sólidos descartados nos lixões a céu aberto, contaminando o solo, as águas e o ar, observou-se a necessidade de fazer um estudo para melhoria e adequação da disposição final desses detritos. O objetivo principal foi identificar áreas potenciais para a construção de um aterro sanitário municipal, visando à redução dos impactos ambientais gerados pela disposição final incorreta desses resíduos no município de Conceição das Alagoas, Minas Gerais. A metodologia adotada no levantamento das áreas potenciais foi baseada em um mapeamento digital, utilizando técnicas de geoprocessamento. Em uma primeira etapa foram realizados os levantamentos das zonas restritivas e potenciais no município de Conceição das Alagoas para a implantação do aterro. Na segunda etapa foram avaliadas todas as áreas inseridas na zona potencial, nas quais se determinou seis áreas adequadas à implantação de aterro sanitário conforme critérios de restrição.

**Palavras-chave:** mapeamento; resíduos sólidos; legislação ambiental.

## ABSTRACT

Given the large amount of solid waste disposed in open dumps, contaminating the soil, the water and the air, there was a need to improve and adjust the final disposal of such waste. The main objective was to identify potential areas for the construction of a municipal landfill, in order to reduce the environmental impacts generated by incorrect disposal of this waste in the municipality of Conceição das Alagoas, Minas Gerais, Brazil. The methodology used in the survey of potential areas was based on a digital mapping using geographic information system techniques. In the first step, the surveys of restrictive and potential zones in the municipality of Conceição das Alagoas were conducted for the landfill implementation. In the second step, we evaluated all areas inserted in the potential zone, in which six areas were determined as suitable for the landfill deployment according to restriction criteria.

**Keywords:** mapping; solid waste; environmental legislation.

## INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos são gerados desde a origem do homem na terra. A natureza sempre degradou esses resíduos, porém, a partir da Revolução Industrial as quantidades foram se alterando, bem como suas características químicas, físicas e biológicas. Devido ao constante crescimento populacional e incentivo ao consumo, a geração desses detritos se intensificou ainda mais. O problema é que a capacidade de degradação pela natureza permaneceu a mesma (ALBERTIN *et al.*, 2010).

O contínuo aumento dos resíduos sólidos tem gerado uma preocupação e um envolvimento de diferentes setores da sociedade para estabelecer um adequado ciclo de produção-disposição final. As soluções

políticas só podem se consolidar por meio do correto embasamento técnico e científico. O método de disposição dos resíduos sólidos demanda estudos e ações que se embasem na correta disposição final em aterros sanitários (DALMAS *et al.*, 2011).

Segundo Crespo (2006), com a implantação de um aterro sanitário os impactos causados na disposição dos resíduos podem ser minimizados e gerenciados, considerando as técnicas para a acomodação dessas substâncias, bem como o local apropriado para se implantar um empreendimento desse porte.

A escolha de uma área onde será implantado e operado esse depósito é a primeira etapa de um projeto. Por isso entende-se que a designação

<sup>1</sup>Pós-graduada em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) - Uberaba (MG), Brasil.

<sup>2</sup>Professor no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) - Uberaba (MG), Brasil.

**Endereço para correspondência:** Atalanta Nayara Silva Carrilho - Rua Josepha de Salles Sene, 335 - Jardim Europa - 38120-000 - Conceição das Alagoas (MG), Brasil - E-mail: atalanta1986@hotmail.com

**Recebido em:** 19/11/2014 - **Aceito em:** 26/01/2017 - **Reg. ABES:** 142980

correta desse local consequentemente trará um bom desempenho desse aterro, sob os aspectos ambientais, técnicos, econômicos, sociais e de saúde pública (RECESA, 2008).

Em Conceição das Alagoas, Minas Gerais, os resíduos sólidos domiciliares são recolhidos por caminhões da prefeitura e destinados a um aterro controlado (FEAM, 2012). Esse depósito apresenta problemas, pois não atende às normas adequadas de destinação final de resíduos, por isso um dos critérios para se criar novos aterros sanitários é indicar um local apropriado, pois a área escolhida deve atender aos requisitos referentes a esse tipo de atividade, a qual é considerada causadora de impacto ambiental conforme a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 001/1986 (ANTONIO; RIBEIRO, 2011).

A utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) consegue delimitar áreas tecnicamente impróprias para localização do aterro sanitário, reduzindo em mais de 95% a área do território a ser estudada com mais profundidade. A sua utilização fundamenta-se na integração e análise de informações espaciais e descritivas, que permitem a simulação de várias alternativas de planos de disposição e resultam na avaliação integrada de aspectos técnicos, ambientais, legais, sociais e econômicos. Com a utilização do SIG as áreas indicadas como potencialmente viáveis à instalação do aterro sanitário podem ser hierarquizadas, permitindo ao tomador de decisão a escolha mais adequada aos padrões municipais para a realização dos estudos locais (LIMA; GUIMARÃES, 2000).

Portanto, este estudo tem como objetivo identificar áreas potenciais para a construção de um aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas, Minas Gerais, utilizando técnicas de geoprocessamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Conceição das Alagoas, situada na microrregião de Uberaba, estado de Minas Gerais, delimitada pelos paralelos 20°11'49" e 19°41'25,00", latitude sul e meridianos 48°37'00,00" e 48°05'30,00" longitude oeste. Possui área de 1.340,00 km<sup>2</sup>, altitude média de 606 m e população de 23.043 habitantes. O bioma que caracteriza a área é o cerrado. Seus principais cursos d'água são: Ribeirão das Alagoas, Rio Uberaba e Rio Grande (IBGE, 2010).

### Imagens de satélite e softwares

Na elaboração dos mapas foram utilizadas imagens do satélite RESOURCESAT-1 sensor LISS-III, bandas 2, 3 e 4; SIG SPRING versão 5.2.3, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (CÂMARA *et al.*, 1996) no qual foram gerados mapas da área de estudo: uso do solo; distâncias de estradas; distâncias de rios e distâncias de zona urbana.

### Critérios para seleção das áreas de aterro sanitário

As características analisadas para a seleção das áreas consideraram as indicações da Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 126, de 9 de outubro de 2008, que dispõe que os municípios mineiros que tenham população entre 20 e 30 mil habitantes ficam convocados para o licenciamento ambiental de sistemas adequados de tratamento ou destinação final de resíduos sólidos urbanos.

Os critérios citados no licenciamento ambiental dos aterros sanitários de pequeno porte foram considerados nas características analisadas para a seleção das áreas. Foram eles:

- vias de acesso ao local com boas condições de tráfego ao longo de todo o ano;
- respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental;
- uso de áreas com características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas ao uso pretendido;
- vida útil do aterro deverá ser superior a 15 anos;
- caracterização do local;
- prevenção e minimização dos impactos ambientais;
- plano de operação, acompanhamento e controle;
- apresentação dos estudos ambientais, incluindo projeto do aterro proposto, acompanhados de anotação de responsabilidade técnica (BRASIL, 2008).

As características analisadas para a seleção das áreas considerou as indicações da Deliberação Normativa COPAM nº 118, que determina que para a escolha da localização da área, implantação e operação do depósito de lixo devem ser atendidos os seguintes requisitos mínimos:

- a localização da área não poderá ocorrer, em nenhuma hipótese, em áreas erodidas, em especial em voçorocas, em áreas cársticas ou em áreas de preservação permanente (APP);
- solo de baixa permeabilidade e com declividade média inferior a 30%;
- distância mínima de 300 metros de cursos d'água ou qualquer coleção hídrica;
- área escolhida deve estar situada a uma distância mínima de 500 metros de núcleos populacionais;
- distância mínima de 100 metros de rodovias e estradas.

Os critérios adotados foram:

- tamanho da área e tempo de vida útil do aterro sanitário de, no mínimo, 20 anos;
- proximidade da zona de coleta (no máximo a 20 km de distância);
- afastamento mínimo de 2 km de zonas residenciais;
- distância de mais de 300 m de nascentes, corpos d'água e rios; e
- concordância com as leis ambientais (SANTOS; GIRARDI, 2007).

Considerando-se uma vida útil para o aterro sanitário de 20 anos do período de 2013 a 2033, e uma distância de no mínimo 20 km da zona urbana, foram realizados cálculos a fim de se obter a área mínima destinada à localização desse depósito.

Segundo Santos e Girardi (2007), para estimar a população da cidade no ano de 2033, a Equação 1 é utilizada:

$$Pop(f) = P(i) + (1 + d) ^ t \quad (1)$$

Em que:

P(i) é a população atual

d é a taxa de crescimento anual (supondo-se uma projeção aritmética); e t é o tempo em anos.

Assim, para uma população atual de 23.043 habitantes, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), uma taxa de crescimento de 34% desde 2000, e a estimativa da taxa de crescimento anual de 3,40%, tem-se a Equação 2.

$$Pop (2033) = 23.043 * (1 + 0.034) ^ 20 \quad (2)$$

Sabendo-se a população em 2033, é possível aferir o volume de resíduo produzido. De acordo com o IBGE (2005), citado por Mucelin e Bellini (2008), produzem-se 1,2 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de lixo domiciliar. A quantidade de lixo a ser produzida em 2033, portanto, será a obtida com a Equação 3.

$$Q (2033) = Pop (2033) * 1,2 \quad (3)$$

A partir desse cálculo pode-se agora medir o volume de resíduo produzido diariamente. Segundo Haddad (1994), citado por Ribeiro (2011), o peso específico do lixo compactado é P(e) = 500 a 700  $\frac{kg}{m^3}$ . Portanto, considerando o pior caso (Equação 3) em que  $V(diário) = Q (2033) / 700$ , o volume produzido em 2033 será o expresso pela Equação 4.

$$V (2033) = V(diário) * 365 * 20 \quad (4)$$

Considera-se aqui a não realização da triagem, compostagem e coleta diferenciada dos resíduos, condições exigidas pela Lei nº 12.305/2010 e requisito para se ter um aterro sanitário.

Desconsidera-se nesse caso a taxa de ocupação do terreno (espaço ocupado exclusivamente por “lixo”), excluindo aquele em que se aplica cobertura por solo.

A Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008, estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos e delibera que são assim considerados aqueles que apresentam uma disposição de até 20 toneladas de detritos urbanos por dia (BRASIL, 2008).

A área mínima a ser calculada para o aterro sanitário considera altura máxima (h) de 6 m na qual o lixo pode ser empilhado, conforme a Equação 5. Leva-se em conta que h é a cobertura por solo e H é a ocupação por lixo, acrescendo a operação da compactação, que reduz em torno de 33% o volume.

$$A (mínima) = V(2033) / h \quad (5)$$

Nesse cálculo não é necessário considerar variações de densidades ou condições dos resíduos que não foram submetidos à triagem prévia.

A partir dos critérios adotados para a instalação do aterro sanitário, inclusive a importância e/ou vulnerabilidade ambiental, foram produzidas tabelas de pesos para a determinação de distâncias em relação a rios, estradas e zona urbana.

Na elaboração do mapa de uso do solo (Figura 1) atribuíram-se os pesos dispostos na Tabela 1.

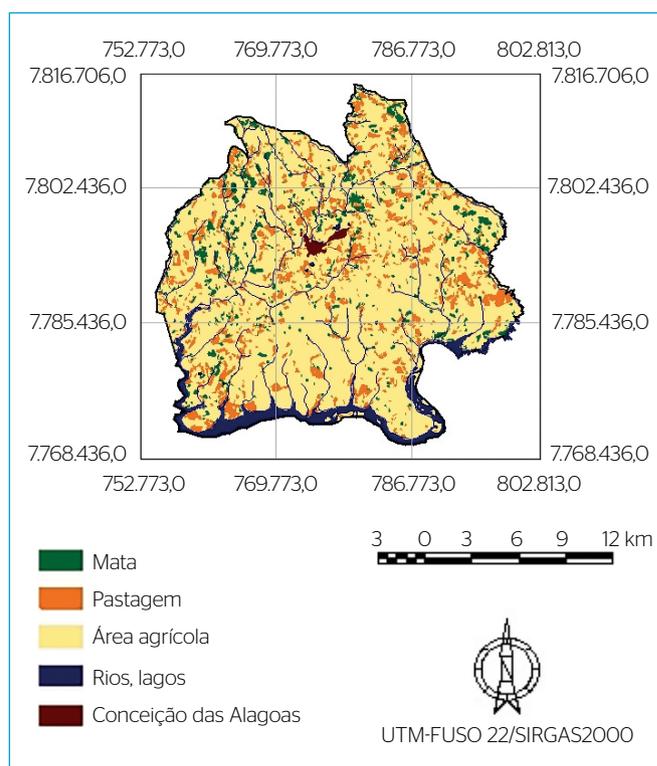


Figura 1 - Mapa de uso do solo de Conceição das Alagoas.

Tabela 1 - Distribuição dos pesos das áreas de uso do solo.

Classificação	Peso
Área urbana (Conceição das Alagoas)	0
Área agrícola	5
Pastagem	10
Mata	0
Rios, lagoos	0

Os mapas temáticos de distâncias em relação a rios, estradas e zona urbana foram produzidos por meio de um modelo numérico e seu fatiamento, obtendo-se um mapa temático de acordo com as tabelas de classes. Posteriormente, por intermédio da linguagem espacial para geoprocessamento algébrico (LEGAL), foram atribuídos pesos a cada classe fatiada, gerando novamente um modelo numérico no qual cada pixel está associado a um peso que corresponde às distâncias de estradas, rios ou zona urbana mais próximas. A álgebra de mapas é implementada pela LEGAL, uma linguagem de consulta e manipulação espacial que realiza operações sobre dados do tipo temático, modelo numérico de terreno e imagem.

Na elaboração do mapa de distâncias de rios (Figura 2), foram aplicados os pesos dispostos na Tabela 2, na do mapa de distâncias de estradas (Figura 3) foram utilizados os pesos constantes na Tabela 3.

Já na elaboração do mapa de distâncias de zona urbana (Figura 4), aplicaram-se os pesos dispostos na Tabela 4.

Para elaborar o mapa final (Figura 5) também se utilizou a linguagem de programação LEGAL, por meio da qual foram feitos o cruzamento dos mapas de distâncias de rios, estradas, zona urbana e mapa de uso do solo, e o cálculo da média geométrica do peso de cada pixel. Finalmente gerou-se uma tabela na qual foram definidas classes com as variações dos pesos para determinar áreas adequadas ou inadequadas para a implantação de aterro sanitário (Tabela 5).

A declividade não foi considerada neste trabalho, pois cerca de 98% da área apresenta declividade variando em torno de 0 a 10%, não sendo, portanto, um fator impeditivo para a instalação de aterro sanitário.

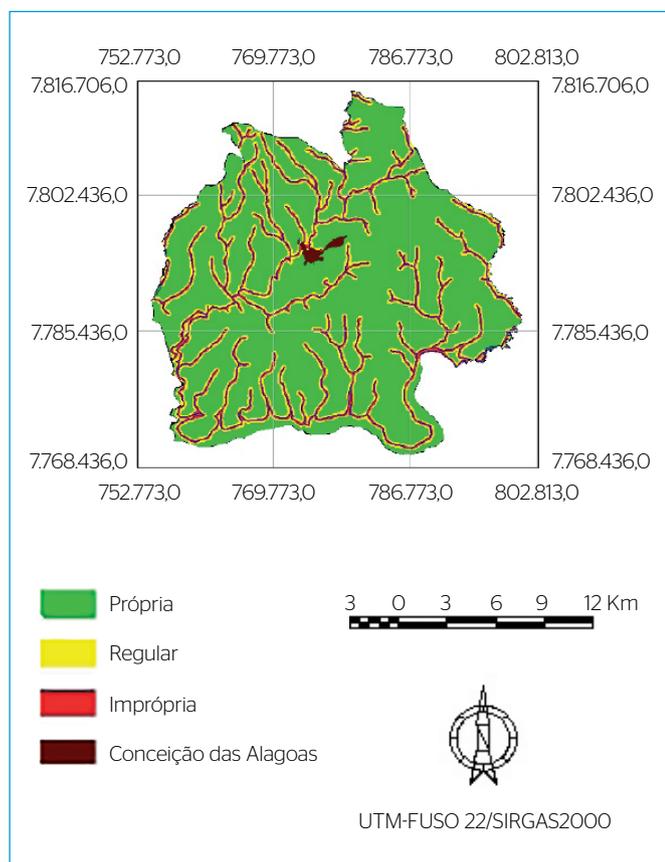


Figura 2 - Mapa de distâncias de rios.

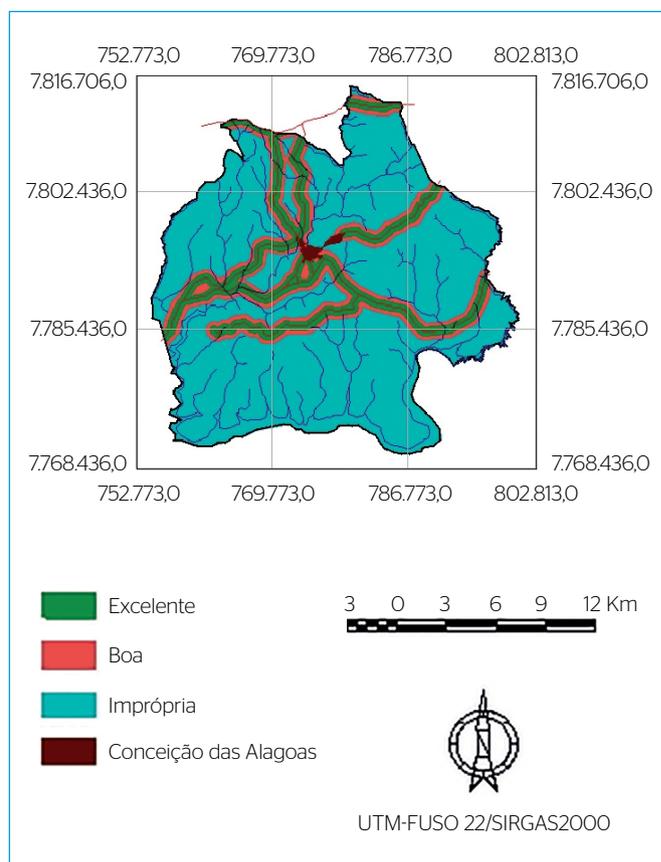


Figura 3 - Mapa de distâncias de estradas.

Tabela 2 - Pesos atribuídos para elaboração do mapa de distâncias de rios.

Classificação	Distância (m)	Peso
Imprópria	0 a 200	0
Regular	200 a 400	5
Própria	Maior que 400	10

Tabela 3 - Notas atribuídas para elaboração do mapa de distâncias de estradas.

Classificação	Distância	Peso
Imprópria	> 1 km	2
Boa	500 m a 1 km	5
Excelente	< 500 m	10

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com as equações descritas na metodologia foram os seguintes. Os cálculos da Equação 1 indicam que a população em 2033 será:

$$\text{Pop (2033)} = 23.043 * (1 + 0.034) ^ 20$$

$$\text{Pop (2033)} = 44.9723,78 \text{ hab}$$

A quantidade de lixo produzido (Equação 2) será dada por:

$$Q (2033) = 44.792,78 * 1,2$$

$$Q (2033) = 53.967,33 \text{ Kg/dia}$$

Portanto, considerando o pior caso  $V$  (diário) =  $53.967,33/700 = 77,1 \text{ m}^3$  (Equação 3), o volume produzido em 2033 será:

$$V (2033) = 77,1 * 365 * 20$$

$$V (2033) = 562.830,00 \text{ m}^3$$

A área mínima a ser calculada para o aterro sanitário considera altura máxima ( $h$ ) de 6 m na qual o lixo poderá ser empilhado, logo, tem-se:

$$A (\text{mínima}) = 562.830,00/6$$

$$A (\text{mínima}) = 9,38 \text{ ha}$$

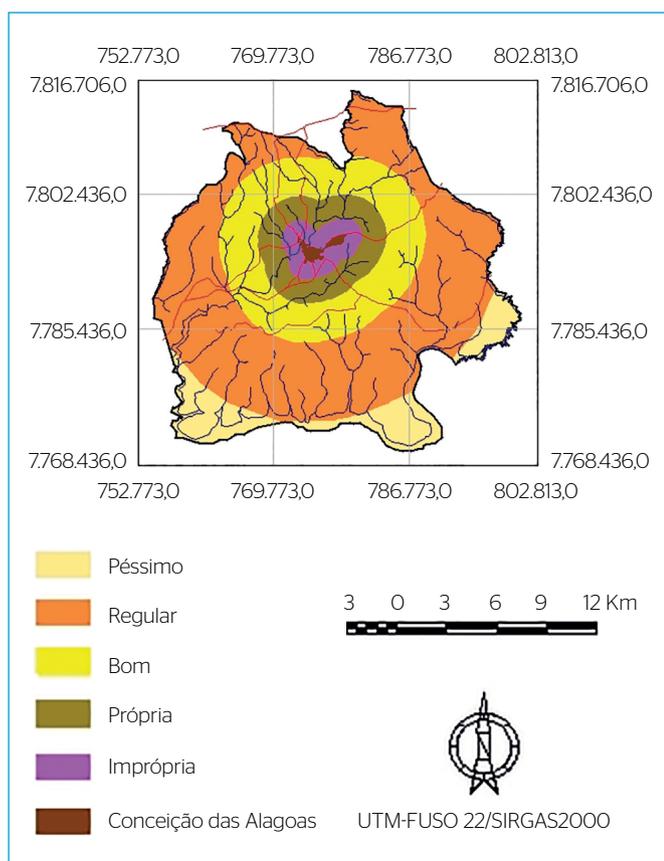


Figura 4 - Mapa de distâncias de zona urbana.

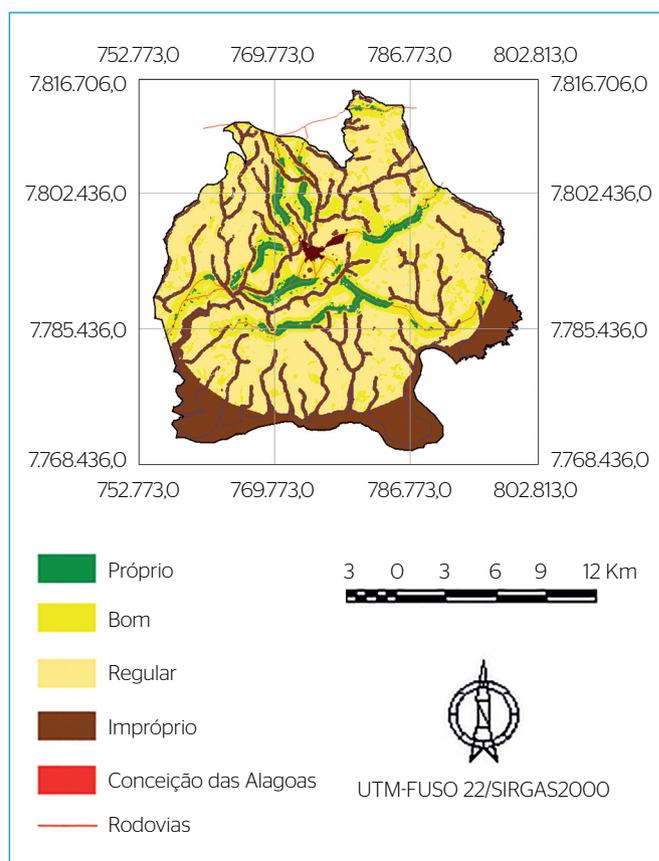


Figura 5 - Mapa de áreas adequadas e inadequadas para a implantação de aterro sanitário em Conceição das Alagoas, Minas Gerais.

Tabela 4 - Pesos atribuídos para elaboração do mapa de distâncias de zona urbana.

Classificação	Distância (km)	Peso
Péssima	> 20	0
Imprópria	0 a 2	3
Regular	10 a 20	5
Bom	5 a 10	7
Própria	2 a 5	10

Tabela 5 - Pesos para definição das áreas adequadas ou inadequadas para a implantação do aterro sanitário.

Classificação	Peso
Impróprio	0 a 4
Regular	4 a 7
Bom	7 a 9
Próprio	9 a 10

Assim, a área mínima que deve ser reservada para a implantação de um aterro sanitário com vida útil de 20 anos no município de Conceição das Alagoas, Minas Gerais, deve ser de 9,38 ha.

Trabalhos similares consolidam o emprego do geoprocessamento, em especial o SIG SPRING, na seleção e no mapeamento de áreas de aterros sanitários (GIRARDI; SANTOS, 2007).

A Figura 5 mostra o mapa de áreas adequadas e inadequadas para a implantação do aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas, Minas Gerais.

## CONCLUSÃO

O geoprocessamento mostrou-se uma ferramenta eficaz e de baixo custo na determinação de áreas adequadas para a implantação de aterro sanitário.

No município de Conceição das Alagoas foram encontradas seis áreas adequadas para a instalação de aterro sanitário, que estão descritas na Figura 5 e correspondem à cor verde. Na definição da melhor área, entre as seis classificadas, estudos mais detalhados devem ser feitos, especialmente sobre geologia, hidrogeologia, pedologia e geomorfologia.

## REFERÊNCIAS

- ALBERTIN, R.M.; MORAES, E.; ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B.L.D.; CORVELONI, E.; SILVA, F.F. (2010) Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Flórida Paraná. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 4, n. 2, p. 118-125.
- ANTONIO, J.N.; RIBEIRO, S.R.A. (2011) Mapeamento de áreas potenciais à implantação de aterro sanitário em Guarapuava (PR), com uso de redes neurais artificiais. *Ambiência*, Guarapuava, v. 7, n. 3, p. 515-533.
- BRASIL. (2008) Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução Conama nº 404, de 11 de novembro de 2008*. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Brasília.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. (1996) SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS By Object Oriented Data Modelling. *Computers & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403.
- CRESPO, D.P. (2006) *Estudo de viabilidade ambiental para implantação do Aterro Sanitário de Canaã dos Carajás*. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- DALMAS, F.B.; GOVEIRA, S.S.; OLIVEIRA, F.R.; AMARAL, C.H.; MACEDO, A.B. (2011) Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11 - Ribeira de Iguape e Litoral Sul. *Geociências*, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 285-299.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). (2012) Classificação e panorama da disposição final dos resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. *Censo IBGE*.
- GIRARDI, A.G.; SANTOS, J.S. (2007) Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). p. 5491-5498.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Minas Gerais: Conceição das Alagoas*. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=311730>>. Acesso em: 13 jun. 2013.
- LIMA, G.S.A.; GUIMARÃES, L.T. (2000) Metodologia para seleção de áreas para implantação de aterro sanitário municipal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2000, Volta Redonda. *Anais...* Volta Redonda. p. 1-10.
- MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). (2008a) Deliberação Normativa COPAM nº 118, 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. Belo Horizonte.
- \_\_\_\_\_. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). (2008b) Deliberação Normativa COPAM nº 126, de 9 de outubro de 2008. Convoca os municípios com população entre vinte e trinta mil habitantes ao licenciamento ambiental de sistemas adequados de tratamento ou destinação final de resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte, 2008.
- MUCELIN, C.A.; BELLINI, M. (2008) Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124.
- REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL (RECESA). (2008) *Resíduos Sólidos*. Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários. Guia do profissional em treinamento - Nível 2. Organização de Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte. 112 p.
- RIBEIRO, V.V.P. (2011) *Aplicação de sistema de informação geográfica na identificação de área para aterro sanitário*. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistema de Informação Geográfica) - Centro de Informação Geográfica, Universidade Católica de Moçambique, Beira, Moçambique.
- SANTOS, J.S.; GIRARDI, A.G. (2007) Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: INPE. p. 5491-5498.