



BEATRIZ FONSECA DOMINIK CAMPOS

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO
DE ATERRO SANITÁRIO EM OLIVEIRA, MG**

LAVRAS – MG

2020

BEATRIZ FONSECA DOMINIK CAMPOS

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO
DE ATERRO SANITÁRIO EM OLIVEIRA, MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso de
Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção
do título de Bacharel.

Prof(a). Dr(a). Camila Silva Franco

Orientadora

Dr(a). Margarete Marin Lordelo Volpato

Coorientadora

LAVRAS – MG

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser sempre meu guia durante a caminhada, e por ter me dado força para seguir em frente e por me fazer acreditar que seria possível.

Aos meus pais Ricardo e Nercy, por todo amor, carinho e ensinamento transmito a mim, por muitas vezes abrirem mão de tudo para apoiar meus sonhos, e por estarem sempre ao meu lado. Ao meu irmão Felipe, por sempre me apoiar.

Ao meu namorado Luís Henrique, pelo incentivo, paciência e auxílio em tudo que fosse necessário.

Aos meus avós, que sempre foram, pra mim, belos exemplos de vida. E a toda a minha família que se manteve presente por todo esse percurso.

A minha orientadora, Dra. Camila, por ter aceitado me ajudar desde o início, obrigada por todos os ensinamentos.

A minha coorientadora Dra. Margarete, por embarcar nessa comigo, obrigada por me apresentar o geoprocessamento, obrigada pelos conselhos, e por acreditar em mim.

A todos que passaram pelo GEOSOLOS, agradeço todos os momentos passados na convivência do laboratório e por tornarem os meus dias mais leves. Agradeço pelas dicas e ensinamentos. E a toda equipe EPAMIG- Lavras, com certeza foi um prazer fazer parte desse time.

Aos meus amigos, tenho certeza que a caminhada seria muito mais difícil se eu não tivesse vocês, agradeço por terem vivido comigo os bons e maus momentos.

As minha amigas Luana e Paloma, obrigada por tornarem a nossa casinha um verdadeiro lar, pelos momentos descontraídos e por terem se tornado muito mais que apenas colegas de casa.

Agradeço a todos os meus professores, que cada um seu modo, foram essenciais na minha formação. Ao Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, por proporcionar toda estrutura necessária para a conclusão deste curso. Agradeço à Universidade Federal de Lavras, por me propiciar momentos essenciais na minha formação como pessoa.

A todos que de alguma forma foram essenciais para a concretização desse sonho, muito obrigada.

RESUMO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos apresenta-se como um dos desafios a serem enfrentados pelas administrações municipais. Dessa forma, este estudo teve como objetivo realizar a seleção de áreas aptas para a implantação de aterro sanitário no município de Oliveira, Minas Gerais. A determinação das áreas aptas implica na decisão baseada em critérios de restrição e aptidão. Para a realização do trabalho foram utilizadas geotecnologias, aplicando-se a análise multicritério. Foram organizadas seis bases georreferenciadas das características físicas da área de estudo, sendo elas, a distância mínima dos sistemas viários, dos núcleos urbanos, de aeroportos, dos recursos hídricos, bem como, declividade e uso e cobertura da terra. Aplicou-se os pesos para as classes de cada uma das bases, em uma escala entre 0 e 1. Foi estimada a área necessária para implantação do aterro sanitário, com base no Plano Municipal de Saneamento Básico, sendo essa 0,0195 km². Obteve-se um mapa, com 18 terrenos com a aptidão igual a 1, ou seja prioritariamente apto, e seis desses possuem área superior a necessária. Variando a Área de Segurança Aeroportuária para 15 km, obteve-se 14 terrenos com áreas superiores a mínima estimada e que são prioritariamente aptas. A metodologia adotada se mostrou eficiente, apresentando resultados consistentes e coerentes com os objetivos propostos no trabalho.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Geoprocessamento. Análise multicritério.

ABSTRACT

The management of urban solid waste presents itself as one of the challenges to be faced by municipal administrations. Therefore, this study aimed to select suitable areas for the implementation of landfill in the municipality of Oliveira, Minas Gerais. Determining the suitable areas implies a decision based on restriction and suitability criteria. Geotechnologies were used to carry out the work, applying multicriteria analysis. Six georeferenced bases of the physical characteristics of the study area were organized, namely, the minimum distance from road systems, urban centers, airports, water resources, as well as declivity and land use and coverage. Weights were applied to the classes of each of the bases, on a scale between 0 (zero) and 1 (one). The area required for the implementation of the landfill was estimated, based on the Municipal Basic Sanitation Plan. A map was obtained, with 18 terrains with an aptitude equal to 1, that is, primarily suitable, and six of them have an area larger than necessary. By varying the Airport Security Area to 15 km, 14 lands were obtained with areas above the estimated minimum and which are primarily suitable. The adopted methodology proved to be efficient, presenting constant and consistent results with the objectives proposed in the study.

Key-words: Solid Waste. Geoprocessing. Multicriteria analysis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. Resíduos sólidos: histórico, definições e classificações	13
2.3. Aspectos legais e normativos relacionados à localização de aterros sanitários classe II	17
2.4. SIG para identificar áreas aptas à instalação de aterros sanitários	18
2.5. Aptidão de áreas para implantação de aterro sanitário em outras regiões	20
3. METODOLOGIA	20
3.1. Caracterização da área de estudo	20
3.2. Quantificação da área necessária para aterro sanitário.....	22
3.3. Escala de aptidão e obtenção dos mapas de hidrografia, declividade, distância de sistemas viários, núcleos populacionais e aeroportos e uso e cobertura do solo.	24
3.3.1. Mapa de Hidrografia	24
3.3.2. Declividade.....	26
3.3.3. Distância dos sistemas viários.....	26
3.3.4. Uso e cobertura do solo.....	26
3.3.5. Distância dos núcleos urbanos	27
3.3.6. Distância do Aeroporto	27
3.3.7. Lógica fuzzy	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
Apêndice A:.....	42
Apêndice B:.....	43

1. INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos sólidos é um problema socioambiental, uma vez que a disposição final inadequada dos resíduos sólidos causa impactos negativos no meio físico e ainda prejudica a saúde pública. A percolação do líquido gerado pela decomposição da matéria orgânica (chorume), somado às águas pluviais que entram em contato com o resíduo, alteram características físicas, químicas e biológicas do solo, e da água, aumentando a concentração de nutrientes, metais pesados, microrganismos patogênicos e matéria orgânica, podendo causar elevada toxicidade, eutrofização e redução do oxigênio nos recursos hídricos.

Além disso, durante a decomposição da matéria orgânica presente no resíduo, há a formação de gases sulfurados, nitrogenados, clorados, tóxicos, inflamáveis e com odor desagradável, podendo ocasionar explosões e um aumento na incidência de doenças respiratórias. Ocorre ainda a formação do biogás, rico em metano que é contribuinte antrópico significativo para as mudanças climáticas. A disposição inadequada dos resíduos pode provocar proliferação de vetores causadores de doenças.

Diante da problemática que engloba a geração descontrolada e a disposição inadequada de resíduos sólidos, é importante que sejam aplicadas práticas de redução e recuperação, para que a disposição final seja feita após cessar todas as possibilidades de destinação (tratamento). Neste sentido, os rejeitos são então dispostos em aterros sanitários de acordo com normas operacionais específicas, para assim minimizar os impactos gerados.

Os aterros sanitários têm como objetivo o armazenamento dos rejeitos no solo, seguindo critérios de engenharia, comprimindo em menor volume possível, de forma segura e controlada. Para tal, um aterro sanitário tem como requisitos: projetos de sistemas de drenagem periférica e superficial de águas pluviais, sistema de drenagem de fundo para a coleta do percolato drenado e queima dos gases gerados durante a estabilização da matéria orgânica. Tais requisitos objetivam minimizar os impactos ambientais e contribuir para promoção da saúde pública.

A localização de um aterro sanitário representa o aspecto de maior restrição para o processo de licenciamento e instalação, o que pode dificultar a efetivação da disposição adequada de resíduos em um município, ou conjunto de municípios. Em Minas Gerais a Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais. (COPAM) nº118, 27 de junho de 2008, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado (MINAS GERAIS, 2008).

Para a correta localização do aterro sanitário, deve-se respeitar as distâncias mínimas relativas a Áreas de Preservação Permanente, Unidades de Conservação, ecossistemas frágeis e recursos hídricos subterrâneos e superficiais, centros urbanos e estradas. Além de priorizar o uso de áreas com características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas, com baixa permeabilidade do solo e pouca declividade.

Em particular, na região do campo das vertentes mineiro, localização do município de Oliveira, alvo deste estudo, observa-se uma declividade acentuada, com malha hidrográfica densa, o que dificulta a seleção de áreas aptas para implantação de aterros sanitários. Ademais, a existência de aeroportos e aeródromos compete com os aterros sanitários, uma vez que ambos se localizam em áreas de maior altitude e a potencial proliferação de aves detritívoras no local causa riscos às operações aviárias. No entanto, o requisito de distanciamento de 20 km é o maior gargalo e poderia ser revisto.

O uso de sistemas de informações geográficas (SIG) pode subsidiar a seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários, uma vez que otimiza o processo e minimiza os custos. No entanto faz-se, necessária a análise in loco após a seleção de potenciais áreas para verificação das características do solo, como sua condutividade hidráulica, e da altura do lençol freático.

Aliado ao SIG, a lógica Fuzzy, permite enriquecer a modelagem dos problemas, por meio da manipulação do intervalo de 0 a 1, obtendo graus de pertinência e possibilitando a aplicação de regras, diferente da lógica Booleana que trabalha apenas com 0 e 1, desconsiderando o intervalo.

1.1. OBJETIVOS

Confeccionar e analisar mapas de hidrografia, estradas, núcleos populacionais, aeroportos (com o raio de influência da área de segurança aeroportuária de 20 km e 15 km), uso e cobertura do solo e declividade a fim de selecionar áreas potenciais para a implantação de um aterro sanitário, de acordo com as exigências locais legais, para atender a demanda do município de Oliveira, MG, por meio de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e lógica Fuzzy.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Resíduos sólidos: histórico, definições e classificações

A problemática ambiental em relação aos resíduos sólidos é presente desde a idade média, de acordo com relatos, os detritos eram dispostos de forma incorreta, sendo lançados a céu aberto, em cursos d'água, enterrados ou queimados, (BARCIOTTE, 1994). Após o século XIX o problema foi agravado com a revolução industrial, já que a população adquiriu novos hábitos, tendo um maior consumismo, e êxodo rural, dessa forma a geração de resíduos sólidos foi intensificado, sendo um problema principalmente à saúde pública. Segundo Deus (2015) em Estocolmo em 1972 os resíduos sólidos começaram a ganhar um peso ambiental, pois foi abordado no encontro mundial a temática, dessa forma levando o problema a um debate.

No Brasil a referência importante é a Constituição de 1988 que deliberou aos municípios a responsabilidade dos serviços de limpeza urbana e toda a gestão e manejo dos resíduos sólidos, desde a sua coleta até a destinação final. Entretanto, apenas em 2010, após a criação da Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os municípios passaram a assumir essa responsabilidade. Este foi um importante passo para o saneamento básico brasileiro visto que após a deliberação criou-se metas para contribuir para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento a nível nacional, estadual, microrregional, intermunicipal, metropolitano e municipal.

A PNRS e a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004) definem resíduos sólidos conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Definição de resíduos sólidos segundo PNRS e NBR 10.004.

Fonte	Definição de RS
NBR 10004 (ABNT, 2004, p.1)	“resíduos sólidos e semissólidos resultantes das atividades da comunidade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços de varrição. Também são incluídos lodos provenientes do sistema de tratamento de água, os gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.
PNRS Lei nº12.305 (BRASIL, 2010, art. 3)	“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”

De acordo com a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos podem ser classificados quanto aos riscos de potenciais de contaminação do meio ambiente, divididos em classes, que variam de acordo com o tipo de material, risco a saúde, efeitos ao meio ambiente, entre outros, conforme é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Classificação de resíduos sólidos quanto ao risco potencial de contaminação do meio ambiente.

Fonte: NBR 10.004/2004 da ABNT.

Resíduos classe I	Perigosos
Resíduos classe II	Não perigosos
Resíduos classe II A	Não inertes
Resíduos classe II B	Inertes

Outra classificação para os resíduos sólidos é dada segundo a Lei Federal 12.305/2010 (BRASIL, 2010) em seu art.13, os resíduos sólidos se classificam quanto à natureza ou origem, que podem ser divididos em resíduos domiciliares, de limpeza pública, sólidos urbanos, de

estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, de construção civil, agrossilvopastoris, serviços de transportes, de mineração.

Segundo Magalhães (2017) resíduos destinados de forma incorreta acarretam na contaminação dos recursos naturais e em riscos à saúde humana, pois podem conter agentes biológicos patogênicos e/ou substâncias químicas. Neste sentido, a correta gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos faz-se importante para à minimização dos impactos gerados.

A disposição final adequada de resíduos sólidos se dá a partir do aterro sanitário, uma vez que este apresenta vantagens devido a proteção ao ambiente e à saúde. Entretanto, faz-se necessário a disposição final apenas dos rejeitos, passando por processos anteriores como reciclagem, compostagem e incineração (DALMAS, 2008).

2.2. Aterros sanitários

A Deliberação Normativa COPAM nº118 (MINAS GERAIS, 2008) define aterro sanitário como:

Técnica adequada de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. (MINAS GERAIS, 2008, art. 2)

Os Aterros sanitários devem seguir normas preconizadas pela ABNT, seguindo normas específicas de acordo com o tipo de resíduo recebido pelo aterro. Sendo essas exemplificadas no Quadro 3.

Quadro 3. Diferenças dos aterros sanitários.

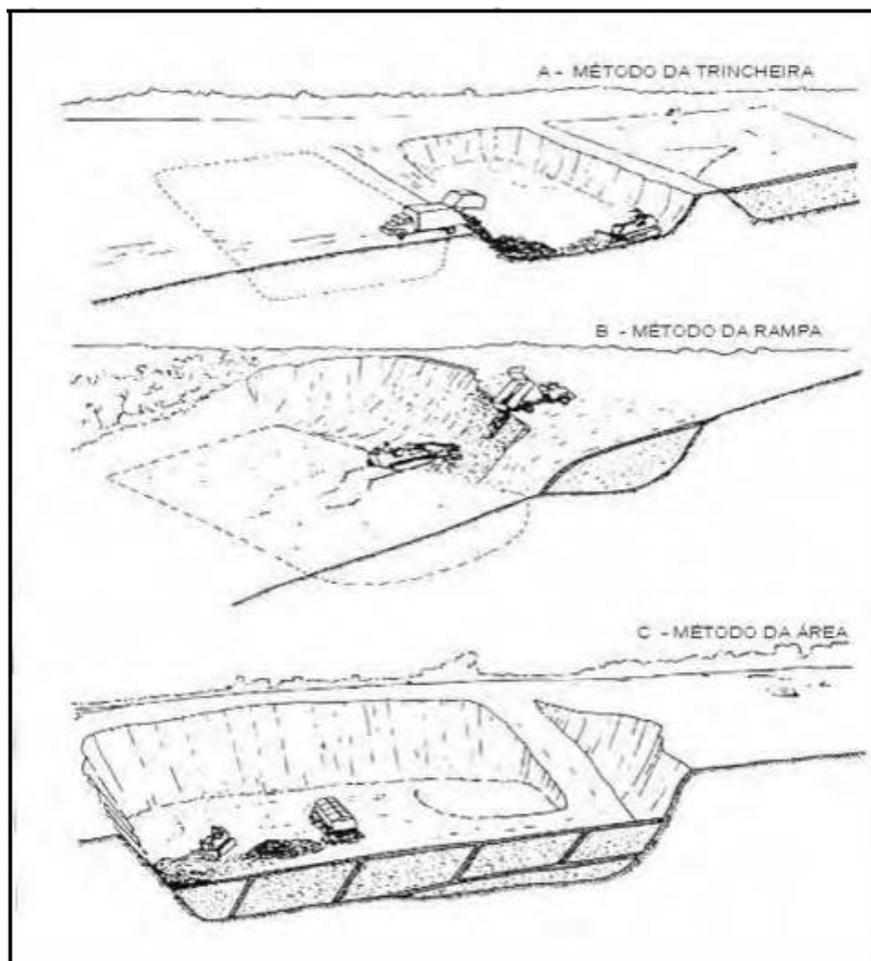
	Aterro Classe IIA e IIB	Aterro Classe I
Infraestrutura	Impermeabilização do aterro, drenagem do líquido percolado, captação de gases. Isolamento e sinalização.	Laboratório para realização de testes exploratórios. Impermeabilização do aterro, drenagem do líquido percolado, captação de gases. Isolamento e sinalização.
Resíduos	Resíduos não perigosos.	Resíduos perigosos.
Operação	Análise de resíduos, monitoramento de águas subterrâneas, tratamento do líquido percolado e de gases, inspeção e manutenção da estrutura do aterro.	Análise de resíduos, monitoramento de águas subterrâneas, tratamento do líquido percolado e de gases, inspeção e manutenção da estrutura do aterro.
Encerramento e monitoramento	Projeto e construção da cobertura final, estimativa dos tipos e quantidades de resíduos, usos programados da área após fechamento, monitoramento das águas subterrâneas por no mínimo 20 anos, monitoramento e manutenção da estrutura do aterro.	Projeto e construção da cobertura final, estimativa dos tipos e quantidades de resíduos, usos programados da área após fechamento, monitoramento das águas subterrâneas por no mínimo 20 anos, monitoramento e manutenção da estrutura do aterro.
Referência	NBR 13.896 (ABNT, 1997)	NBR 10.157 (ABNT, 1987)

Além disso, os aterros sanitários se diferem pelo sistema de operação, isto é, pela forma como acontece o aterramento dos resíduos, este pode ocorrer de três maneiras: método da trincheira ou vala, método rampa, e método da área (IPT/CEMPRE, 2000).

O método trincheira é a técnica mais apropriada para terrenos que sejam planos ou pouco inclinados, e onde o lençol freático esteja situado a uma profundidade maior em relação à superfície, este consiste em abertura de valas onde o rejeito é disposto, compactado e coberto por solo; o método de rampa é indicado quando a área a ser aterrada é plana, seca e com um

tipo de solo adequado para servir de cobertura, neste método há a escavação da rampa onde o rejeito é disposto, compactado pelo trator e coberto por solo. E por fim, o método de área que é uma técnica adequada para zonas baixas, onde dificilmente o solo local pode ser utilizado como cobertura, os procedimentos são idênticos ao método da rampa (DALMAS, 2008; MONTEIRO et al., 2001).

Figura 1. Métodos operacionais utilizados para a construção de aterro sanitário.



Fonte: IPT/CEMPRE, 2000.

2.3. Aspectos legais e normativos relacionados à localização de aterros sanitários classe II

No Brasil a Lei nº 12.305/10, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações que visam à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Além disso, a lei delibera que a disposição final ambientalmente adequada deve ser

realizada com distribuição ordenada de rejeitos em aterros, sendo realizada de acordo com normas específicas, tudo isso para minimizar os impactos adversos (BRASIL, 2010).

Outra lei importante no âmbito federal é a RESOLUÇÃO CONAMA n° 404, de 11 de novembro de 2008, que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte, que recebem por dia até 20 toneladas de resíduos sólidos urbanos. A fim de realizar o licenciamento são exigidas condições específicas quanto a localização do aterro sanitário, como respeitar as distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental e normas técnicas, relativas a áreas de preservação permanente, Unidades de Conservação, ecossistemas frágeis e recursos hídricos subterrâneos e superficiais, uso de áreas com características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas ao uso pretendido, uso de áreas que atendam a legislação municipal de Uso e Ocupação do Solo, e impossibilidade de uso de áreas ambientalmente sensíveis e de vulnerabilidade ambiental, como as sujeitas a inundações (CONAMA, 2008).

No âmbito estadual, destaca-se em Minas Gerais a Deliberação Normativa COPAM n°118, 27 de junho de 2008, que estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, indicando requisitos mínimos sendo esses: o aterro sanitário não pode estar inserido em áreas de preservação permanente, a declividade média do terreno deve ser inferior a 30%, deve estar situado a uma distância mínima de 300 metros de cursos hídricos, além disso deve ter uma distância mínima de 500 metros de núcleos populacionais e 100 metros de rodovias e estradas (MINAS GERAIS, 2008).

Outra lei importante é a Lei n° 12.725, de 16 de outubro de 2012, que dispõe sobre o controle de faunas nas imediações de aeródromos. Esta lei é importante na implantação de aterros sanitários uma vez que define como Área de Segurança Aeroportuária (ASA), uma área circular de 20 quilômetros de raio, onde é proibida a instalação de aterros sanitários (BRASIL, 2012). Este requisito restringe de forma significativa as áreas aptas a construção de aterros sanitários.

2.4. SIG para identificar áreas aptas à instalação de aterros sanitários

Geotecnologia é um conjunto de produtos e processos relacionados à obtenção, manipulação e aplicação de dados geográficos, podendo se destacar o sensoriamento remoto e geoprocessamento (MACEDO et al., 2015).

O sensoriamento remoto é um grupo de técnicas que possibilita coletar informações de um objeto e seu entorno a partir de uma distância, geralmente há a necessidade de processar e interpretar tais informações para posterior utilização (DALMAS, 2008). A coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais, se definem como geoprocessamento, estes operam sobre bases de dados georreferenciados, para transformá-los em informação relevantes. Dessa forma é uma ferramenta que propicia a geração e análises de dados que sustentam tomada de decisões (SILVA, 2009).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas computacionais para geoprocessamento que utilizam dados referenciados a coordenadas espaciais. São compostos por programas e processos de análise e possibilita relacionar informações de interesse com a localização espacial, fazendo também, operações e manipulação de dados para análise geográfica (PIROLI, 2010).

Diante da dificuldade em localizar áreas aptas à implantação de aterro sanitário, uma vez que esta necessita da avaliação de diferentes critérios, a utilização de ferramentas no auxílio para tomada de decisão é de suma importância. Segundo Biju (2015) a utilização de SIG para escolha destas áreas tem como a principal vantagem a redução de tempo e custo, além disso, permite criar um banco de dados para monitoramento da área ao longo do tempo.

Sperb (2010) realizou um trabalho de análise geoespacial para identificação de áreas adequadas à instalação de aterro sanitário, utilizando software livre e concluiu que a utilização de SIG permitiu a geração de mapas temáticos e a quantificação das possíveis áreas aptas à implantação de aterros sanitários. Destacou também a eficiências da utilização dessa ferramenta.

Para a escolha da área do aterro sanitário é importante a utilização de multicritérios, dessa forma há a integração do SIG e da metodologia Multicriteria Decision Analysis (MCDA), podendo então analisar diferentes bases de dados e obter a convergência das bases como produto final (SCHMIDT, 2016). O MCDA possui diferentes técnicas, dentre elas a lógica Fuzzy, esta possibilita a modelagem de cenários ambientais mais precisos.

Segundo Ornelas (2011) na lógica Fuzzy os valores de uma determinada variável são expressos em uma escala contínua dentro de um intervalo estabelecido, como por exemplo, 0 a 1, sendo uma técnica utilizada para a padronização de variáveis presentes num modelo multicritério, que permite a comparação entre duas variáveis distintas, esta padronização de pesos é chamada de funções de pertinência.

2.5. Aptidão de áreas para implantação de aterro sanitário em outras regiões

Quadro 4. Autores que utilizaram SIG para selecionar áreas aptas à implantação de aterro sanitário.

Localização	Centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul	Bauru, SP	Região Metropolitana de Sorocaba, SP
Metodologia utilizada	Lógica Fuzzy	MCDA e Análise Hierárquica de Processos	MCDA e Análise Hierárquica de Processos
Resultado	68 áreas com aptidão superior a 0,80 (em uma escala de 0 a 1).	Não verificou a existência de uma área que atenda a demanda para que o novo aterro sanitário tenha uma vida útil de 15 anos, maior restrição ASA.	Não encontraram nenhuma área que todos os critérios analisados fossem atendidos.
Referências	Schimidt (2016)	Nascimento (2012)	Lourenço et al. (2015)

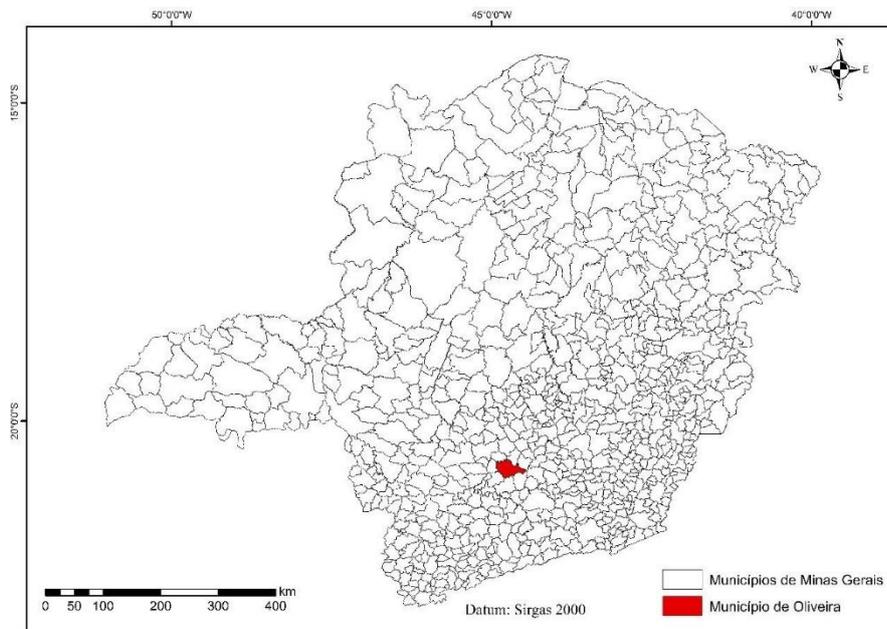
3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da área de estudo

O município de Oliveira situa-se na região Centro Oeste do Estado Minas Gerais, sendo a sede do município localizada nas imediações da latitude 20°41'45" S e longitude 44°49'37" W (Figura 2), com altitude média de 982 metros. A população estimada para 2019 foi de 41.687 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O município ocupa uma área territorial de 896,59 km², a economia é baseada principalmente nos setores de serviços, industrial, e agropecuário. Se destacam fábrica de balas e caramelos, e a multinacional que produz material elétrico e eletrônico para veículos automotores, exceto baterias.

O município possui o clima tropical de altitude (Cwb), tem médias anuais de temperatura em torno de 19 °C. Seu clima é bem temperado e o índice pluviométrico anual gira em torno de 1.300 milímetros (INMET, 1990). O município está inserido nas Bacias Hidrográficas do Rio Doce e do Rio São Francisco.

Figura 2. Localização do município de Oliveira no estado de Minas Gerais.



O último plano municipal de saneamento básico (PMSB) do município de Oliveira foi concluído em 2015 (OLIVEIRA, 2015). No plano é possível obter informações a respeito dos resíduos sólidos gerados no município, entretanto faz-se necessário sua atualização, tendo em vista o tempo decorrido e a impossibilidade de identificar se as metas para o curto prazo foram alcançadas.

O diagnóstico do PMSB descreve que a secretaria de Obras do município é a responsável pelos serviços referentes a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e que não existe um setor específico para tratar o tema. Além disso, a destinação dos resíduos é realizada de maneira inadequada, em um “lixão” (Figura 3), a aproximadamente 10 km de distância do centro da cidade. A área está sendo utilizado desde 2011, possui aproximadamente 3 hectares, no qual resíduo fica exposto, sem impermeabilização, tratamento de gases ou chorume. (OLIVEIRA, 2015)

O índice de cobertura de coleta de resíduos sólidos é de 95%, e o índice de cobertura da coleta seletiva é de 15% da população. De acordo com o PMSB (OLIVEIRA, 2015). A geração per capita no plano foi estimada, para o ano de 2014, em 0,80 kg/hab.dia (OLIVEIRA, 2015).

Figura 3. Deposito de resíduos sólidos em Oliveira.



Fonte: Samenco, 2014.

3.2. Quantificação da área necessária para aterro sanitário.

Para a quantificação da área necessária para implantação do aterro sanitário no município de Oliveira, foram utilizados dados do PMSB, sancionado em 2015. O horizonte de trabalho estabelecido no plano foi de 20 anos, (2014 a 2034), para este estudo foram utilizados os dados do período 2020 a 2034 (14 anos), a fim seguir NBR 13896/1997(ABNT,1997) que recomenda uma vida útil de aterros sanitários de no mínimo 10 anos. Neste sentido, foram utilizados os dados contidos no cenário 2 do prognóstico, o qual estima uma geração per capita (GPC) de 0,8 kg/hab.dia (Apêndice A).

Para estimar a massa total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) coletados durante o período estipulado (14 anos), foram utilizados os dados contidos no Plano Municipal de Saneamento Básico de Oliveira (OLIVEIRA, 2015). O plano apresenta a média diária, então para calcular a estimativa de cada ano (Tabela 1) utilizou-se a Equação 1.

$$RSU = MD \times 365 \quad (1)$$

Onde:

RSU = massa total de resíduo sólido urbano encaminhado para a disposição final em cada ano (ton);

MD= massa de resíduos destinado a disposição final, considerando a população não atendida e atendida pela coleta seletiva (Apêndice A), (ton/dia).

Sendo considerado para anos bissextos 366, na Equação 1.

Tabela 1. Massa total de resíduos que seguem para disposição final por ano.

Ano	Massa total RSU (ton)
2020	11854,7
2021	11731,1
2022	11542,4
2023	11419,0
2024	11324,4
2025	11338,0
2026	11015,7
2027	11080,7
2028	10950,7
2029	10758,7
2030	10543,4
2031	10121,8
2032	9951,9
2033	9726,2
2034	9525,4

Há uma diminuição nos resíduos destinados à disposição, visto que o PMSB tem uma meta de aumentar a coleta seletiva, visando fazer a correta destinação dos resíduos sólidos.

Para estimar o volume necessário, utilizou-se a Equação 2 considerando a densidade média de 500 kg/m³ de rejeito compactado no aterro sanitário (MONTEIRO et al., 2001; CHERNICHARO et al., 2008).

$$V \text{ total RSU} = \frac{\text{Massa total de RSU}}{500} \quad (2)$$

Para estimar a área mínima foi utilizada a metodologia de Dutra (2019), sendo adotado um volume de segurança, que considera o total de rejeito destinado e o solo utilizado para a cobertura diária dos resíduos durante a operação do aterro. O valor de segurança é demonstrado pela Equação 3.

$$V_s = V_u + (V_u * 0,2) \quad (3)$$

Onde:

V_s = Volume de segurança (m³),

V_u = Volume total de resíduos ao longo da vida útil do aterro sanitário (m³).

A área necessária para implantação do aterro sanitário foi calculada conforme a Equação 4. Para esse cálculo, adotou-se uma altura máxima de 20 metros conforme indicado por Dutra (2019).

$$A = \frac{V_s}{H} \quad (4)$$

Onde:

A = Área necessária para implantação do aterro sanitário (m^2),

V_s = volume de segurança (m^3),

H = Altura máxima do aterro sanitário (20 m).

3.3. Escala de aptidão e obtenção dos mapas de hidrografia, declividade, distância de sistemas viários, núcleos populacionais e aeroportos e uso e cobertura do solo.

A escala de aptidão foi adotada como mostra a Tabela 2, com o peso variando de 0 a 1, sendo o prioritariamente apto, aquele que atende aos critérios estabelecidos pela Deliberação Normativa do COPAM nº 118, sendo um critério para cada característica física (MINAS GERAIS, 2008), e para o parâmetro aeroporto foi utilizada como referência a Lei nº12.725, de 16 de outubro de 2012, que dispõe sobre o controle de faunas nas imediações de aeródromos (BRASIL, 2012).

Para os demais valores, o peso varia linearmente de acordo com o critério analisado.

Tabela 2. Escala de aptidão.

Peso (p)	Aptidão
$0,00 \leq p \leq 0,25$	Inapto
$0,25 < p \leq 0,50$	Pouco apto
$0,50 < p \leq 0,75$	Moderadamente apto
$0,75 < p \leq 0,99$	Muito apto
1,00	Prioritariamente apto

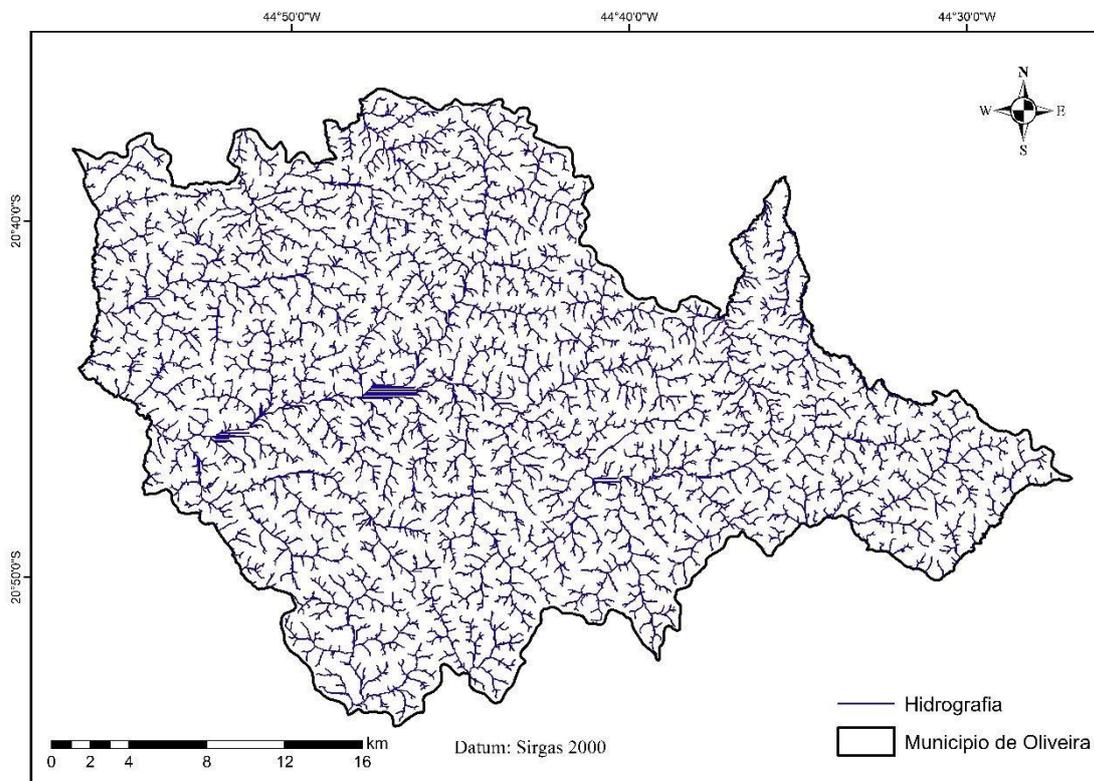
3.3.1. Mapa de Hidrografia

A hidrografia foi gerada a partir do modelo digital de elevação (MDE) do satélite Alos disponível na plataforma ALASKA com resolução de 12,5 metros, com o auxílio do software ArcGIS ® 10.1, disponível no Laboratório de geoprocessamento Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Lavras, MG, com as ferramentas detalhadamente descritas no Apêndice B, as quais compreendem:

- *Fill*, utilizado para corrigir pequenas imperfeições nos dados e remover todas depressões da imagem;

- *Flow Direction* para gerar um *raster* contendo a direção do fluxo de cada célula, onde cada célula é potencialmente rodeada por oito células vizinhas;
- *Flow Accumulation* que determina o acúmulo de fluxo a partir do *FlowDirection* criado anteriormente;
- *Raster Calculator* que permitiu gerar uma hidrografia, indicando que a partir de um fluxo acumulado de 320 células, esse valor foi adotado para que gere uma hidrografia de 5 hectares, sendo comparada com a disponibilizada pela Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

Figura 4. Mapa de hidrografia do Município de Oliveira MG.



Fonte: Do autor.

A fim de evitar possíveis contaminações dos recursos hídricos após implantação do aterro sanitário, foi considerado que o aterro deve ter uma distância mínima de 300 metros da rede de drenagem, conforme estabelecido na DN COPAM 118/2008 (MINAS GERAIS, 2008). Para a realização desta base utilizou-se a hidrografia gerada anteriormente, e com a utilização da ferramenta *euclidean distance*, gerou-se uma imagem *raster* onde cada pixel corresponde ao valor de distância ao recurso hídrico mais próximo.

Em seguida, realizou-se a reclassificação da base, onde se determinou que as distâncias acima de 300 receberam o valor de 1, ou seja, apto para implantação do aterro, e os abaixo de 300 metros a aptidão aumentava linearmente, ou seja, quanto maior a distância dos recursos hídricos, maior é a sua aptidão.

3.3.2. Declividade

O mapa de declividade foi gerado a partir do MDE do satélite ALOS, com resolução de 12,5 m do município com o auxílio do ArcGis®. Para isso foi utilizado a ferramenta *Slope*, esta permite gerar um *raster*, com a declividade em porcentagem, utilizando a sequência:

Arctoolbox > Spatial Analyst Tools > Surface > Slope (PercentRise)

Foi feita a reclassificação a fim de atribuir diferentes pesos para diferentes declividades, a fim de atender a DN COPAM 118/2018 (MINAS GERAIS, 2008) que recomenda priorizar áreas com declividade entre 3% e 20%, sendo recomendável a declividade máxima de 30%, uma vez que maiores declividades inviabilizam a implantação e operação do aterro.

3.3.3. Distância dos sistemas viários

Conforme estabelecido pela DN COPAM 118/2008 (MINAS GERAIS, 2008), considerou-se uma distância mínima de 100 metros do sistema viário, a fim de evitar depósitos de resíduos às margens das estradas, que podem trazer riscos à circulação de veículos, possíveis acidentes com aves detritívoras que podem proliferar no local e poluição visual.

A fim de minimizar gastos e transtornos com o transporte de resíduos, determinou-se distância máxima de 700 metros de malhas viárias. Para tal, utilizou-se a malha viária da base cartográfica vetorial contínua disponibilizada pelo IBGE (IBGE, 2018). No software ArcGis® extraiu-se a malha viária da área de estudo e aplicou-se a ferramenta *euclidean distance*, para gerar uma imagem *raster* onde cada pixel corresponde ao valor de distância do sistema viário.

Posteriormente, realizou-se a reclassificação da base, onde se determinou que as distâncias entre 100 e 700 metros recebem o valor de 1, ou seja, prioritariamente apto. Os valores entre 0 e 100 metros aumentam linearmente sua aptidão conforme se distanciam do sistema viário, assim, os valores mais próximos de 0 metros receberam menor aptidão, e os valores acima de 700 diminuem linearmente sua aptidão conforme se distanciam do sistema viário.

3.3.4. Uso e cobertura do solo

O uso e cobertura da terra foi classificado a partir das imagens de satélite Sentinel 2A, adquirida no portal United States Geological Survey (USGS), com resolução espacial de 10 metros. A fim de abranger toda extensão territorial do município foram utilizadas 2 imagens, do dia 10/08/2019.

No software ArcGis®, foi realizado o mosaico da imagem, e realizou-se a composição das bandas 2,3,4 e 8, sendo essas vermelho, verde, azul e infravermelho próximo. Posteriormente, extraiu-se da imagem de satélite somente a área de estudo.

O processo de segmentação e classificação da área foi realizado no software Definiens 8.7® (disponível no Laboratório de geoprocessamento EPAMIG, Lavras, MG), abordando o método GEOBIA (Geographic Object-Based Image Analysis). Na etapa de segmentação utilizaram-se os seguintes parâmetros: Escala = 100; *Shape* = 0,1; *Compactness*= 0,5.

As classes consideradas no mapeamento de cobertura da terra foram: cultura de café, solo exposto, vegetação remanescente, núcleos urbanos, hidrografia e pastagem. Em seguida, inseriu-se a classificação no software ArcGis ® e determinou-se os pesos para cada uma das classes. Agricultura e solo exposto receberam peso 1, vegetação nativa peso 0,1, núcleos populacionais e hidrografia peso 0, e cultura perene peso 0,3.

3.3.5. Distância dos núcleos urbanos

Considerou-se a distância mínima de 500 metros dos núcleos urbanos, conforme preconiza a DN118/2008 (MINAS GERAIS, 2008) para evitar problemas, tais como a disseminação de doenças, mau cheiro, proliferação de insetos e roedores, e poluições sonoras causadas pelo tráfego intenso dos veículos coletores. Para tanto, utilizou-se o vetor com as áreas urbanas adquiridas anteriormente, por meio do software ArcGis® aplicou-se a ferramenta *euclidean distance*, para gerar uma imagem *raster* onde cada pixel corresponde ao valor de distância dos núcleos urbanos.

Por fim, realizou-se a reclassificação da base, onde se determinou que os núcleos urbanos e a distância acima de 500 metros receberam o valor de 1, ou seja, apto. Os valores entre 0 e 500 metros aumentam linearmente sua aptidão conforme se distanciam do núcleo populacional, assim, os valores mais próximos de 0 metros receberam menor aptidão.

3.3.6. Distância do Aeroporto

A Lei N° 12.725 (BRASIL, 2012), estabelece regras que visam a diminuição do risco de acidentes e incidentes aeronáuticos decorrentes da colisão de aeronaves com espécimes da

fauna nas imediações de aeródromos, sendo definido a Área de Segurança Aeroportuária - ASA a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar, a qual e compreende um raio de 20 km. Para aplicação desta restrição, utilizou-se o mapa vetorial do IBGE 2018, por meio do software ArcGis® aplicou-se a ferramenta *euclidean distance*, para gerar uma imagem *raster* onde cada pixel corresponde ao valor de distância dos aeroportos.

Por fim, realizou-se a reclassificação da base, onde se determinou que distâncias acima de 20000 metros recebessem o valor de 1, ou seja, apto. Os valores entre 0 e 20000 metros aumentam linearmente sua aptidão conforme se distanciam dos aeroportos.

A resolução CONAMA 004/95 define a ASA como o raio a partir do “centro geométrico do aeródromo”, e este é dividido de acordo com seu tipo de operação, sendo o raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR), e raio de 13 km para os demais aeródromos (CONAMA, 1995). Então, como este critério é considerado o mais restritivo para implantação de aterros sanitários, o que dificulta a correta disposição de resíduos sólidos. Foi realizada uma reclassificação adotando distâncias acima de 15.000 metros como áreas aptas, ou seja, peso 1, e os valores entre 0 e 15.000 metros aumentam linearmente sua aptidão conforme se distanciam dos aeroportos. Foi adotado 15.000 metros pois este é um valor entre os dois valores estabelecidos como o raio da ASA. Esse procedimento foi realizado com o objetivo de avaliar se a flexibilização deste critério aumentaria as possibilidades para instalação de um aterro sanitário em Oliveira, MG.

3.3.7. Lógica fuzzy

A partir dos *rasters* reclassificados com pesos entre 0 e 1, foi utilizado o ArcGis® para combinar dados de associação Fuzzy. Foi feita uma sobreposição de informações para isso foi utilizada a ferramenta *Fuzzy Overlay*, que segue a sequência: *Spatial Analyst Tools > Overlay > Fuzzy Overlay*

Obteve-se o mapa do município com os diferentes pesos. Esse entre 0 e 1, na qual 0 corresponde a inapto e 1 a prioritariamente apto. Primeiramente, realizou-se a integração de todos os critérios (hidrografia, declividades, sistema viário, aeroporto, núcleo populacional e uso e cobertura do solo).

Depois foi feita a integração dos mapas variando o peso para distância de aeroportos, colocando como prioritariamente apto a partir de 15.000 metros. A partir dos *rasters* gerados foi possível quantificar a área prioritariamente apta, ou seja com peso igual a 1, a partir da tabela de atributos de cada produto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

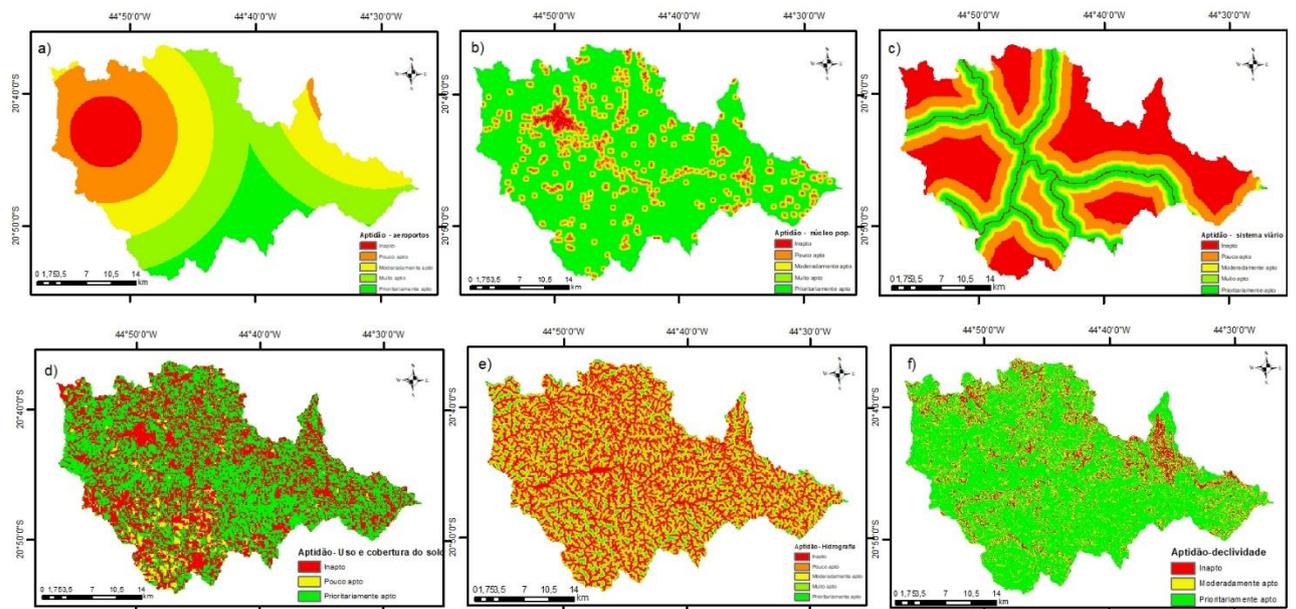
Com base na projeção populacional e na geração de resíduos sólidos obtidos no Plano Municipal de Saneamento Básico de Oliveira foi estimada a área necessária para alocação de aterro sanitário no município de Oliveira (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativa do total de resíduos sólidos urbanos coletados e das áreas necessárias para o aterro sanitário.

Resíduo acumulado até 2034 (ton)	Volume de segurança (m ³)	Área (km ²)
162763,72	390632,93	0,0195

A Figura 5 apresenta as seis bases georreferenciadas das características físicas para a seleção das áreas aptas, para implantação do aterro sanitário. Sendo elas, a declividade, hidrografia, uso e cobertura do solo, sistema viário, distância de aeroporto e núcleo populacional.

Figura 5. Aptidão para implantação do aterro sanitário no município de Oliveira- MG de acordo com a distância de aeroportos(a), núcleo populacional (b), sistema viário (c), Uso e cobertura do solo (d), hidrografia (e) e declividade (f).



Datum: Sirgas 2000

Tabela 4. Quantificação da área de acordo com aptidão.

Critério	Área	Aptidão				
		Inapta	Pouco apta	Moderadamente apta	Muito apta	Prioritariamente apta
Distância dos recursos hídricos	km ²	297,10	250,15	194,92	113,35	41,05
	% em relação ao total	33,14	27,90	21,74	12,64	4,58
	km ²	84,49	0,00	187,53	0,00	624,53
Declividade	% em relação ao total	9,42	0,00	20,92	0,00	69,66
	km ²	359,99	238,21	93,66	47,55	152,43
	% em relação ao total	40,36	26,71	10,50	5,33	17,09
Distância do sistema viário	km ²	18,67	68,57	90,84	80,32	637,56

Distância de núcleos urbanos	% em relação ao total	2,08	7,65	10,14	8,96	71,16
	km ²	379,99	40,78	0,00	0,00	474,86
Uso e ocupação do solo	% em relação ao total	42,4271183	4,55322	0,00	0,00	53,02
	km ²	77,70	183,57	238,22	281,33	111,05
Distância de Aeroportos	% em relação ao total	8,71	20,58	26,71	31,54	12,45
	km ²	44,47	125,63	140,58	190,23	395,86
Distância de Aeroportos (alterando para 15 km)	% em relação ao total	4,96	14,01	15,68	21,21	44,14
	km ²					

Analisando cada parâmetro, foi possível avaliar as que apresentam maior restrição para implantação do aterro sanitário, sendo essas: distância dos recursos hídricos pois em função das restrições impostas por este parâmetro apenas 4,58% da área total do município se apresentou como prioritariamente apta, seguida por distância de aeroportos e distância de sistema viário, com 12,45% e 17,09% de áreas prioritariamente apta, respectivamente. Já o parâmetro com menor restrição, isto é, com maior área prioritariamente apta é a distância de núcleos populacionais, este conta com 71,16% da área total do município. Felicori (2016) realizou o estudo na Zona da Mata de Minas Gerais e encontrou como os parâmetros mais restritivos: hidrografia, sistema viário e declividade com percentuais de 93,5; 27,9 e 14,3% em relação ao total; respectivamente. O parâmetro hidrografia apresenta uma grande restrição para instalar aterros sanitários, principalmente em regiões com a malha hidrográfica densa, a COPAM, nº 118 indica que poderão ser admitidas distâncias entre 200 e 300 metros, desde que não exista

outra alternativa locacional e que seja encaminhada uma afirmando a viabilidade locacional (MINAS GERAIS, 2008). Tecnologias de impermeabilização de base, drenagem e tratamento de chorume e de drenagem de água pluvial protegem a coleção hídrica da contaminação gerada por um aterro sanitário. Em uma região de hidrografia densa, como o caso do município de Oliveira, este critério pode ser flexibilizado diante da apresentação de métodos eficientes de controle de poluição das águas.

A fim de analisar parâmetro de distância de aeroportos foi utilizado a distância mínima exigida pela Lei Nº 12.725 (BRASIL, 2012), que é de 20.000 metros. Foi utilizada também a distância de 15.000 metros, a fim de analisar se diminuindo a ASA tem um aumento de áreas aptas. Dessa forma analisando apenas esse critério, obteve-se aumento de 31,69% em relação a área total do município, o que corresponde a 284,81 km². Segundo Neto (2006), a implantação de aterros sanitários e aeroportos têm as mesmas necessidades, quanto ao posicionamento geográfico, dessa forma necessita de técnicas de trabalho em aterros sanitários a fim de reduzir a presença de urubus quando instalados dentro da ASA. Segundo Oliveira (2012) indica que um aterro sanitário bem operado, seguindo as normas da ABNT, tende a reduzir a quantidade de aves no local. Dessa forma, o aterro sanitário deve ter área de operação de despejo e compactação de resíduos mínima e cobertura constante do resíduo com terra. Sendo importante a análise acerca da flexibilização deste critério pois representa maiores chances de destino correto de resíduos em Oliveira, uma vez que o lixão não atende este critério e não faz cobertura do resíduo com solo, atraindo muitas aves ao local.

O resultado da integração de todos os critérios possibilitou a quantificação de áreas seguindo a classificação estabelecida na metodologia (Tabela 5), identificando as áreas prioritariamente aptas:

Figura 6. Mapa de aptidão para implantação de aterro sanitário do Município de Oliveira, MG, com ASA de 20.000 metros.

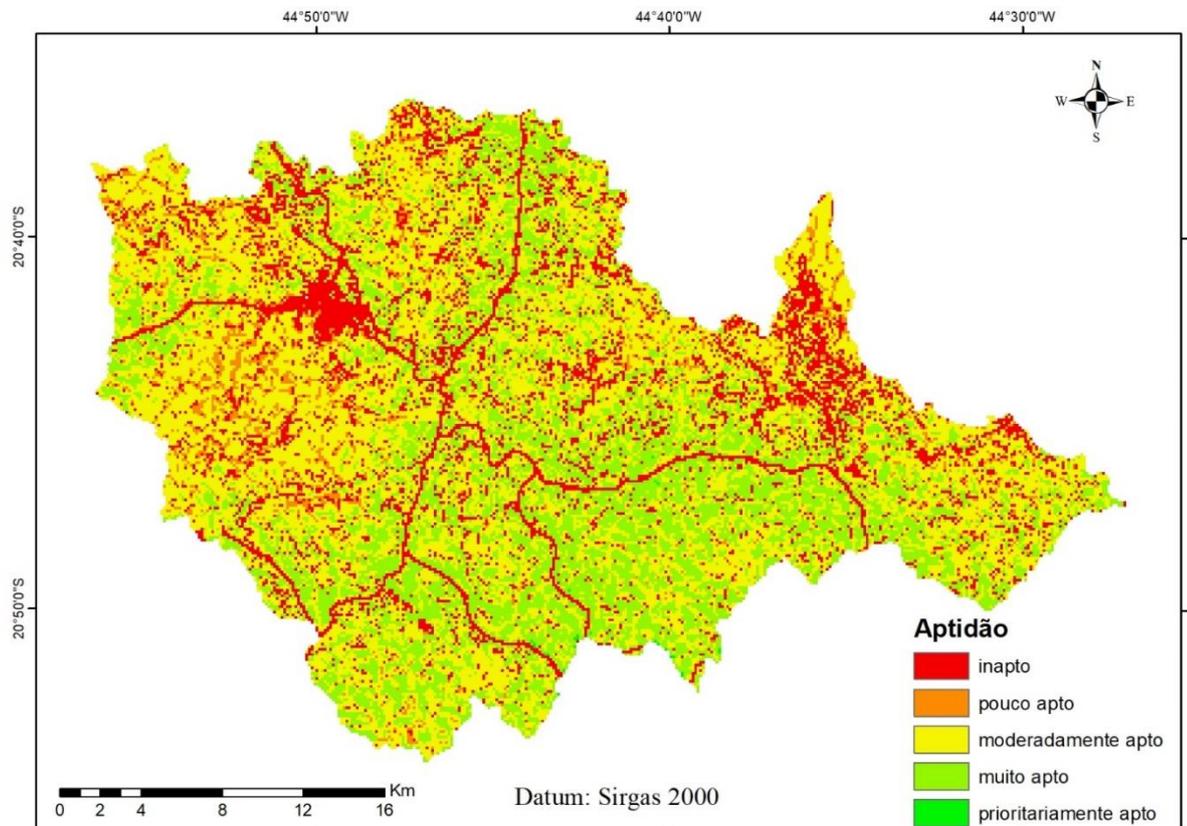


Tabela 5. Quantificação da área de acordo com aptidão de todos os critérios estudados.

Área	Aptidão				
	Inapta	Pouco apta	Moderadamente apta	Muito apta	Prioritariamente apta
km ²	147,70	38,64	452,28	247,30	0,37
% em relação ao total	16,66	4,36	51,03	27,90	0,04

Foram contabilizados 18 terrenos classificados como prioritariamente apto, foi quantificado a área de cada terreno e extraído suas coordenadas (Tabela 6).

Tabela 6. Identificação e quantificação de áreas prioritariamente aptas.

Área (km ²)	Coordenada x	Coordenada y
0,011992	-44,673552	-20,765751
0,011992	-44,672257	-20,776512
0,011992	-44,672257	-20,777754
0,011992	-44,712854	-20,825615
0,011992	-44,702641	-20,844731
0,041107	-44,70941	-20,846766
0,011992	-44,730621	-20,848365
0,011992	-44,672102	-20,848263
0,011992	-44,670775	-20,849505
0,023916	-44,729235	-20,850113
0,011992	-44,710262	-20,850723
0,011992	-44,667006	-20,851841
0,023916	-44,64162	-20,85248
0,023644	-44,723521	-20,854288
0,023644	-44,663725	-20,855376
0,011992	-44,715331	-20,861495
0,023916	-44,659406	-20,863279
0,011992	-44,717855	-20,872261

Dos 18 terrenos prioritariamente aptos, apenas 6 tem área superior a estimativa da área para implantação mínima necessária (0,0195 km²) do aterro sanitário no município de Oliveira, MG. Diferentemente de Lourenço et al. (2015) que não encontraram áreas prioritariamente aptas na Região Metropolitana de Sorocaba, no presente estudo encontrou-se tais áreas. Entretanto o estudo das variáveis em campo, como distância do lençol freático, tipo de solo, condutividade hidráulica, deve ser realizado a fim de obter um local adequado e que atenda todos os requisitos para implantação do aterro sanitário.

Para a integração dos critérios variando a distância de aeroportos para prioritariamente aptos acima de 15.000 metros de distância, a fim de manter uma ASA, porém diminuindo o raio, obteve-se o mapa e a quantificação de áreas apresentada na Figura 7 e na Tabela 7, respectivamente.

Figura 7. Mapa de aptidão para implantação de aterro sanitário do Município de Oliveira, MG, com ASA de 15.000 metros.

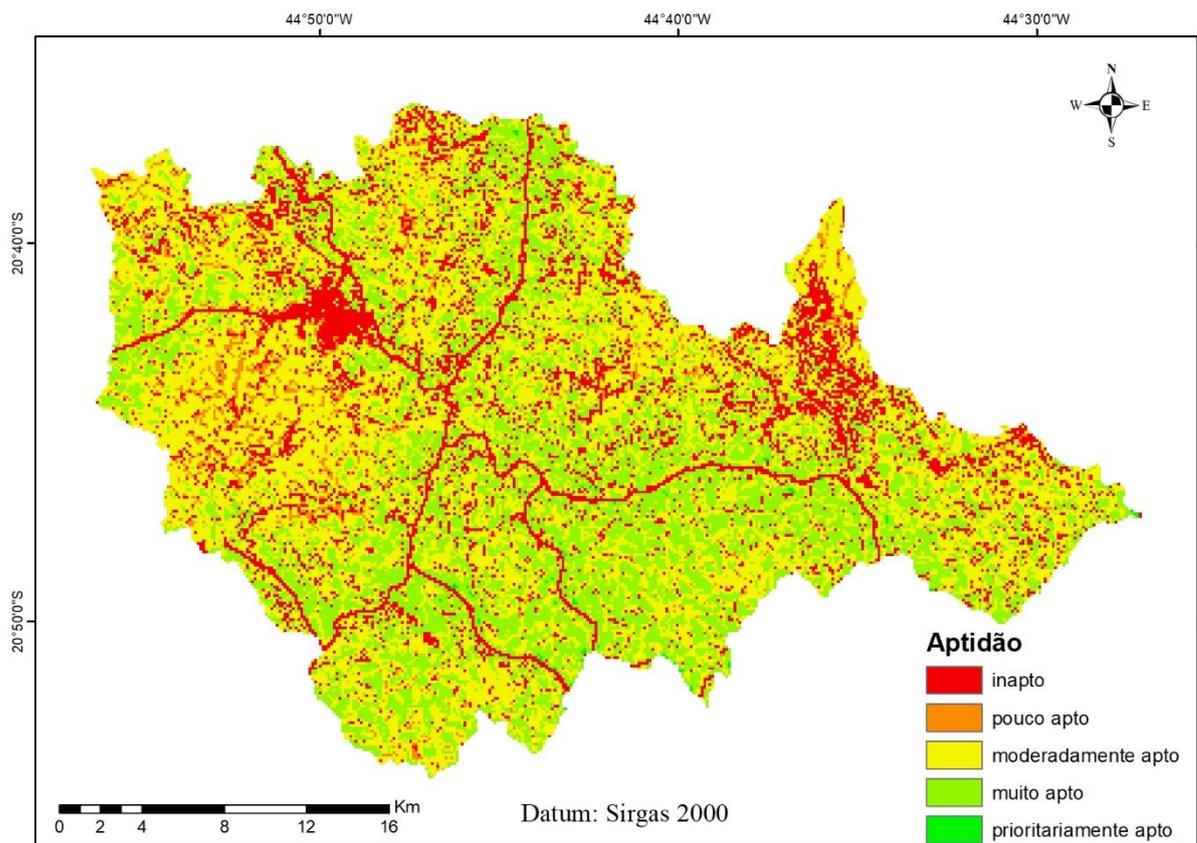


Tabela 7. Quantificação da área de acordo com aptidão de todos os critérios estudados, mudando o peso para distância de aeroportos.

Área	Aptidão				
	Inapta	Pouco apta	Moderadamente apta	Muito apta	Prioritariamente apta
km ²	148,13	30,26	430,96	276,02	0,99
% em relação ao total	16,71	3,41	48,62	31,14	0,11

Em relação à porcentagem total de áreas prioritariamente aptas, alterando a distância permitida para 15.000 metros, obteve-se aumento de 0,07% da área total, em relação ao mapa com a distância permitida de aeroportos a partir de 20.000 metros, o que corresponde a 0,62 km².

Foram contabilizados 48 terrenos classificados como prioritariamente apto, foi quantificado a área de cada terreno e extraído suas coordenadas (Tabela 8).

Tabela 8. Identificação e quantificação de áreas prioritariamente aptas.

Área (km ²)	Coordenada x	Coordenada y
0,040580172	-44,74172904	-20,61799237
0,023643906	-44,62451764	-20,76201825
0,011992414	-44,67355207	-20,76575125
0,011992623	-44,59852406	-20,77037575
0,011992414	-44,71040832	-20,7741884
0,011992414	-44,70659374	-20,77418193
0,011992414	-44,70404836	-20,77537343
0,011992414	-44,67225741	-20,77651157
0,059126785	-44,61271259	-20,77570182
0,011992414	-44,67093099	-20,77775397
0,011992414	-44,6951356	-20,78133717
0,011992623	-44,45352526	-20,78432573
0,011992623	-44,58322366	-20,78588543
0,041497623	-44,45132918	-20,78605261

0,03615632	-44,56804663	-20,78846211
0,011992414	-44,72053433	-20,79931839
0,011992623	-44,57555723	-20,79902102
0,011992414	-44,71925595	-20,8029039
0,011992414	-44,71792968	-20,80414666
0,011992414	-44,72432129	-20,81487076
0,011992414	-44,72686288	-20,81607069
0,057669603	-44,77003644	-20,81814008
0,011992414	-44,76374375	-20,8185172
0,023643852	-44,54679041	-20,8192316
0,011992414	-44,76246809	-20,82090717
0,011992414	-44,76114201	-20,82215027
0,011992414	-44,77645398	-20,82451358
0,011992414	-44,72302975	-20,82563144
0,041497555	-44,71372132	-20,82512716
0,023916282	-44,75869097	-20,83355129
0,011992414	-44,70264084	-20,84473103
0,041106673	-44,70940973	-20,84676635
0,011992414	-44,7306211	-20,8483649
0,011992414	-44,67210227	-20,84826286
0,011992414	-44,67077522	-20,84950524
0,023916282	-44,72923481	-20,85011277
0,011992414	-44,71026211	-20,85072339
0,011992414	-44,6670058	-20,85184059
0,023916282	-44,64161953	-20,85248008
0,023643906	-44,72352076	-20,85428764
0,023643906	-44,66372483	-20,85537649
0,011992414	-44,71533053	-20,8614946
0,023916282	-44,65940578	-20,86327905
0,011992414	-44,71785497	-20,87226149

Dos 48 terrenos prioritariamente aptos, 14 tem área superior a estimativa da área para implantação mínima necessária (0,0195 km²) do aterro sanitário no município de Oliveira, MG.

De acordo com o exposto, quando se diminui o raio da ASA, há um aumento nas áreas prioritariamente aptas, dessa forma observa-se que a presença dos aeroportos, causa uma grande dificuldade para implantação do aterro. Além disso, apresenta um impacto intermunicipal, pois é considerado um raio de 20.000 metros a partir de todos os aeroportos, independente dos limites municipais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do SIG aliado a lógica Fuzzy se mostrou eficiente e cumpriu o objetivo proposto para a identificação de áreas aptas para implantação de aterros sanitários. Esta metodologia pode ser utilizada em outras áreas e em estudos que visam rever critérios locais para aterros sanitários. Além disso, como a disposição de resíduos sólidos é uma dificuldade enfrentada pelo município de Oliveira, MG, uma vez que os resíduos sólidos do município tem uma disposição final que não atende as normas estabelecidas, o estudo pode ser aplicado para indicar novas áreas para a implantação de um aterro sanitário.

A partir da metodologia estabelecida para realização desse estudo foi possível identificar seis locais que possuem área superior a área mínima indicada, 0,0195 km², e que atendem os parâmetros: hidrografia, declividade, distância de sistemas viários, núcleos populacionais e aeroportos e uso e cobertura do solo, para a implantação de um aterro sanitário em Oliveira, MG. Analisando a integração de todos os parâmetros e diminuindo a ASA, aumenta para 14 os terrenos que são classificados como prioritariamente aptos e que possuem área maior que a mínima estimada (0,0195 km²).

Embora este estudo apresente resultados satisfatórios, é necessário a visita do local e realizar um estudo acerca de outros critérios, buscando atender todos os requisitos para a implantação de um aterro sanitário.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Segunda edição. Rio de Janeiro, RJ, 2004. 71 p.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896/1997**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, RJ, 1997.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10157**. Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987. 13 p.

BARCIOTTE, Maria Lucia. **Coleta seletiva e minimização de resíduos sólidos urbanos: uma abordagem integradora**. 1994. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. doi:10.11606/T.6.2018.tde-31012018-162204. Acesso em: 2020-06-22.

BIJU, Bárbara Pavani. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção e de demolição, 2015**. Dissertação apresentada como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1328/1/CT_PPGEC_M_Biju,%20B%C3%A1rbara%20Pavani_2015.pdf. Acesso em: 22/05/2020.

BRASIL, Resolução 04 do **Conselho Nacional de Meio Ambiente –CONAMA** de 9 de outubro de 1995. Dispõe sobre Área de Segurança Aeroportuária – ASA. Diário Oficial (da República Federativa do Brasil), Brasília, DF, p. 20.388, data 11/12/1995.

BRASIL. 2008. Resolução 404 do **Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA** de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Diário Oficial (da República Federativa do Brasil). Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>. Acesso em: 26 ago. 2020.

BRASIL. (2010) **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL. Lei nº 12725, de 16 de outubro de 2012. **Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12725.htm. Acesso em: 26 ago. 2020.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; RUTKOWSKI, Emília Wanda; JUNIOR, Isaac Volschan; CASSINI, Sérgio Túlio Alves. **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: Guia do profissional em treinamento: nível 2 /**

Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.

MINAS GERAIS. 2008. **CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL DE MINAS GERAIS.** (2008) Deliberação Normativa nº 118, 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. Belo Horizonte: Diário Executivo.

DALMÁS, Fabricio Baú. **Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos urbanos na UGRHI-11 - Ribeira de Iguape e Litoral Sul.** 2008. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. doi:10.11606/D.44.2008.tde-11112008-114002. Acesso em: 2020-06-22.

DEUS, Rafael Mattos; BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes; SILVA, Gustavo Henrique Ribeiro. **Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências.** Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro , v. 20, n. 4, p. 685-698, Dec. 2015 . Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000400685&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18/06/2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040129347>.

FELICORI, Thaís de Carvalho et al . Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 21, n. 3, p. 547-560, Sept. 2016 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000300547&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29/06/2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522016146258>.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado / Coordenação Maria Luiza Otero D' Almeida, André Vilhena – 2ª. Ed. São Paulo: IPT/CEMPRE,2000.

LOURENÇO, Roberto Wagner; SILVA, Darllan Collins da Cunha; SALES, Jomil Costa Abreu; MEDEIROS, Gerson Araujo; OTERO, Rafael Arosa Prol. METHODOLOGY TO SELECT ABLE AREAS FOR SANITARY CONSORTED LANDFILL INSTALLATION USING GIS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 122-140, 2015.

MACEDO, R. C.; ALMEIDA, C. M. DE; DOS SANTOS, J. R. VALORAÇÃO AMBIENTAL E GEOTECNOLOGIAS: INTEGRAÇÃO ENTRE CIÊNCIAS SOCIAIS E GEOCIÊNCIAS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 2, 23 fev. 2016.

MAGALHÃES, R. A.; RIBEIRO, K. A. S. Política estadual de gestão de resíduos: uma análise do programa “Minas sem lixões”. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, v. 7, n. 1, p. 34-61, 2017.

MONTEIRO, José Henrique Penido; FIGUEIREDO, Carlos Eugênio Moutinho; MAGALHÃES, Antônio Fernando; MELO, Marco Antônio França de; BRITO, João Carlos Xavier de; ALMEIDA, Tarquínio Prisco Fernandes de; MANSUR, Gilson Leite. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, 2001, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso em: 18/06/2020.

MOREITA, Pedro Augusto Gonzaga; BARBERI, Maira; DE OLIVEIRA, Anna Luiza Garção. **DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO UTILIZANDO METODOLOGIA MULTICRITÉRIOS NO MUNICÍPIO DE GOIÁS, GOIÁS**. Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos, Goiânia, v. 4, n. 2, p. 223-235, fev. 2019. ISSN 2448-0460. Disponível em: <<http://revistas.pucgoias.edu.br/index.php/baru/article/view/7019/3895>>. Acesso em: 02 jun. 2020.

Mota, José & Almeida, Mércia & Alencar, Vladimir & Curi, Wilson. (2009). **CARACTERÍSTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA VISÃO CONCEITUAL**. Revista Águas Subterrâneas. 1.

NASCIMENTO, Victor Fernandez. **Proposta para indicação de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, utilizando análise multi critério de decisão e técnicas de geoprocessamento**. 2012. 203 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/92957>>.

NETO, J. A. P.; TSCHÁ, E. R.; PEDROSA. M. X. Controle do Perigo Aviário Causado por Aves com Adoção de Medidas Mitigadoras. Congresso da Sober. Recife: UFRPE, 2006.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/> > Acesso em 25 ago. 2020.

Oliveira, H.R.B., & F.O. Pontes. 2012. Risco aviário e resíduo sólido urbano: a responsabilidade do poder público municipal e as perspectivas futuras. Rev. Con. SIPAER 3: 189–208.

OLIVEIRA. 2015. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Prefeitura Municipal de Oliveira, MG.

ORSATI, Alexandre Shimizu. **Análise de impactos ambientais e econômicos na escolha de locais para disposição final de resíduos sólidos**. 2006. vii, 76 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/98091>>.

Pirolí, Edson Luís. **Introdução ao geoprocessamento**. - Ourinhos : Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 46 p. :ils..

SILVA, Jorge Xavier da; ZAIDAN, Ricardo Tavares (Org.). **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

SCHMIDT, Tanara. "**Seleção de área e dimensionamento de aterro sanitário para o consórcio público intermunicipal para assuntos estratégicos do G8 – CIPAE G8**". 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 15 dez. 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10737/1405>>.

SPERB, Rodrigo Campi et al. **Utilização de software livre para análise geoespacial – estudo de caso: seleção de área para instalação de aterro sanitário**. Geosul, Florianópolis, v. 25, n. 49, p. 159-177, jan. 2010. ISSN 2177-5230. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/15509>>. Acesso em: 02 jun. 2020. doi:<https://doi.org/10.5007/2177-5230.2010v25n49p159>.

Apêndice A:

Ano	População total (hab)	Geração per capita (kg/hab/dia)	COLETA NORMAL					COLETA SELETIVA									
			Índice de cobertura coleta normal (%) (3)	População atendida por coleta normal (hab)	Massa de resíduos coletada total (kg/d)	Índice de cobertura coleta seletiva (%)	População atendida por coleta seletiva - (hab)	População que não é atendida por coleta seletiva (hab)	Massa de resíduos que segue para disposição final oriunda da coleta normal da população que não é atendida por coleta seletiva (kg/d)	Índice de adesão à coleta seletiva (%)	População que aderiu à coleta seletiva (hab)	População que não aderiu à coleta seletiva (hab)	Índice de resíduos oriundos da coleta normal da população coberta e que aderiram a ela, que seguem para disposição final (%)	Massa de resíduos que segue para disposição final oriunda da coleta normal da população coberta e que aderiram a ela (kg/d)	Índice de resíduos oriundos da coleta seletiva da população coberta por coleta seletiva e que aderiram a ela, que seguem para disposição final (%)	Massa de resíduos que segue para disposição final oriunda da coleta seletiva dos que aderiram (kg/d)	Massa de resíduos que segue para disposição final oriunda da coleta seletiva dos que não aderiram (kg/d)
2014	43.668	0.80	95	41.484	33.187	15	6.550	37.118	29.694	60	3.930	2.620	60	1.886	40	1.258	2.096
2015	44.050	0.80	96	42.288	33.830	20	8.810	35.240	28.192	60	5.286	3.524	60	2.537	40	1.692	2.819
2016	44.424	0.80	98	43.535	34.828	20	8.885	35.539	28.431	60	5.331	3.554	60	2.559	40	1.706	2.843
2017	44.800	0.80	99	44.352	35.482	25	11.200	33.600	26.880	60	6.720	4.480	60	3.226	40	2.150	3.584
2018	45.180	0.80	99	44.729	35.783	35	15.813	29.367	23.494	65	10.279	5.535	60	4.934	40	3.289	4.428
2019	45.564	0.80	99	45.108	36.086	40	18.225	27.338	21.871	65	11.847	6.379	60	5.686	40	3.791	5.103
2020	45.852	0.80	99	45.394	36.315	45	20.633	25.219	20.175	65	13.412	7.222	60	6.438	40	4.292	5.777
2021	46.177	0.80	99	45.715	36.572	50	23.088	23.088	18.471	65	15.008	8.081	60	7.204	40	4.802	6.465
2022	46.504	0.80	100	46.504	37.203	50	23.252	23.252	18.602	75	17.439	5.813	60	8.371	40	5.580	4.650
2023	46.833	0.80	100	46.833	37.467	55	25.758	21.075	16.860	75	19.319	6.440	60	9.273	40	6.182	5.152
2024	47.165	0.80	100	47.165	37.732	60	28.299	18.866	15.093	75	21.224	7.075	60	10.188	40	6.792	5.660
2025	47.353	0.80	100	47.353	37.882	60	28.412	18.941	15.153	75	21.309	7.103	60	10.228	40	6.819	5.682
2026	47.632	0.80	100	47.632	38.106	65	30.961	16.671	13.337	80	24.769	6.192	60	11.889	40	7.926	4.954
2027	47.913	0.80	100	47.913	38.331	65	31.144	16.770	13.416	80	24.915	6.229	60	11.959	40	7.973	4.983
2028	48.196	0.80	100	48.196	38.557	70	33.737	14.459	11.567	80	26.990	6.747	60	12.955	40	8.637	5.398
2029	48.481	0.80	100	48.481	38.784	75	36.360	12.120	9.696	80	29.088	7.272	60	13.962	40	9.308	5.818
2030	48.531	0.80	100	48.531	38.825	80	38.825	9.706	7.765	80	31.060	7.765	60	14.909	40	9.939	6.212
2031	48.753	0.80	100	48.753	39.003	85	41.440	7.313	5.850	85	35.224	6.216	60	16.908	40	11.272	4.973
2032	48.977	0.80	100	48.977	39.181	90	44.079	4.898	3.918	85	37.467	6.612	60	17.984	40	11.989	5.289
2033	49.201	0.80	100	49.201	39.361	95	46.741	2.460	1.968	85	39.730	7.011	60	19.070	40	12.713	5.609
2034	49.426	0.80	100	49.426	39.541	100	49.426	0	0	85	42.012	7.414	60	20.166	40	13.444	5.931

Prognóstico Resíduos.

Fonte: Samenco, 2015.

Apêndice B:

Ferramentas:

Arctoolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Fill

Arctoolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Direction

Arctoolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Accumulation

Arctoolbox – Spatial Analyst Tools – Map algebra – Raster Calculator

Equação: Con("fluxo_acc" >= 320,1)