

## I-018 – ESCOLHA DE ÁREAS POTENCIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO UTILIZANDO SIG: ESTUDO DE CASO

**Fernando Luiz Braga<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pelas Faculdades Santo Agostinho de Montes Claros.

**Sheila Cristina Martins Pereira<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Saneamento Ambiental pela UFV. Professora dos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia de Produção e Engenharia Civil das Faculdades Santo Agostinho de Montes Claros. Consultora ambiental.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** e-mail: [fernando-eng.ambiental@hotmail.com](mailto:fernando-eng.ambiental@hotmail.com)

<sup>(2)</sup> Rua Osmane Barbosa, 937 - JK - Montes Claros - MG - CEP: 39.404-006 - Brasil - Tel: (38) 3690-3626 - e-mail: [sheilacivil@yahoo.com.br](mailto:sheilacivil@yahoo.com.br)

### RESUMO

O crescente aumento populacional fez surgir um grande problema do saneamento ambiental dos dias atuais, os resíduos sólidos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece que os municípios não poderão destinar seus resíduos em lixões ou aterros controlados. Uma possibilidade será a destinação em aterros sanitários. Neste sentido, a demanda de áreas para a destinação final dos resíduos tem sido uma preocupação aos gestores municipais, devido à grande geração de lixo e aos critérios para a escolha de áreas para a implantação dos aterros. Na identificação dessas novas áreas o geoprocessamento demonstrou-se como ferramenta de uso de grande importância. O presente trabalho visa identificar possíveis áreas para disposição dos resíduos sólidos urbanos (RSU), demandando de técnicas de geoprocessamento aplicando critérios e fatores de escolha. Fez-se necessário utilizar um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para o processamento de dados cartográficos como distância de vias urbanas, malha urbana e rede de drenagem, e dados topográficos como declividade, a fim de delimitar as áreas com maior aptidão. Com o SIG foi possível fazer o uso de algoritmos de programação permitindo uma maior acurácia na obtenção do mapa de aptidão, uma vez que foram padronizados dados definindo limites. Com a utilização do algoritmo e a interpolação de dados geraram-se mapas tendenciosos, discriminando áreas irregulares e outras áreas que por algum motivo não seria viável a utilização das mesmas, ocasionando a redução de custos operacionais que poderiam inviabilizar a instalação do aterro sanitário. Com o SIG foi possível integrar informações espaciais permitindo a gestão do uso do solo, sendo de grande valia a visita *in loco* não descartando a mesma. O método utilizado demonstra o claro potencial das ferramentas disponíveis em alguns SIG's constituindo uma ferramenta de suma importância na tomada de decisões, sem mencionar a praticidade, resultando em avaliações mais rápidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos Urbanos, Gerenciamento, Destinação Final, Aterro Sanitário.

### INTRODUÇÃO

Segundo informações da Abrelpe (2012), em 2012 foram gerados no Brasil 62,7 milhões de toneladas de resíduos sólidos. É o aumento da geração de resíduos acarreta em um problema que é a escassez de áreas para implantação de aterros sanitários nos municípios. Neste contexto, A Lei Federal 12.305, de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece que somente os rejeitos poderão ter destinação final em aterros sanitários, ou seja, os materiais que não podem mais ser reaproveitados ou reciclados.

Na cidade de Montes Claros – MG, objeto de estudo, é considerada cidade pólo do norte de Minas Gerais. Sendo assim está acontecendo um aumento populacional significativo, o que requer medidas preventivas para o controle de problemas ambientais que podem ser ocasionados devido a esse crescimento, como o aumento na geração de resíduos sólidos. Atualmente a cidade utiliza para destinação final dos resíduos gerados um lixão, não sendo a forma mais correta para destinação dos mesmos, uma vez que a legislação limita para municípios de grande porte a utilização de um aterro sanitário.

Para a disposição adequada dos resíduos em aterros sanitários, a escolha de áreas que atendam aos critérios ambientais, sociais e econômicos se torna cada vez mais difícil pela crescente geração de resíduos e crescimento populacional no município. Sendo assim, Santos e Girardi (2007) os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem ser utilizados para encontrar áreas aptas para a disposição final de resíduos sólidos, na possibilidade de aquisição de dados por ser prático e de baixo custo.

Segundo Burrough e McDonnel (1998) *et al. apud* Rocha (2007) SIG “é um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real para um objetivo específico”. A aplicação de um sistema de informação geográfica possibilitou a elaboração de um mapa de potencial para instalação de aterro sanitário de forma prática de grande importância na área ambiental

O objetivo deste trabalho propõe identificar áreas aptas à implantação de um aterro em uma cidade de Montes Claros-MG, com a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio da sistematização de dados geográficos na região próxima à malha urbana e geração de mapas temáticos para variáveis de declividade, distância de corpo d’água, distância de malha urbana e distância de vias.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho tem como área de estudo a cidade de Montes Claros localizada na região norte de Minas Gerais. Segundo IBGE (2013), é um município com 3.568,941 km<sup>2</sup> de área, com 370.216 habitantes estimados em 2012, possuindo coordenadas geográficas de latitude 16° 43’ 41’’ e longitude 43° 51’ 54’’ onde as principais atividades econômicas são comércio, serviços e indústria. Tem como vegetação predominante o cerrado com ocorrência de áreas de transição cerrado/caatinga (FIGURA 1).

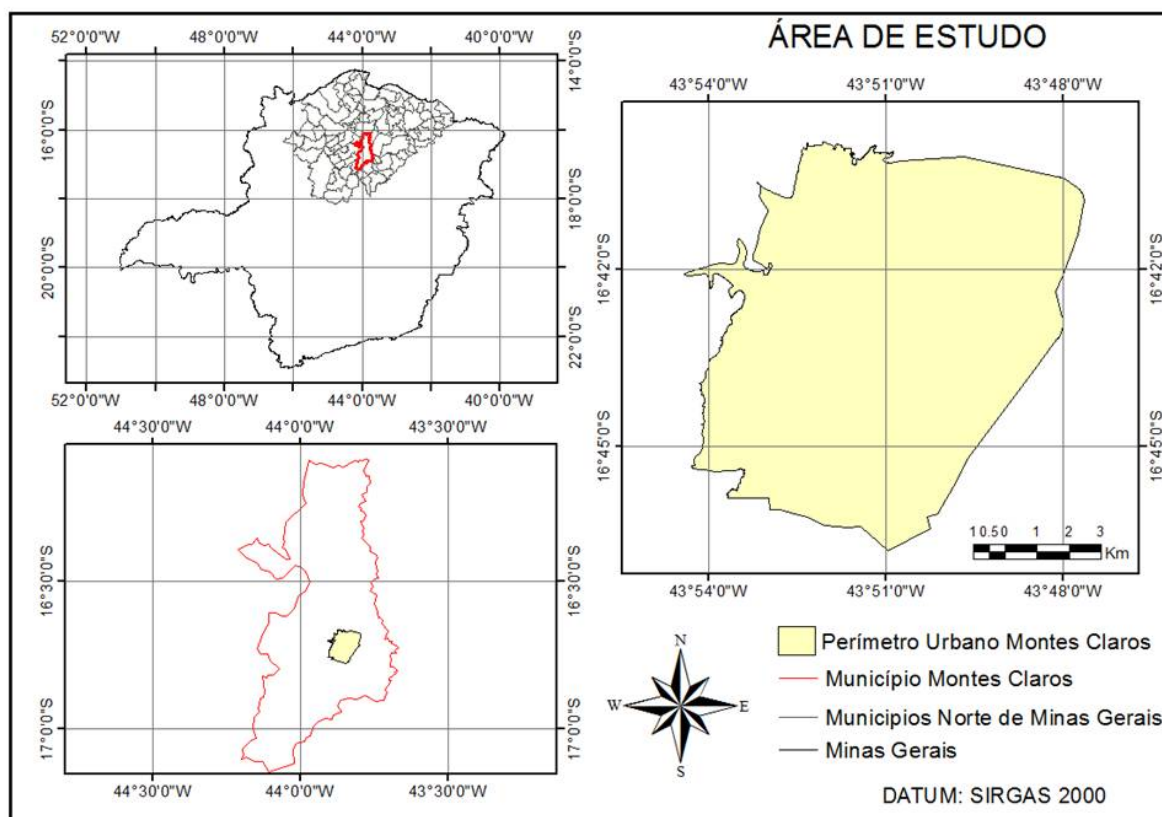


Figura 1: Mapa da localização do município de Montes Claros-MG

#### Área do aterro:

Considerando a vida útil do aterro sanitário para 20 anos (2012 a 2032) e que ele deve ser localizado a, no mínimo, 20 km da zona urbana, os cálculos foram realizados para a obtenção da área mínima destinada à localização do aterro sanitário.

População estimada em 2012 = 370.216 (IBGE, 2012).

Para calcular a taxa de crescimento anual (d):

População 2002	População 2012	Taxa de crescimento anual
318.916 hab	370.216 hab	3,52 %

$$Pop_{(2032)} = P_{2012} \times (1 + d)^t \quad (1)$$

$$Pop_{(2032)} = 370.216 \times (1 + 0,0352)^{20} = 739.503,87$$

Para a estimativa da geração de resíduos, atualmente a geração per capita é de 0,8 kg/hab.dia. Logo, para 2032, a geração de resíduos será 519.603 kg/dia. Segundo Haddad (1994) *apud* Santos e Girardi (2007), os valores do peso específico do lixo compactado situam-se entre 500 a 700 kg/m<sup>3</sup>. Portanto, considerando o mais conservador, o volume produzido em 2032 será:

$$V_{diário} = Q_{\left(\frac{kg}{dia}\right)} \div 700 \text{ (dado em } m^3) \quad (2)$$

$$V_{diário} = 519.603,096 \div 700 = 742,290 \text{ } m^3 / dia$$

$$V_{(2032)} = V_{(diário)} \times 365 \times n \text{ (dado em } m^3 / dia)$$

$$V_{(2032)} = 742,290 \times 365 \times 20 = 5.418,717 \text{ } m^3 / dia$$

Finalizando, a área mínima para implantação de um aterro sanitário pode ser calculada. Tendo como altura máxima (h) 6 m na qual o lixo pode ser empilhado, tem-se:

$$A_{mínima} = V_{(2032)} \div h \text{ (dado em } m^2) \quad (3)$$

$$A_{mínima} = 5.418,717 \div 6 \times 0,0001^* = 90,31195 \text{ } ha$$

A metodologia se baseia em encontrar as possíveis áreas para implantação de um aterro sanitário com a utilização de Sistema de Informação Geográfica, obedecendo à legislação vigente. As distâncias foram orientadas conforme Lima (2001) como mostra Tabela 1.

Para cada critério analisado atribui-se notas (pesos) de forma a estabelecer limites para ponderação. Essas notas adotadas levaram em consideração os trabalhos de Santos e Girardi (2007) e órgãos como Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas (CPU) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1995). A partir dos critérios adotados foram gerados mapas ponderados com pesos subjetivos.

Através do SPRING (CÂMARA *et al.*, 1996), foi realizado o fatiamento do plano de informação declividade no modelo numérico utilizando os valores contidos na Tabela 2, gerando assim o mapa temático para a classe declividade.

**Tabela 1: Critérios utilizados**

Critério	Descrição
Área Urbana	Foi estipulada uma distância mínima de 2 km, uma vez que valores menores apresentam áreas muito próximas da área urbana. Não existe definida em legislação as distâncias exatas para implantação de um aterro, sendo assim foram analisados fatores inerentes ao mesmo.
Vias Urbanas	Foram atribuídas distâncias de forma a garantir menor custo e mobilidade para os veículos transportadores de resíduos. Não existe distância definida na legislação.
Rede de Drenagem	Considerou-se uma distância mínima de 200 m da rede de drenagem, uma vez que áreas menores que 200 m podem acarretar em danos aos <b>corpos d água</b> por estarem muito próximas ao empreendimento, assim também limitando as áreas de APP.
Declividade	Regiões com declividade acima de 20% foram consideradas como inaptas, uma vez que nessa faixa o terreno se torna muito inclinado.

Fonte: Lima (2001)

**Tabela 2: Pesos do mapa de declividade**

Classificação	Declividade (%)	Notas
Imprópria	> 20	0
Regular	0 - 2	3
Péssima	15 - 20	5
Boa	2 - 5	7
Própria	5 - 15	10

Na Tabela 3 é apresentado o critério para distância da área urbana.

**Tabela 3: Pesos do mapa de distância da zona urbana**

Classificação	Distância (km)	Notas
Péssima	> 20	0
Imprópria	0 - 2	3
Regular	10 - 20	5
Bom	5 - 10	7
Próprio	2 - 5	10

Para as vias de acesso/rodovias, não há distâncias mínimas ou máximas definidas na legislação. No entanto foram adotadas distâncias compatíveis economicamente visando redução dos custos. A Tabela 4 apresenta as distâncias adotadas e a classificação para cada uma.

**Tabela 4: Pesos do mapa de distância da zona urbana**

Classificação	Distância (km)	Notas
Péssima	> 20	0
Imprópria	0 - 2	3
Regular	10 - 20	5
Bom	5 - 10	7
Próprio	2 - 5	10

Assim como a distância de malha urbana, não há distâncias mínimas ou máximas definidas na legislação que especifiquem as distâncias para vias de acesso/rodovias. No entanto foram adotadas distâncias compatíveis economicamente visando redução dos custos. Na Tabela 5 são apresentadas as distâncias adotadas e a classificação para cada uma.

**Tabela 5: Pesos do mapa de distância da rede viária**

Classificação	Distância (m)	Notas
Excelente	< 500	10
Boa	500 - 1000	5
Imprópria	> 1000	2

O presente trabalho utilizou o método *Analytic Hierarchy Process* – AHP (Processo de Análise Hierárquica) para tomada de decisão. Através da aplicação do método AHP criou-se um modelo racional onde foi possível combinar os dados resultantes dos mapas normalizados gerando um mapa de aptidão com as possíveis áreas adequadas para implantação de aterro sanitário.

Por meio da geração dos pesos para cada variável no item anterior foi possível a ponderação dos mapas de declividade, distância da rede de drenagem, distância de vias e distância de malha urbana, criando assim um mapa de aptidão no formato MNT. Para melhor entendimento esse mapa foi fatiado gerando um mapa temático com classes de “0” a “10” com intervalos de fatiamento de um para um. Todo o processo foi realizado na Linguagem LEGAL do *SPRING* (CÂMARA *et al.*, 1996).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

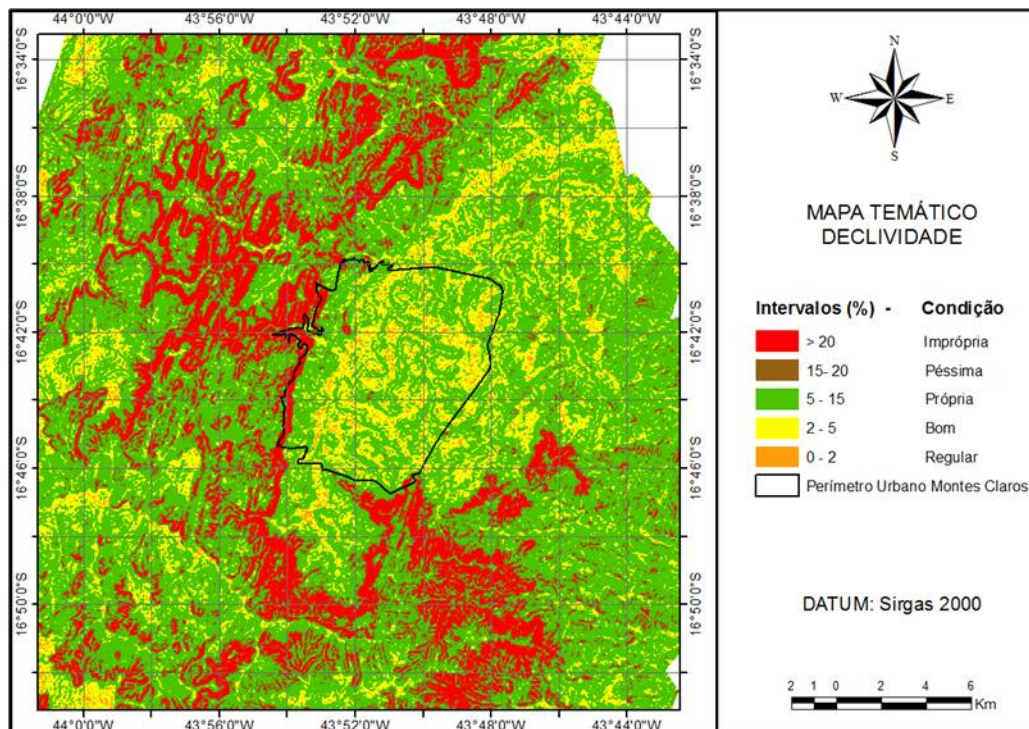
Com a criação de um banco de dados geográfico foi possível obter dados que permitiram relacionar variáveis para geração de mapas temáticos abordando os critérios para escolha da área adequada para implantação de um aterro sanitário.

Assim geraram-se mapas temáticos das categorias de declividade, distância de corpo d’água, distância de malha urbana e distância de vias para a elaboração do mapa final com possíveis áreas aptas à implantação de um aterro sanitário, uma vez que o mesmo necessita dos presentes mapas.

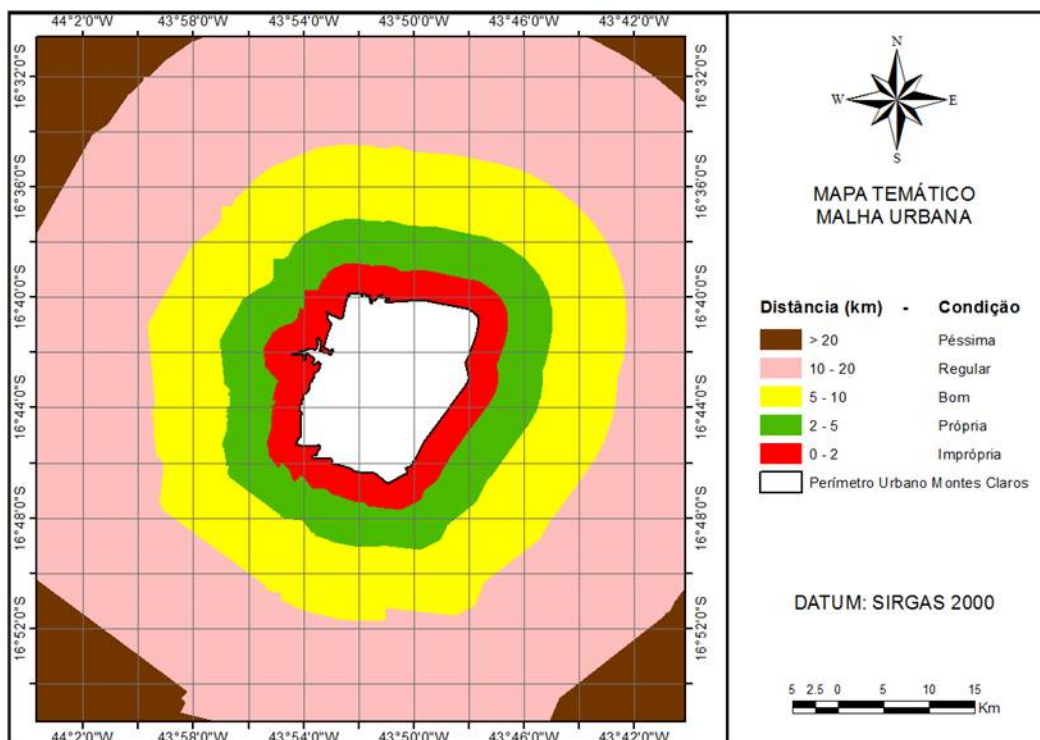
Com base nos dados SRTM, foi possível o levantamento da classe declividade (Montes Claros) e, posteriormente, a elaboração de um mapa temático (FIGURA 2).

Na Figura 2, observa-se a predominância de áreas com declividade entre 5 a 15 %, sendo estas, áreas adequadas para implantação de aterro sanitário conforme metodologia utilizada. De acordo com o mapa, a cidade de Montes Claros tem predominância de declividade entre 2 a 15%, tendo ao seu redor a incidência de áreas com alta declividade, acima de 20%, o que caracteriza áreas inadequadas para aterro sanitário.

Como cidade pólo do norte de Minas Gerais, Montes Claros está passando por um processo de crescimento tanto populacional como econômico de grande ascensão, acarretando assim na escolha de uma área não tão próxima do perímetro urbano para implantação de um aterro sanitário. O perímetro urbano da cidade possui uma área de aproximadamente 10,117 ha, e através dele foi possível gerar um mapa de distâncias representado a seguir (FIGURA 03).

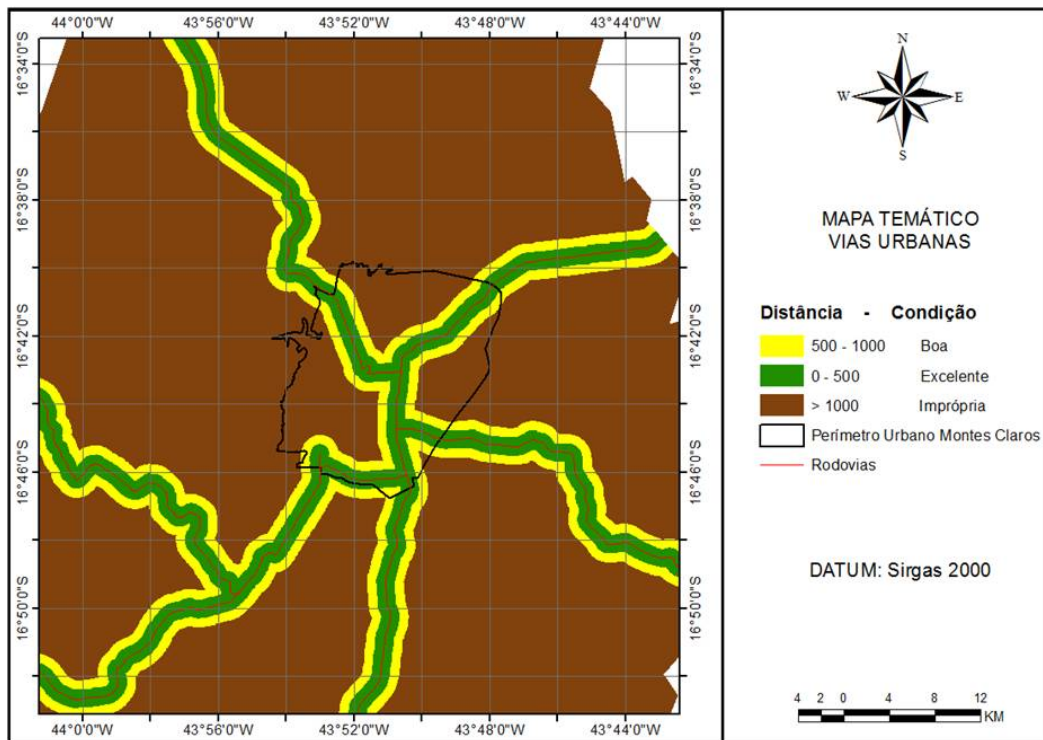


**Figura 2: Mapa da declividade do município de Montes Claros-MG**



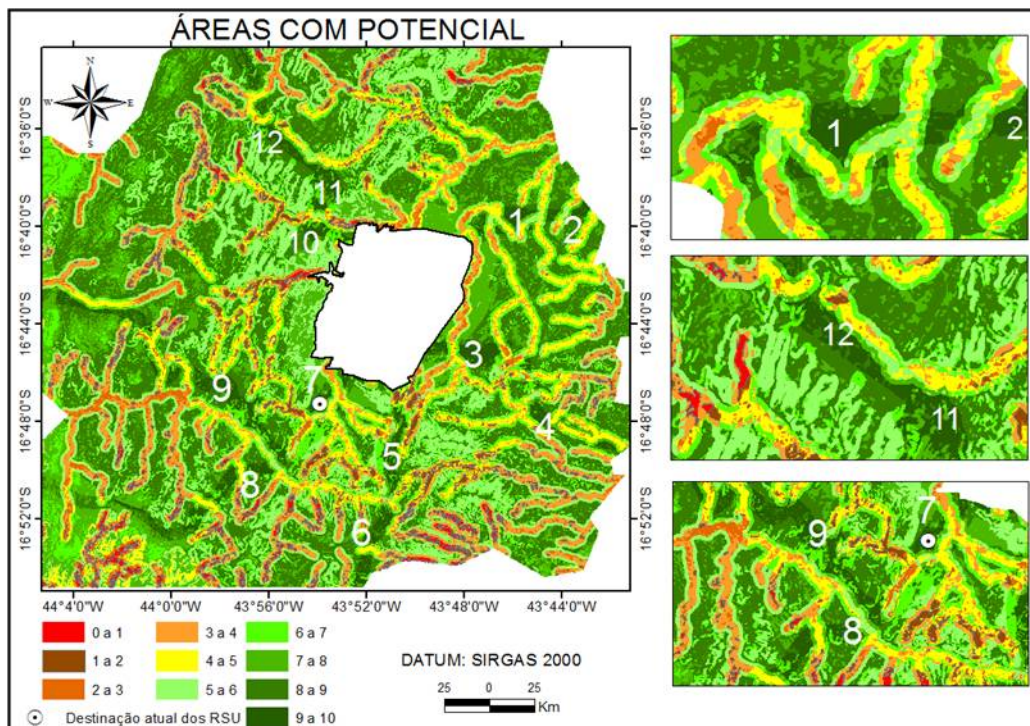
**Figura 3: Mapa da malha urbana**

Por meio do mapa de distâncias do perímetro urbano foi possível definir a área correta para implantação do aterro, sendo ela ocupando uma faixa de 2 a 5 km a partir do perímetro urbano como mostra na Figura 4. Levando em consideração os fatores correlacionados com a distância permissível para implantação do aterro sanitário essa área não ocasiona transtornos à população por estar distante da área urbana.



**Figura 4: Mapa de distância das vias**

O mapa final mostrando as áreas com maior e menor aptidão para implantação de aterro sanitário, criado a partir da sobreposição dos mapas de declividade e distancias e da aplicação do método AHP para tomada de decisão, é demonstrado a seguir (FIGURA 5).



**Figura 5: Áreas aptas para a implantação do aterro sanitário em Montes Claros-MG**

O mapa final mostrando as áreas com maior e menor aptidão para implantação de aterro sanitário, criado a partir da sobreposição dos mapas de declividade e distâncias e da aplicação do método AHP para tomada de decisão.

Com o mapa final gerado foram encontradas 12 áreas próprias para implantação do aterro sanitário, localizadas próximas a Montes Claros. Como pode ser observado no mapa, as áreas com maior aptidão estão representadas pela coloração verde escuro com grau de aptidão entre 9 a 10. Todas as áreas relacionadas têm capacidade suficiente para suprir a área demandada para implantação do aterro, que segundo o cálculo é de 90,31 ha.

É de suma importância salientar que não foi possível trabalhar com outras variáveis relevantes para a escolha de áreas para implantação de um aterro sanitário, como composição do solo, por não haver dados específicos levantados a nível representativo do estudo.

## CONCLUSÃO

A utilização do geoprocessamento para desenvolvimento deste trabalho possibilitou a caracterização de áreas com aptidão para implantação de aterro sanitário no entorno da cidade.

Com a utilização de ferramentas do SIG SPRING foi possível utilizar diversos dados cartográficos e posteriormente ponderá-los de forma a obter os resultados esperados. Assim foi possível gerar um mapa temático das possíveis áreas para implantação de um aterro sanitário, bem como quantificar as mesmas.

Dessa forma, demonstrou-se a eficiência da utilização do geoprocessamento neste tipo de estudo, uma vez que se apresenta uma alternativa viável em termos de rapidez e custos. Entretanto, a utilização desta tecnologia não dispensa trabalhos de campo como parte dos estudos, visto que o mesmo é uma orientação para uma análise prévia, melhorando principalmente a qualidade dos dados utilizados nos trabalhos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf> Acesso em: 14/04/2013.
2. BRASIL. Lei 12.305, 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2010.
3. CAMARA, G., Souza, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remotesensing and GIS by object-oriented data modelling. In: Computers & Graphics, 20: (3) 395-403. May-Jun. 1996.
4. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> acessado em 01/10/2013.
5. IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado. Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE), 1995.
6. LIMA, G. S. Metodologia para seleção de áreas para implantação de aterro sanitário municipal. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. ABES, 2001.
7. SANTOS, J. S.; GIRARDI, A. G. Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegre-RS. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE, 2007. Artigos, p. 5491-5498. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.19.52/doc/5491-5498.pdf>>. Acesso em: 16/11/2012.
8. ROCHA, C. H. B.. Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora, MG, 2007.