UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

DECLARAÇÃO

Guilherme Teles da Silveira

Uso do geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterros sanitários na Região Metropolitana de Goiânia

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em: 05/11/2021.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Wellington Nunes de Oliveira (Orientador)

Profa. Dra. Márcia Maria dos Anjos Mascarenha (Co-orientadora)

Profa. Dra. Laís Roberta Galdino de Oliveira – UFG

Prof. Dr. Hugo José Ribeiro – UFG

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

Prof. Dr. Wellington Nunes de Oliveira

Em: 05/11/2021

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

- **Todos os campos do presente documento são de preenchimento obrigatório, sendo os mesmos adequados a quantidade de examinadores;**
- **Após preenchido, o documento deve ser assinado por todos os examinadores e também pelo orientador do referido trabalho.**

Documento assinado eletronicamente por **Wellington Nunes De Olveira**, **Professor do Magistério Superior**, em 08/11/2021, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2451948** e o código CRC **5398F405**.

Referência: Processo nº 23070.058108/2021-04 SEI nº 2451948

Espaço restrito aos editores de layout da REEC.

Uso do geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterros sanitários na Região Metropolitana de Goiânia

Use of geoprocessing to indicate areas favorable to the construction of landfills in the Metropolitan Region of Goiânia

Guilherme Teles da Silveira[1], Márcia Maria dos Anjos Mascarenha[2] Wellington Nunes de Oliveira[3]

Espaço restrito aos editores de layout da REEC.

PALAVRAS CHAVE:

Resíduos Sólidos;
Geoprocessamento;
Análise multicritério;
Aterros Sanitários;
Disposição Final.

KEYWORDS:

Solid Waste;
Geoprocessing;
Multicriteria Analysis;
Landfills;
Final Disposition.

RESUMO: A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define prazos para que municípios adequem sua disposição final de rejeitos. Todavia, com o vencimento destes e da criação do Novo Marco Legal do Saneamento esses prazos foram modificados. O presente trabalho tem por objetivo selecionar áreas, em potencial, para a construção de aterros sanitários na Região Metropolitana de Goiânia por meio da metodologia de análise multricritério e do Sistema de Informações Geográficas. A metodologia aplicada auxilia para a tomada de decisão em situações que envolvem mais de uma variável, de modo que foram selecionados critérios (sendo eles: declividade, mancha urbana, hidrografia, aeródromos, malha viária e unidades de conservação) baseados em normas e na literatura científica para realizar as análises propostas. O mapa final de áreas favoráveis foi gerado e ficou constatado que aproximadamente 45% da área em estudo são proibidas para a construção de novos aterros sanitários. Desta área os municípios de Goiânia, Goianira, Nerópolis, Santo Antônio de Goiás e Terezópolis são destaques por possuírem uma baixa ou nenhuma disponibilidade de áreas. A partir dos resultados apresentados pode-se concluir que é necessário que sejam feitas análises de solo (permeabilidade, sondagem, caracterização do solo, etc) em áreas favoráveis e muito favoráveis e a priori, a formação de consórcios intermunicipais para gestão dos resíduos sólidos urbanos.

ABSTRACT: *The National Solid Waste Policy (NSWP) imposed define deadlines do cities to adapt their final solid disposal. However, with the expiration of these deadlines and the creation of the New Sanitation Legal Framework, these deadlines were modified. The goal of this research is, through the metodology of multicrieria analysis and the Geografical Information System, to appoint areas in the Metropolitan Region of Goiânia for the construction of landfills.* The methodology applied helps to make decisions in situations that involve more than one variable, so that criteria were selected (such as: slope, urban area, hydrography, aerodromes, road network and conservation units) based on standards and the literature to carry out the proposed analyses. The final map of favorable areas was generated and it was found that 45% of the study area is prohibited for the construction of new landfills. From this area the municipalities of Goiânia, Goianira, Nerópolis, Santo Antônio de Goiás and Terezópolis are highlighted for having little or no availability of areas. From the results obtained, it can be concluded that it is necessary to carry out soil analyzes (permeability, drilling, soil characterization, etc.) in favorable and very favorable areas and, a priori, the formation of inter-municipal consortia for management urban solid waste.

*** Contato com os autores:**

[1] **e-mail: guilherme.teles@discente.ufg.br (G. T. Silveira)**
Engenharia Ambiental e Sanitária, Graduando, Discente, Universidade Federal de Goiás - UFG, (62) 99975-6299

[2] **e-mail: marciamascarenha@ufg.br (M. M. A. Mascarenha)**
Engenharia Civil, Doutora, Docente, Universidade Federal de Goiás – UFG.

[3] **e-mail: wellington.wno@gmail.com (W. N. Oliveira)**
Engenharia de Agrimensura e Geoprocessamento, Doutor, Docente, Universidade Federal de Goiás – UFG.

ISSN: 2179-0612

© 2017 REEC - Todos os direitos reservados.

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei no 12.305 de 2010 no Capítulo II, XI, define *gestão integrada de resíduos sólidos*: "[...] o conjunto de ações voltadas para solucionar o problema dos resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável [...]" (Brasil, 2010).

Desta forma, caráter integrado da gestão de resíduos sólidos refere-se tanto à necessidade de políticas que englobam diferentes setores, quanto aos diferentes aspectos sociais, ambientais e econômicos que envolvem esse setor do saneamento básico. Os múltiplos impactos que podem ser causados por problemas relacionados com o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos (RSU) evidenciam a importância de uma abordagem integrada da gestão desses serviços (Maiello, Brito & Valle, 2018).

É possível apontar, como exemplos da poluição causada pelos RSU's, os focos de lixo doméstico ou os provenientes de pequenos comércios em calçadas, ruas e locais inadequados; o entulho causado por galhos de árvores podadas não recolhidos e restos de construção (Sampaio, 2020).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos apresenta ainda prazos para adequação dos municípios em relação à disposição final de RSU, sendo eles: capitais de estados e municípios integrantes de Regiões Metropolitanas (RM) e Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDE) tinham até agosto de 2021, municípios com população superior a 100 mil habitantes têm até agosto de 2022, municípios com população entre 50 e 100 mil têm até agosto de 2023 e para municípios com população inferior a 50 mil habitantes o prazo é até agosto de 2024.

O Novo Marco Legal do Saneamento, sancionado no dia 15 de julho de 2015, veio para complementar as políticas já existentes e apresentou, entre outras demandas, novos prazos para o fim da utilização dos lixões em todo o país. Deste, tem-se que municípios com 100 mil habitantes ou mais devem encerrar tal utilização até agosto de 2022, municípios entre 50 e 100 mil habitantes tem o prazo máximo até agosto de 2023 e municípios com menos de 50 mil habitantes até agosto de 2024 (Brasil, 2020).

A disposição final, enquanto última etapa do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, requer atenção especial. O primeiro passo para uma disposição final adequada inicia-se com a seleção de locais favoráveis para a implantação do aterro sanitário, do ponto de vista ambiental. Áreas adequadas, além de promoverem a proteção ao ambiente e à saúde pública, representam menores gastos com as etapas de implantação, operação e encerramento do empreendimento, proporcionando economia em todo o processo (Lino, 2007).

No Brasil, com aproximadamente 211 milhões de habitantes de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a geração de RSU registrou considerável incremento entre os anos de 2010 e 2019, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2020). A maior parte dos RSU coletados no país segue para disposição em aterros sanitários, por outro lado, a quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) cresceu, passando de 25 milhões de toneladas por ano para pouco mais 29 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2020), evidenciando que a gestão integrada abordada pela PNRS possui falhas e não é ainda completamente compreendida e aplicada no país.

Com uma população aproximada de 7 milhões de habitantes segundo o IBGE, distribuída em 246 municípios, Goiás tem 55% de sua população concentrada na Região Metropolitana de Goiânia (RMG) e Região do Entorno do Distrito Federal (RIDE-DF) (Oliveira et al., 2020). Nesse contexto, é sabido que aproximadamente 71% (15 municípios) dos 21 (vinte e um) municípios da RMG possuíam disposição final de RSU inadequada

na data de elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Goiás – PERS (Goiás, 2017). Desse modo, percebe-se a necessidade de estudos que apresentem novas áreas para a concepção e instalação de aterros sanitários para disposição final dos RSU a fim de que a RMG se adeque às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ao Novo Marco Legal do Saneamento e ao PERS.

Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é definir possíveis áreas para a implantação de novos aterros sanitários na Região Metropolitana de Goiânia (RMG) a fim de realizar a disposição final de resíduos não perigosos, utilizando ferramentas do geoprocessamento para análise.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Antunes (2014), o Geoprocessamento é uma tecnologia aplicada do Sistema de Informação Geográfica (SIG) com um conjunto de técnicas e metodologias que implicam na aquisição, arquivamento, processamento e representação de dados georreferenciados. É também definido por Santos (2014) como sistemas onde sua principal característica é a integração de uma base de dados das informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo de cadastro urbano, rural, imagens de satélite, redes, dados e modelos numéricos de terrenos.

As técnicas do Geoprocessamento são as mais indicadas para uma análise preliminar das áreas candidatas ao aterro (Silva e Zaidan, 2004). Portanto, resultado da análise em SIG oferece áreas que se enquadram e são classificadas a partir dos critérios previamente selecionados. Faz-se necessária uma posterior análise in loco destas áreas para complementar o estudo realizado com o SIG, como, por exemplo, para a verificação das características geomorfológicas, litológicas e pedológicas da região oferecendo dados como compactação, tipo de solo, permeabilidade, dentre outros. As vantagens de se utilizar imagens de satélite, neste caso, são a rapidez e o baixo custo com que as análises podem ser feitas, evitando deslocamentos que geram gastos, por vezes desnecessários (Santos & Girardi, 2007).

As técnicas mais utilizadas de representação de mapas no SIGs são em Raster e Vetor. Os elementos também podem ser expressos por pontos, linhas e polígonos (Santos, 2014). A representação da matriz (raster) é composta por colunas e linhas, que definem células, denominadas como pixels, onde cada pixel apresenta um valor referente ao atributo (Santos, 2014).

Amaral e Lana (2017), Santos e Girardi (2007), Moreira et al (2002) comprovaram que a análise prévia em SIG para a indicação de novas áreas é uma ferramenta importante e eficiente dentro desse contexto. A utilização do 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 e 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 (Carrilho, Candido & Souza, 2018).

Apesar dos SIGs e dos métodos de decisão de multicritérios serem duas áreas distintas de pesquisa, os problemas de planejamento e gerenciamento do mundo real podem se beneficiar da combinação de suas técnicas e procedimentos (Carver, 1991; Jankowski, 1995; Lins & Ferreira, 1997; Gomes & Lins, 1999).

3. METODOLOGIA

2.1. Descrição da área de estudo

A área de estudo deste trabalho é a Região Metropolitana de Goiânia (RMG), que é a região mais populosa do estado de Goiás, concentrando aproximadamente 35% da população do estado (Ribeiro, 2017) e

consequentemente a região que mais produz resíduos sólidos urbanos com um volume diário de 1.915, 34 toneladas, representando 48,85% do total gerado no Estado (Goiás, 2014).

A RMG foi institucionalizada em 1999 por meio da Lei Complementar nº 27, alterada pela Lei Complementar nº 78 de 25 de março de 2010, sendo composta nesta época por 20 municípios (Ribeiro, 2017). Em 2019, foi publicada a Lei Complementar n° 149 de 15 de maio, que acrescenta à RMG a cidade de Santa Bárbara de Goiás, totalizando 21 municípios. Na figura 1 consta a localização e os municípios.

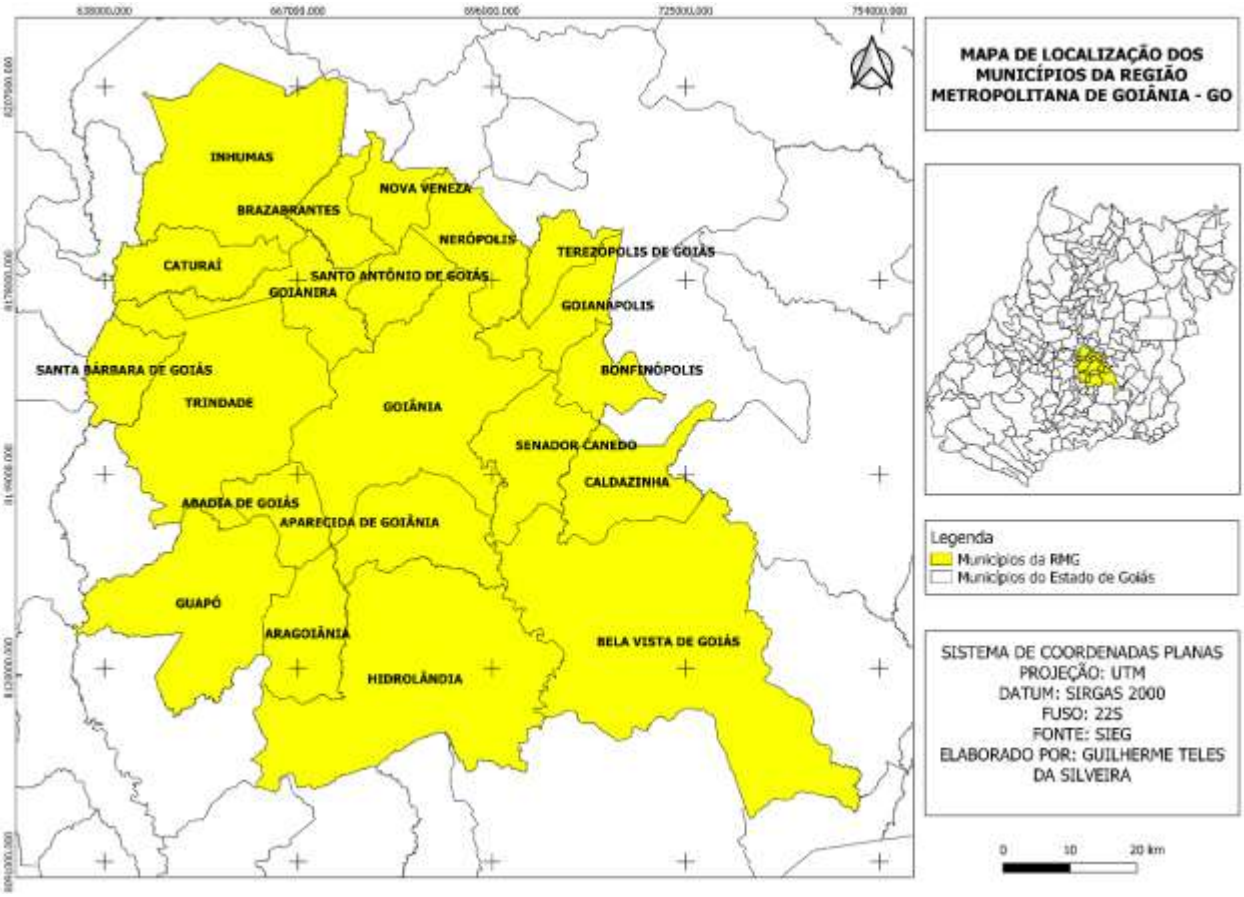

FIGURA 1: Mapa de Localização da RMG.

FONTE: Elaborado pelo autor.

Na tabela 1 constam os dados da população, da área e qual a disposição final dos municípios atualmente, sendo que essas informações foram obtidas a partir do contato direto com as prefeituras de cada um deles. Deste modo, observa-se que 8 municípios possuem disposições finais inadequadas, equivalente a uma população de 106.918 habitantes.

TABELA 1: Diagnóstico da Região Metropolitana			
MUNICÍPIO	HABITANTES	ÁREA (km²)	DISPOSIÇÃO FINAL
Abadia de Goiás	8.958	147,256	Aterro Sanitário
Aparecida de Goiânia	590.146	278,539	Aterro Sanitário
Aragoiânia	10.496	218,661	Lixão
Bela Vista de Goiás	30.492	1.275,849	Aterro Sanitário
Bonfinópolis	9.919	123,427	Aterro Sanitário sem licença
Brazabranes	3.746	123,072	Aterro Controlado
Caldazinha	3.848	249,691	Aterro Sanitário
Caturaí	5.101	205,078	Aterro Controlado
Goianápolis	11.224	169,013	Lixão
Goiânia	1.536.097	728,841	Aterro Sanitário
Goianira	45.296	212,552	Aterro Sanitário
Guapó	14.207	517,255	Aterro Sanitário
Hidrolândia	22.124	953,729	Aterro Sanitário
Inhumas	53.259	615,278	Lixão
Nerópolis	30.395	204,217	Aterro Sanitário
Nova Veneza	10.018	123,377	Lixão
Santa Bárbara de Goiás	6.634	138,234	Lixão
Santo Antônio de Goiás	6.440	132,805	Aterro Controlado
Senador Canedo	118.451	248,291	Aterro Sanitário
Terezópolis de Goiás	8.186	106,913	Aterro Sanitário
Trindade	129.823	710,328	Aterro Sanitário

Fonte: IBGE e SIEG, 2020

2.2. Seleção das áreas

A partir da NBR 13.896 (ABNT, 2017), e Amaral & Lana (2017) e Marques (2011), selecionou-se sete critérios para a seleção das potenciais áreas para construção de aterros sanitários que foram aplicados nas análises deste trabalho: declividade, distância de corpos hídricos superficiais, distância de núcleos populacionais, distância de vias de acesso, distância de aeródromos e áreas de unidades de conservação (UC).

Após a definição dos critérios, a segunda etapa foi a coleta de dados. Os dados dos municípios (limites e áreas), mancha urbana, hidrografia, malha viária e aeródromos foram obtidos do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG). Os modelos digitais de elevação (MDE) para processamento dos dados de declividade foram retirados do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) e por fim, as áreas

das unidades de conservação de uso sustentável e proteção integral que estão inseridas na região de estudo foram oriundas do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG-UFG).

Assim, utilizou-se o sistema de informações geográficas (SIG) e a análise de multicritérios como metodologia para a seleção das áreas. Trata-se de uma técnica que permite que a decisão seja pautada com base nos critérios considerados relevantes para o problema em questão pelos agentes decisores, em que a importância dos critérios é definida por estes, em um processo interativo com outros atores técnico-políticos (Jannuzzi, Miranda e Silva, 2009).

Para a execução do trabalho, delimitou-se o polígono referente a Região Metropolitana de Goânia (RMG), e fez-se o recorte de todos os critérios acima citados, gerando mapas temáticos da área, tais como: influência de rede hidrográfica, malha viária, de localização de aeródromos, de localização das unidades de conservação de uso sustentável e proteção integral e de declividade. Após serem recortados os arquivos vetoriais foram transformados do Datum horizontal SAD69 para o SIRGAS 2000 no sistema de coordenadas projetadas UTM Zona 22S. O resultado do processamento dos dados foi obtido de forma binária de modo que áreas dentro dos critérios de restrição receberam nota 0 (exibidas na cor preta durante o processamento) e fora destes receberam nota 1 (exibidas na cor branca durante o processamento). Ou seja, as áreas obtidas com nota 1 atendiam os critérios de forma isolada, e áreas com nota 0 já estavam descartadas por infringir algum destes.

Em seguida foram gerados buffers dos dados analisados de acordo com as restrições estabelecidas pela legislação (NBR 13.896). Para todos esses buffers foi criado uma camada chamada de proximidade (valores permitidos em cada critério) e proibições (valores mínimos e máximos que inviabilizam uma área). Por fim, utilizou-se a calculadora raster e aplicou a equação 01 para obtenção do mapa final.

$$(\sum critérios) * (\sum proibições) * (rmg): \qquad \text{Eq. 01}$$

Para o processamento dos dados foram analisados os valores apresentados na tabela 2.

TABELA 2: Critérios, valores limitantes e notas atibuídas

CRITÉRIO	VALORES LIMITANTES	NOTA ATRIBUÍDA
Declividade (D)	D > 30% ou D < 3%	0
	3% < D < 30%	1
Distância de corpos d'água (DA)	DA < 200m	0
	DA > 200m	1
Distância de Núcleos Populacionais (DP)	DP < 500m	0
	5.000m < DP < 15.000m (faixa ideal)	1
Distância de Vias de Acesso (DV)	DV < 100m	0
	DV > 100m	1
Distância de Aeródromos (DAE)	DAE < 13.000m	0
	DAE > 13.000m	1
Unidades de Conservação (UC)	Dentro do perímetro	0
	Fora do perímetro	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para fins de coleta de dados, a partir do mapa final gerado, foram obtidas 16 camadas de modo que os valores de 0 foram denominadas como camadas proibidas, 1 a 4 foram denominadas desfavoráveis, 5 a 8 razoavelmente favoráveis, 9 a 12 favoráveis e 12 a 16 muito favoráveis. Estes intervalos iguais foram determinados pelos autores de modo que quanto mais distante do valor 0 (áreas proibidas), mais satisfatória seria a área.

Após essa classificação, para a coleta das áreas individuais de cada município, foi utilizada a função poligonizar no software gerando arquivos individuais de cada um dos intervalos. Na sequência, foi gerado um arquivo shapefile de cada município a partir do recorte do polígono da RMG. Por fim, gerou-se a área na tabela de atributos de cada um dos municípios.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após processamento dos dados coletados, todas as informações geradas foram adicionadas no software utilizado para que a equação apresentada pudesse ser aplicada. Em seguida, após a aplicação desta, gerou-se o mapa final apresentado na Figura 2. Considerou-se área proibida a que houver violação de pelo menos um critério sugerido em norma, sendo, portanto, vetada à construção de aterros sanitários. Para a classe desfavorável e razoavelmente favorável os critérios são atendidos, entretanto os intervalos de valores não são os mais adequados para esse tipo de obra, o que pode acarretar em problemas de operação ou estruturais a longo prazo.

Por outro lado, as classes favorável e muito favorável são as mais indicadas para que ocorram as análises secundárias in loco e são potencialmente próprias para a implantação do aterro, visto que as variáveis analisadas são as mais indicadas para esse tipo de uso.

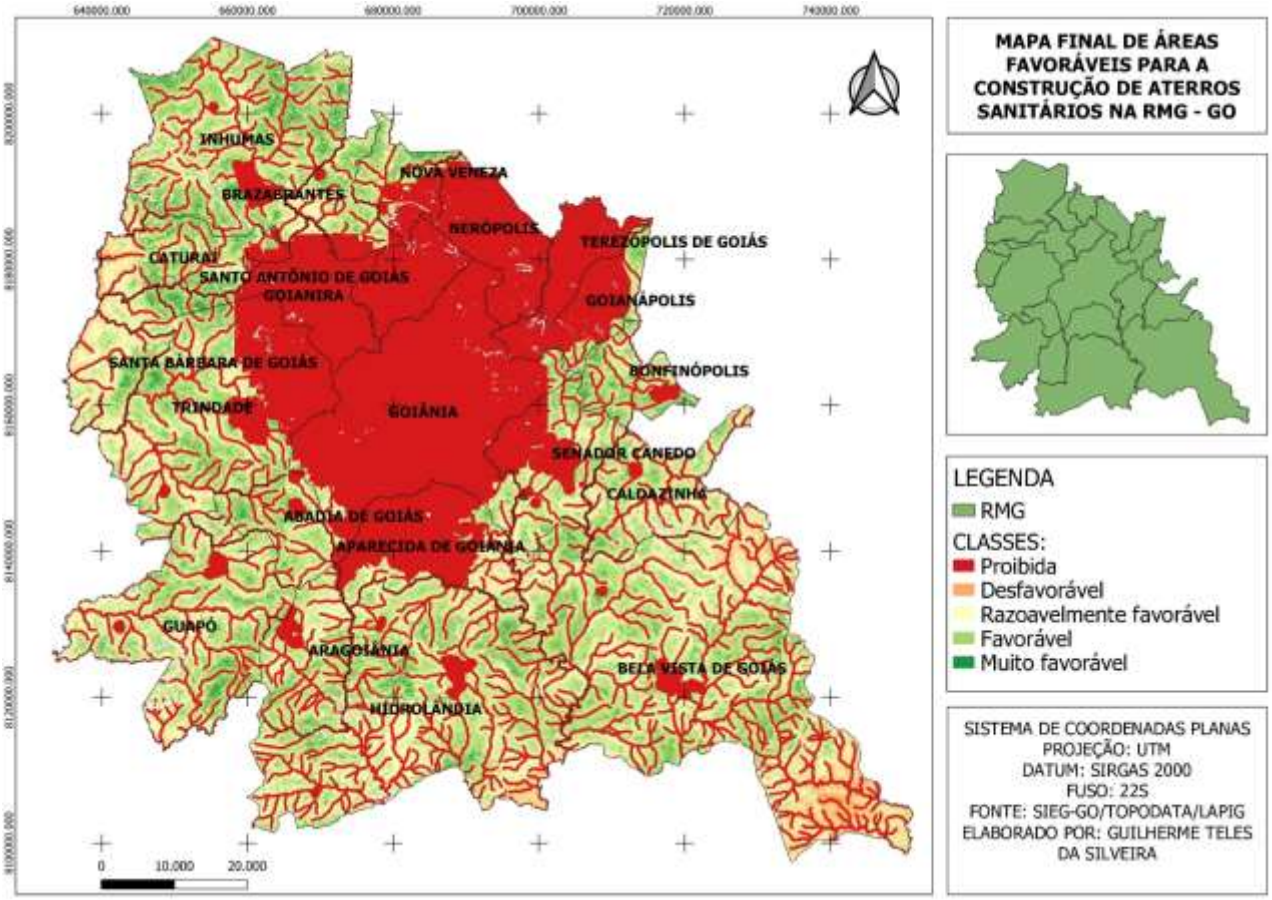

FIGURA 2: Mapa final de favorabilidade das áreas da RMG para a construção de aterros sanitários de resíduos não perigosos.

FONTE: Elaboração do autor.

No gráfico 1 e 2 a seguir é apresentado a dimensão de áreas totais, proibidas, favoráveis e muito favoráveis em cada município da região.

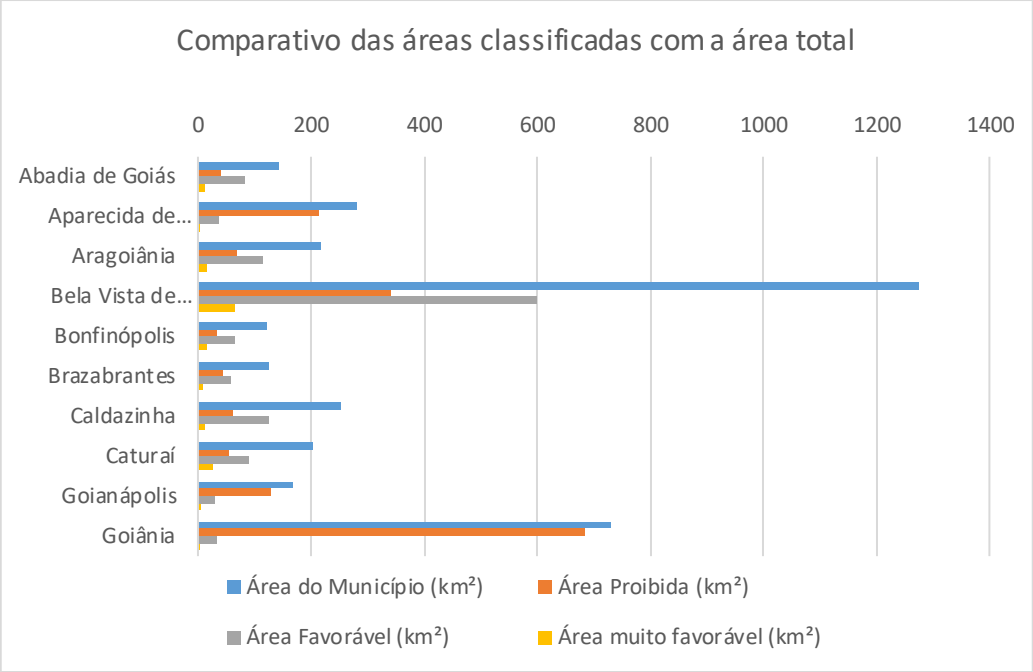

Gráfico 1. Comparativo das áreas classificadas com a área total de Abadia de Goiás à Goiânia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

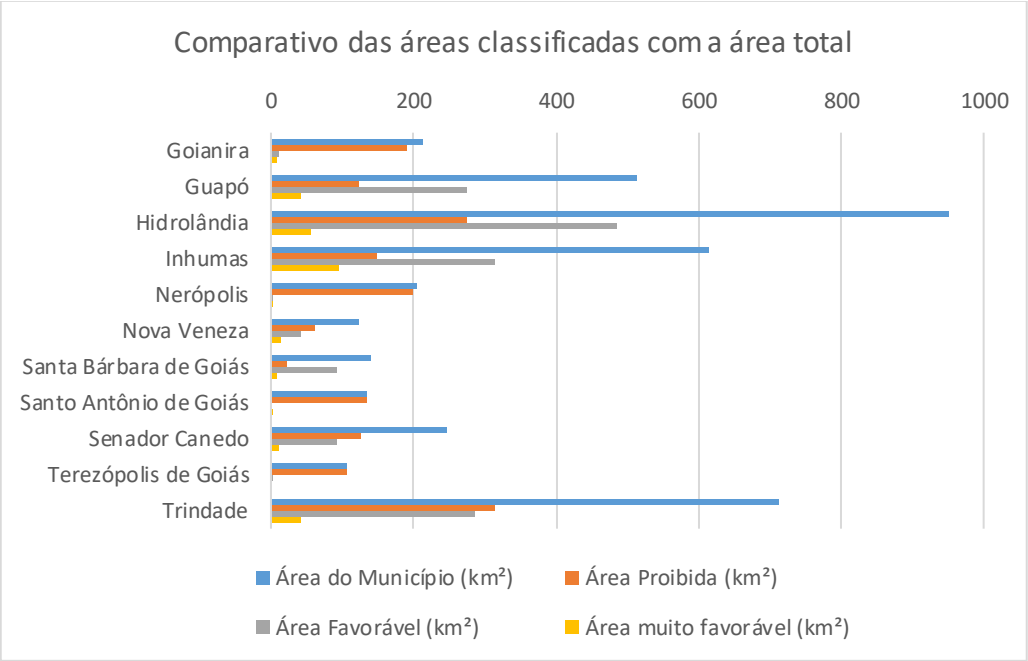

Gráfico 2. Comparativo das áreas classificadas com a área total de Goianira à Trindade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível apontar que a região metropolitana tem como área proibida total o valor de 3380,64 km² representando aproximadamente 45,19% de toda sua área. Ou seja, aproximadamente metade da área em estudo não está apta à construção de um aterro sanitário conforme a metodologia aplicada nesta pesquisa.

O município de Goiânia, capital do estado e um dos mais influentes na geração de resíduos da região devido ao número expressivo de habitantes, possui aproximadamente 5,18% da sua área territorial disponível para este fim, de modo que apenas 0,39% é classificado como muito favorável. Essa situação de ter um baixo

percentual de disponíveis (favoráveis e muito favoráveis) se repete em grande escala dentro desse espaço amostral, no município de Goianira (9,55%), Nerópolis (0,74%), Santo Antônio de Goiás (0,02%) e Terezópolis (aproximadamente 0%).

Segundo Oliveira Neto (2011), a preocupação com a distância entre a fonte geradora de RSU e a área onde será implantado o aterro sanitário merece grande destaque, pois pode inviabilizar o empreendimento. Grandes distâncias podem acarretar em custos excessivos e inviabilizar a operação do aterro. Por sua vez, curtas distâncias causam desvalorização de imóveis próximos, baixa aceitação social bem como danos ambientais (odores, contaminações e desconforto) para moradores adjacentes ao aterro. Dessa forma, devido à grande mancha urbana na região e da zona ideal apresentada no tópico metodológico, este critério foi um dos responsáveis pela maior indisponibilidade de áreas da região.

Outro critério responsável pela significativa proibição de áreas foi a presença de aeródromos. Segundo Marques (2011), é necessário que um raio de 13km do aeródromo seja distante de aterros sanitários. Aterro sanitários costumam atrair uma quantidade de aves significativa à sua volta, especialmente urubus. Enquanto aves e aeronaves parecem dividir o espaço aéreo pacificamente, a sua convivência é prejudicada com extremo risco. No caso da colisão com uma aeronave, um único pássaro tem o potencial de causar danos severos, levando em alguns casos a perda total da aeronave, sua tripulação e passageiros (Netzel & Sá, 2004).

O custo de implantação de um aterro sanitário é alto, o que onera ou até inviabiliza a adoção da solução pelos municípios, principalmente aqueles de pequeno porte, que em razão da falta de recursos técnicos e financeiros, enfrentam dificuldades para investimentos na instalação e operação da unidade (Mariano, Santos & Souza, 2020). Uma alternativa que está sendo encontrada pelos municípios, e também sendo proposta pela PNRS, é o consórcio intermunicipal para a gestão integrada dos resíduos sólidos. Consórcios públicos são pessoas jurídicas formadas exclusivamente por Municípios, Estados e/ou União para implementar uma gestão associada de serviços públicos (Henrichs & Lins, 2018).

Através deste instrumento legal as prefeituras de uma determinada região podem se reunir e gerir a questão dos resíduos sólidos urbanos, somando esforços e dividindo os custos decorrentes, o que se apresenta como uma solução para os países onde os recursos financeiros são escassos para este fim (Oliveira Neto, 2008). Esse tipo de consórcio promove aumento do volume de resíduos processados, consequentemente há ganho de escala e redução significativa dos custos de implantação e operação dos aterros, o que torna a adequação da gestão viável. Além disso, aqueles municípios que optarem pela solução consorciada têm prioridade de acesso aos recursos da União conforme prevê a PNRS (Mariano, Santos & Souza, 2020).

Por meio da Companhia de Investimento e Parcerias do Estado de Goiás (Goiás Parcerias), o governo estadual tem atuado junto aos municípios goianos e consórcios intermunicipais para viabilizar, por meio de assessoria técnica e jurídica, a elaboração de projetos e execução de obras de aterros sanitários, de acordo com as exigências da PNRS. Sabendo disso, alguns municípios da RMG estão inseridos em processos de consórcios intermunicipais, são eles: Abadia de Goiás, Aragoiânia, Bonfinópolis, Brazabrantes, Caldazinha, Caturaí, Goianira, Guapó, Inhumas, Nova Veneza, Santo Antônio de Goiás e Santa Bárbara de Goiás. Por sua vez, Goianápolis é o único município da região que não possui aterro sanitário e ainda não está inserido em algum processo de gestão integrada. Os municípios restantes já possuem os aterros sanitários como disposição final dos RSU e não se encontram em algum consórcio, como é o caso de Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás, Goiânia, Hidrolândia, Nerópolis, Senador Canedo, Terezópolis e Trindade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da apresentação dos resultados e das análises realizadas pode-se inferir que a aplicação da metodologia de análise de multicritérios no cruzamento das informações se mostrou eficiente para a seleção

das áreas potenciais para implantação de aterros sanitários, podendo ser um fator de auxílio em tomadas de decisão por gestores públicos. Além disso, permitiu uma classificação eficiente das áreas que reduz significativamente o tempo e os gastos com análises posteriores.

Ademais, percebe-se que municípios como Goiânia, Goianira, Nerópolis, Santo Antônio de Goiás e Terezópolis foram destaques com relação à quantidade de áreas proibidas. Nesse sentido, pode-se concluir que o mapa final apresentado pode ser utilizado como análise primária para os consórcios intermunicipais em andamento ou futuros, auxiliando na escolha da área final.

5. REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, São Paulo, SP, 2020. Disponível em: https://abrelpe.org.br/panorama/. Acesso em: fev. 2021.

AMARAL, D. G. P.; LANA, C. E. Uso de geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterro sanitário no município de Ouro Preto (MG). **Caderno de Geografia**, Ouro Preto, Minas Gerais, v.27, n.49, p.368–382, abr./jun. 2017.

ANTUNES, A. F. B. **Iniciando o Geoprocessamento.** Disponível em: http://people.ufpr.br/~felipe/sig.pdf. Acesso em: nov. 2014.

BRASIL. **Lei no 14.026**, de 15 de julho de 2020. Novo Marco Legal do Saneamento**.** Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, DF, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: abr. 2021.

BRASIL. **Lei no 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos**.** Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: mar. 2021.

CARRILHO, A. N.; CANDIDO H.G.; SOUZA, A. D. Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG). **Eng. Sanit. Ambient**. v.23, n.1. p.201–206, jan./fev. 2018.

CARVER, S. J. Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems. **International Journal of Geographical Information Systems**, 5:3, p.321-339. 1991. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02693799108927858. Acesso em: ago. 2021.

GOIÁS. **Elaboração do Panorama Geral dos Resíduos Sólidos, 1° parte**. Goiânia, 2014. Disponível em: http://www.egov.go.gov.br/secima/plano-de-residuos-solidos-goias.pdf. Acesso em: abr. 2021.

GOIÁS. **Plano de Resíduo Sólidos do Estado de Goiás.** Goiânia, 2017. Disponível em: https://www.meioambiente.go.gov.br/arquivos/pers_versao_final_forum_de_residuos_solidos.pdf. Acesso em: abr de 2021.

GOMES, E.G. & LINS, M.P.E. **Integração entre Sistema de Informação Geográfica e Métodos de Análise Multicritério no Apoio à Decisão Espacial.** *In*: XXXI SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Anais. Juiz de Fora, MG, 1999.

HENRICHS, J.; LINS, C. **Consórcio Público de Resíduos Sólidos – Confederação Nacional de Municípios. In**: Consórcio Público de Resíduos Sólidos – Principais aspectos técnicos e financeiros. 2017.

JANKOWSKI, P. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. **International Journal of Geographical Information Systems**. 9:3, p.251–273. 1995. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02693799508902036?needAccess=true. Acesso em: ago. 2021.

JANUZZI, P. M.; MIRANDA, W. L.; SILVA, D. S. G**.** Análise Multicritério e Tomada de Decisão em Políticas Públicas: Aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Informática Pública**, Belo Horizonte, ano 11, n.1, p.69–87, 2009.

LINO, I. C. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: Análise comparativa de métodos.** 2007. 99p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2007.

LINS, M.P.E.; FERREIRA, F. Sistemas de Informação Geográfica e Modelagem em PO. **Revista Pesquisa Operacional**, 17(2), p.178–187, 1997.

MAIELLO, A.; BRITO, A. L. N. P.; VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Administração Pública (RAP)**, Rio de Janeiro, p. 21–28. 2018.

MARIANO, E. D.; SANTOS, V. G.; SOUZA. C. A. **Análise de viabilidade econômica para instalação e operação de aterro sanitário consorciado entre municípios.** Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2020. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/987/1/TCC%202%20Final%20-%20Ewerton%20e%20Vanessa%20Final%20Autorizado.pdf. Acesso em: out. 2021.

MARQUES, M. D. **Seleção de área para implantação de aterro sanitário simplificado – Estudo de caso para o município de Guapó – GO.** Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, 2011.

MOREIRA, F. R. S.; BARBOSA, C.; CÂMARA, G.; ALMEIDA FILHO, R. **Inferência geográfica e suporte à decisão. Introdução à Ciência da Geoinformação.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**.** São José dos Campos, São Paulo, 2002.

NETO, R. O. **Modelo de estimativa dos custos em Aterros Sanitários para apoio de Estudos De Préviabilidade no Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos.** 2008. 147p. Tese (Doutorado em Engenharia De Minas, Metalúrgica e Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 2008.

NETZEL, C.; SÁ, M. E. P. **Estudo preliminar sobre a problemática das aves para a segurança do aeroporto internacional Tom Jobim e o aterro sanitário de Gramacho.** Fundação Getúlio Vargas (FGV). Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.resol.com.br/textos/Urubus-Marcelo-Monografia%20MBA%20Gestao%20Ambiental.pdf>. Acesso em: setembro de 2021.

OLIVEIRA, A. F.; MOYSÉS, A.; BARREIRA, C. C. A. M.; CUNHA, D. F.; BORGES, E. M.; MESQUITA, E. G. C.; ARAÚJO, E. V. P.; MELO, J. G. S.; HORA, K. E. R.; BRITO, L. C.; SANTOS, M. A. S.; MARQUES, R. S.; NACIFF, Y. D. N. **Panorama e Contexto da Região Metropolitana de Goiânia.** *In*: Luiz Cesar de Queiroz Ribeiro. (Org.). As Metrópoles e a COVID-19. 1ed. Rio de Janeiro: Observatório das Metrópoles, v. 1, p. 228-251. 2020.

OLIVEIRA NETO, J. T. **Determinação de áreas favoráveis à implantação de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos para o município de Piumhi-MG.** 2011. 43 p. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

RIBEIRO, J. D. **Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos na Região Metropolitana de Goiânia.** 2017. 96p. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, 2017.

SAMPAIO, P. G. **A poluição ambiental decorrente da má gestão dos resíduos sólidos urbanos nos municípios do Brasil.** 2008. Faculdade Christus - Fortaleza. Disponível em: <https://jus.com.br/imprimir/87171/a-poluicao-ambiental-decorrente-da-ma-gestao-dos-residuos-solidos-urbanos-nos-municipios-do-brasil>. Acesso em: novembro de 2021.

SANTOS, J. O. **Determinação de áreas aptas para a instalação de um aterro sanitário.** 2014. 38p. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2014.

SANTOS, J. S. e GIRARDI, A. G. **Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS.** 2007. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/DJHyxssg9nxxkW6dXztywcn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: agosto de 2021.

SILVA, X.J.; ZAIDAN, T.R. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações.** 2004. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 368 p.