

ANÁLISE MULTICRITÉRIO E GEOPROCESSAMENTO NA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS NA ÁREA SUL DA RIDE/DF

MULTICRITERIA ANALYSIS AND GEOPROCESSING IN THE SELECTION OF AREAS FOR LANDFILLS IN THE SOUTHERN AREA OF RIDE/DF

Renei Rocha de Carvalho – Universidade de Brasília (UnB)

RESUMO

O crescimento populacional e as mudanças nos padrões de consumo são as principais atividades que têm contribuído para o aumento da geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Com o aumento significativo da geração de RSU, estes por sua vez, na grande maioria das cidades brasileiras, são dispostos de forma totalmente inadequada, ou seja, em lixões a céu aberto, colocando em risco o meio ambiente como um todo. Tal situação é evidente na Região Integrada do Distrito Federal e Entorno (RIDE), região composta por 22 municípios e o Distrito Federal. Esta pesquisa buscou selecionar áreas adequadas para aterro sanitário no Sul da RIDE/DF para auxiliar na gestão dos RSU da região. Para isso, foram produzidos mapas de uso e cobertura do solo em escala multitemporal, definidos critérios, que foram ponderados por especialistas mediante a aplicação de questionários; já os pesos dos critérios foram calculados utilizando a metodologia da Análise Hierárquica de Processos (AHP). Os critérios, representados como plano de dados geográficos, foram padronizados e agregados por meio da Combinação Linear Ponderada (CLP), para produzir o mapa de áreas potenciais para aterros sanitários. Foram definidas quatro alternativas de áreas para aterro sanitário e, por meio de metodologia multicritério, selecionou-se a alternativa 1, localizada a 27 km ao sul de Luziânia. Os resultados indicam que os objetivos propostos foram alcançados e o método AHP integrado ao SIG fornece um procedimento para localização precisa de áreas para aterros que devem satisfazer a todas as partes interessadas.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Aterro sanitário. Análise Hierárquica de Processos.

ABSTRACT

Population growth and changes in consumption patterns are the main activities contributing to the increase in the generation of Urban Solid Waste (USW). With the significant increase in USW generation, these wastes, in most Brazilian cities, are disposed of in an entirely inadequate manner, such as in open-air dumps, putting the environment as a whole at risk. This situation is evident in the Integrated Region of the Federal District and Surrounding Areas (RIDE), a region consisting of 22 municipalities and the Federal District. This research aimed to select suitable areas for sanitary landfills in the southern part of RIDE/DF to assist in the management of USW in the region. For this, maps of land use and land cover on a multi-temporal scale were produced, and criteria were defined, which were weighted by experts through the application of questionnaires. The weights of the criteria were calculated using the Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology. The criteria, represented as geographic data layers, were standardized and combined using the Weighted Linear Combination (WLC) method to produce the map of potential areas for sanitary landfills. Four alternatives for landfill areas were defined, and through multi-criteria methodology, alternative 1, located 27 km south of Luziânia, was selected. The results indicate that the proposed objectives were achieved, and the AHP method integrated with GIS provides a procedure for the precise location of areas for landfills that should meet the needs of all stakeholders.

Keywords: Solid waste. Sanitary landfill. Analytic Hierarchy Process.

INTRODUÇÃO

1

O crescimento populacional e as mudanças nos padrões de consumo são as principais atividades que têm contribuído para o aumento da geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Sendo assim, a problemática sobre a geração dos RSU e sua disposição final vem crescendo de forma gradativa e ganha, portanto, cada vez mais espaço nas discussões técnicas e nas pesquisas da área de saneamento.

De acordo com o SNIS (2017), no Brasil, apenas 66,8% dos resíduos sólidos urbanos coletados foram depositados adequadamente em aterros sanitários, o restante, 33,2%, foram encaminhados para lixões e aterros controlados. No Centro-Oeste brasileiro, 67,2% dos resíduos coletados foram depositados de forma

irregular, em aterros controlados e lixões, apresentando-se, portanto, como a região de maior índice de disposição inadequada dos resíduos sólidos. O problema é perceptível também na RIDE/DF (Região Integrada do Desenvolvimento Econômico do Distrito Federal e Entorno), localizada no Centro Oeste brasileiro, onde possui apenas três aterros sanitários.

Apesar dos avanços contínuos, o problema dos resíduos sólidos ainda é um grande desafio para a gestão ambiental na atualidade, principalmente em relação a disposição final adequada, pois, com a expansão dos centros urbanos torna-se cada vez mais difícil encontrar áreas que reúnam as condições técnicas, ambientais e econômicas necessárias para a implantação de aterros sanitários (SHAHABI et al., 2013).

Para facilitar e reduzir os custos, o processo de escolha de áreas para aterros sanitários tem sido cada vez mais feito com base em análise espacial e em modelagem matemática, ou seja, por meio da integração dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com os métodos de análise multicritério, sendo o AHP um dos métodos mais utilizados. A Análise Hierárquica de Processos (AHP) é um método multicritério de apoio à tomada de decisão, desenvolvido por Thomas Saaty em 1980 (Saaty, 1980), para resolução de conflitos negociados e em problemas com múltiplos critérios e, pode ajudar os decisores a estabelecerem prioridades e tomar a melhor decisão frente a um problema. Para utilizar o método AHP e fazer comparações entre os critérios, é utilizado a escala fundamental de Saaty, o qual indica quantas vezes um elemento é mais importante ou mais dominante que o outro em relação ao critério ou propriedade em relação ao qual eles são comparados.

No processo de integração, os mapas de interesse são georreferenciados e sobrepostos em camadas (*layers* ou planos de informação), de modo que a análise espacial com base em lógica booleana e/ou lógica *fuzzy* resultante produza as possíveis áreas candidatas e/ou inadequadas, que podem ser separadas por fronteiras nítidas (Chang et al., 2008).

São vários os estudos que integraram o SIG com análise multicritério, como o de Maguri et al. (2016), que utilizaram o SIG, análise multicritério de apoio à decisão, sensoriamento remoto e vários critérios, como a produção de resíduos sólidos, distância de casas, de águas subterrâneas, uso do solo, dentre outros, para produzir um mapa de áreas potenciais, o que permitiu propor três áreas para aterro sanitário para a cidade de Mohammedia, em Marrocos.

Em estudo sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos, Khan e Samadder (2014) utilizaram a integração do SIG com o AHP e concluiu que a integração dos dois métodos fornece uma ferramenta eficaz na análise multicritério e na avaliação de locais mais adequados para os aterros sanitários.

Desta forma, esta pesquisa teve como objetivo principal o desenvolvimento de proposta metodológica utilizando método multicritério e Sistemas de Informações Geográficas para análise e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário no Sul da RIDE/DF e Entorno.

1. MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa foi desenvolvida no Sul da RIDE/DF e Entorno, situada na Região Centro-Oeste do Brasil, na porção Sudeste do Estado de Goiás. A área de estudo é composta pelos municípios de Águas Lindas de Goiás, Santo Antônio do Descoberto, Novo Gama, Cidade Ocidental, Valparaíso de Goiás, Luziânia e Cristalina. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

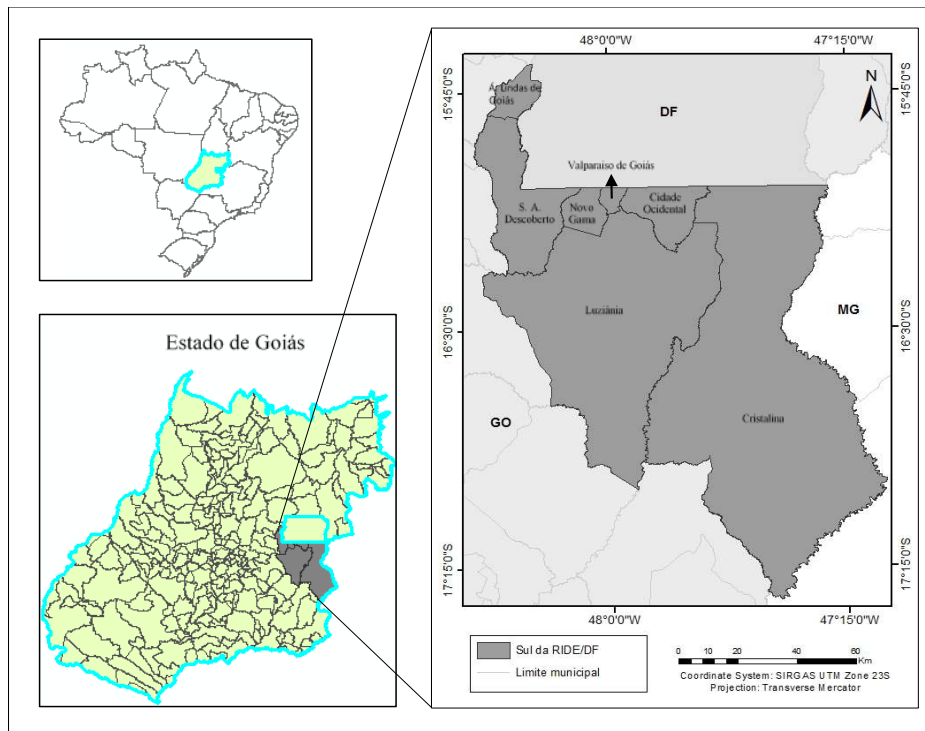


Figura 1 - Localização da área de estudo.

A RIDE/DF e Entorno, no âmbito do CORSAP/DF-GO, para a melhor gestão, encontra-se dividida em quatro regiões estratégicas de planejamento, a região Norte, com sete municípios, a Oeste, com cinco, o Distrito Federal e a região Sul, com sete municípios (CORSAP, 2013). Após análise das quatro regiões, decidiu-se escolher a região Sul para o desenvolvimento da pesquisa, que é de caráter científico e livre de interferências externas, pois trata-se da região, dentre as quatro, que possui a situação mais crítica no que tange à disposição final de RSU, com os atuais depósitos em lixões localizados nas proximidades das áreas urbanas e das fontes de captação de água para abastecimento público, e por ser a região que reúne as melhores condições geográficas para o manejo compartilhado dos RSU, inclusive com a premissa de futura importação de parte dos resíduos sólidos do Distrito Federal.

A pesquisa foi dividida em três etapas (Figura 2), sendo que a primeira consistiu na análise da evolução temporal do uso e cobertura do solo, a segunda, sobre a identificação de áreas potenciais para aterros sanitários e na terceira selecionou uma área para aterro sanitário regional no Sul da RIDE/DF.

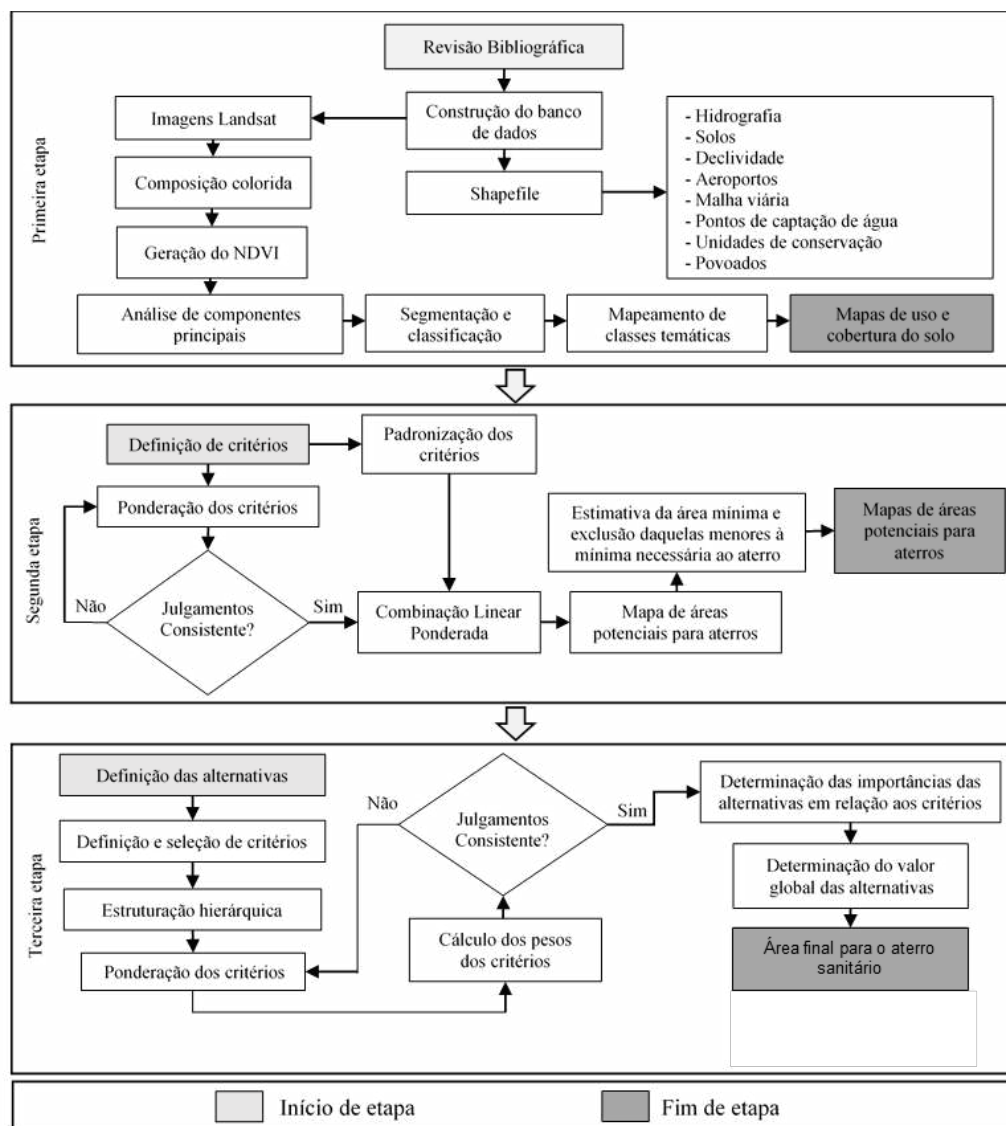


Figura 2 - Fluxograma das atividades desenvolvidas.

Classificação temática do uso e cobertura do solo

A classificação temática do uso e cobertura do solo foi realizada com as imagens do satélite Landsat 5 para os anos de 1986, 1996, 2006 usando as bandas espectrais do verde, vermelho e infravermelho próximo (bandas 2, 3 e 4), em uma composição do tipo falsa-cor, que segundo Almeida *et al* (2012) possibilita a separação de solo e da vegetação, com resolução espacial de 30 metros, e com as imagens do satélite Landsat 8 para o ano de 2016, usando as bandas espectrais do vermelho, infravermelho próximo e médio (bandas 3, 4 e 5) com resolução espacial de 30 metros, e a banda pancromática (banda 8), com resolução espacial de 15 metros.

Na classificação temática de imagem, foi utilizado o Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas (SPRING), desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Os mapas de uso e cobertura do solo foram classificados em oito classes, a área urbanizada, agricultura, mata de galeria, campo, cerrado, pastagem, solo exposto e corpos d'água.

4 Localização de áreas potenciais para aterros sanitários

Para esta etapa foi realizado um levantamento dos critérios para identificação de áreas potenciais para implantação de aterros sanitários. O levantamento teve como base a ABNT NBR 13.896/97, Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), dissertações, teses e artigos referentes a estudos de áreas para aterros sanitários. O objetivo deste levantamento foi selecionar os critérios e subcritérios mais importantes e mais utilizados na atualidade, como

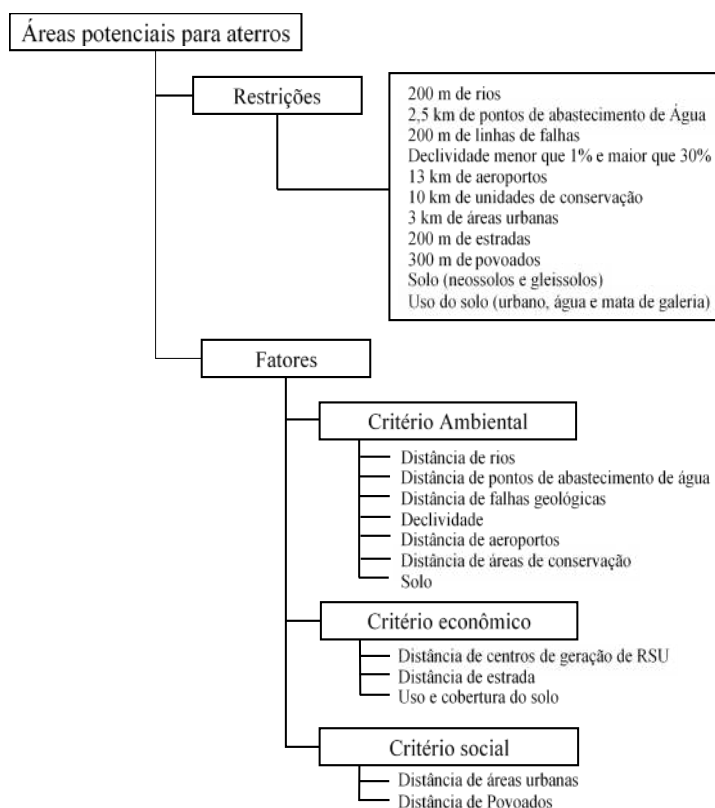


Figura 3 - Critérios e fatores para localização de áreas para aterros sanitários (modificado de NBR 13.896/97; Shahabi *et al.* (2013); Eskandari *et al.* (2015) e Maguri *et al.* (2016).

A padronização foi realizada por meio da reclassificação dos mapas, em formato matricial, usando a ferramenta Reclassify do ArcGIS, e aplicando notas de uma escala de 0 a 10. A nota 0 foi atribuída às áreas que não atenderam aos critérios de legislação, criando um *buffer* de proteção em volta dessas áreas e excluindo-as do processo de análise. Por outro lado, foi atribuída a nota 10 às áreas consideradas aptas, produzindo os mapas com áreas adequadas e inadequadas. Dentro da escala de padronização foram criadas faixas de aptidão, que variam de acordo com as notas atribuídas.

Após a padronização dos critérios e dos fatores, os mesmos foram ponderados por meio da comparação pareada, a qual foi feita por especialistas, mediante a aplicação de questionários, onde, fazendo o uso da escala fundamental para comparação pareada (Saaty, 1980), os especialistas atribuíram pesos aos critérios. A comparação pareada foi feita dentro dos seus respectivos níveis (ambiental, econômico e social). Após a comparação dos pares, os julgamentos dos diferentes especialistas foram agrupados pelo método de Agregação Individual de Julgamento (AIJ) pela Equação 1, que possibilitou obter a matriz global dos julgamentos.

(1)

Onde:

s : Número de especialistas.

w : Peso atribuído na comparação pareada.

m : Número de critérios.

5

Após o agrupamento da matriz global de julgamentos, foi construída a matriz normalizada aplicando a Equação 2, que consistiu em dividir cada valor da coluna da matriz pela soma dos pesos dessa coluna.

(2)

Onde:

C : Peso atribuído na comparação pareada dos critérios.

m : Número de critérios.

A partir da matriz normalizada, o peso final de cada critério foi calculado pela média aritmética de cada linha da matriz normalizada utilizando a Equação 3.

(3)

Onde m é o número de critérios.

A escolha do método AHP, para a presente pesquisa, justifica-se pelo fato deste permitir a atribuição de graus de prioridade, através da determinação de pesos. É um dos métodos mais utilizados para o apoio multicritério à decisão, e que vem sendo amplamente integrado ao SIG para a identificação de áreas potenciais para aterros sanitários. Além disto, o método baseasse no conhecimento e nas experiências de especialistas de diferentes áreas.

Seleção de alternativas para aterro sanitário

Para a determinação das áreas potenciais, foram realizadas quatro Combinações Lineares Ponderadas (CLP), sendo três no terceiro nível da hierarquia e uma no segundo nível. Para as combinações lineares ponderadas foi utilizada a extensão *Spatial Analyst Tools* e a ferramenta para sobreposição ponderada, a *Weighted Overlay*. A Combinação Linear Ponderada dos mapas foi realizada pela Equação 4.

(4)

Onde:

CLP: Mapa resultante da combinação linear ponderada.

C: Critério ou fator.

w: Peso do critério ou fator.

Seleção de alternativas para aterro sanitário

Para a realização desta etapa foi necessário definir as alternativas, um novo grupo de critérios, determinar a importância relativa dos critérios em relação as alternativas e a obtenção dos vetores de prioridades e de decisão. Para definir as alternativas, de um conjunto de inúmeras alternativas, e aplicar o método AHP, foi necessário eliminar várias alternativas. Para isso, foram eliminadas as áreas menores que a mínima exigida para o aterro sanitário e as que se localizavam distantes dos centros de geração de RSU, restando, portanto, apenas quatro áreas viáveis.

Para a definição do novo grupo de critérios, estes foram, primeiramente, pré-definidos por meio de pesquisas em literatura e adaptados para a realidade local da área de estudo de acordo com suas importâncias e disponibilidade de dados. Foram pré-selecionados seis critérios, sendo que os especialistas selecionaram quatro para a análise, a geração de resíduos sólidos urbanos, vida útil do aterro, custo de transporte e condições de acesso.

A determinação da importância relativa dos critérios foi feita por meio de julgamentos dos especialistas, feita por meio da aplicação de questionários, comparando os critérios entre si. Os especialistas consultados possuem conhecimentos nas áreas de resíduos sólidos, meio ambiente e geografia.

A obtenção dos vetores de prioridades foi feita pela normalização para o critério vida útil do aterro, e pela harmonização seguida da normalização para os demais critérios. A normalização é feita dividindo o valor do critério de cada alternativa pelo somatório do valor das alternativas. Já a harmonização é feita dividindo o somatório dos valores dos critérios das alternativas pelo valor de cada uma das alternativas e, em seguida, é feita a normalização para se obter o vetor de prioridade das alternativas em relação a este critério. Após isto, foi feita a avaliação global de cada alternativa pela Equação 5, que permite gerar os valores finais das alternativas, classificando-as por ordem de preferência dos julgadores.

6

(5)

Onde:

m : número de critérios.

n : número de alternativas.

w : peso do critério.

v : vetor de prioridade da alternativa.

E, finalmente, foi realizada análise de sensibilidade, para avaliar a estabilidade no ordenamento das alternativas obtidas quanto às mudanças nos pesos dos critérios.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação temática do uso e cobertura do solo

Para verificar as mudanças ocorridas ao longo do tempo em cada uma das classes (área urbana, agricultura, campo, cerrado, mata de galeria, pastagem, solo exposto e água), foram calculadas as áreas de cada classe para cada ano analisado, e a diferença entre as mesmas evidenciam o ganho ou a perda de área em cada classe. Os mapas de uso e cobertura do solo para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2016 são apresentados na Figuras 4.

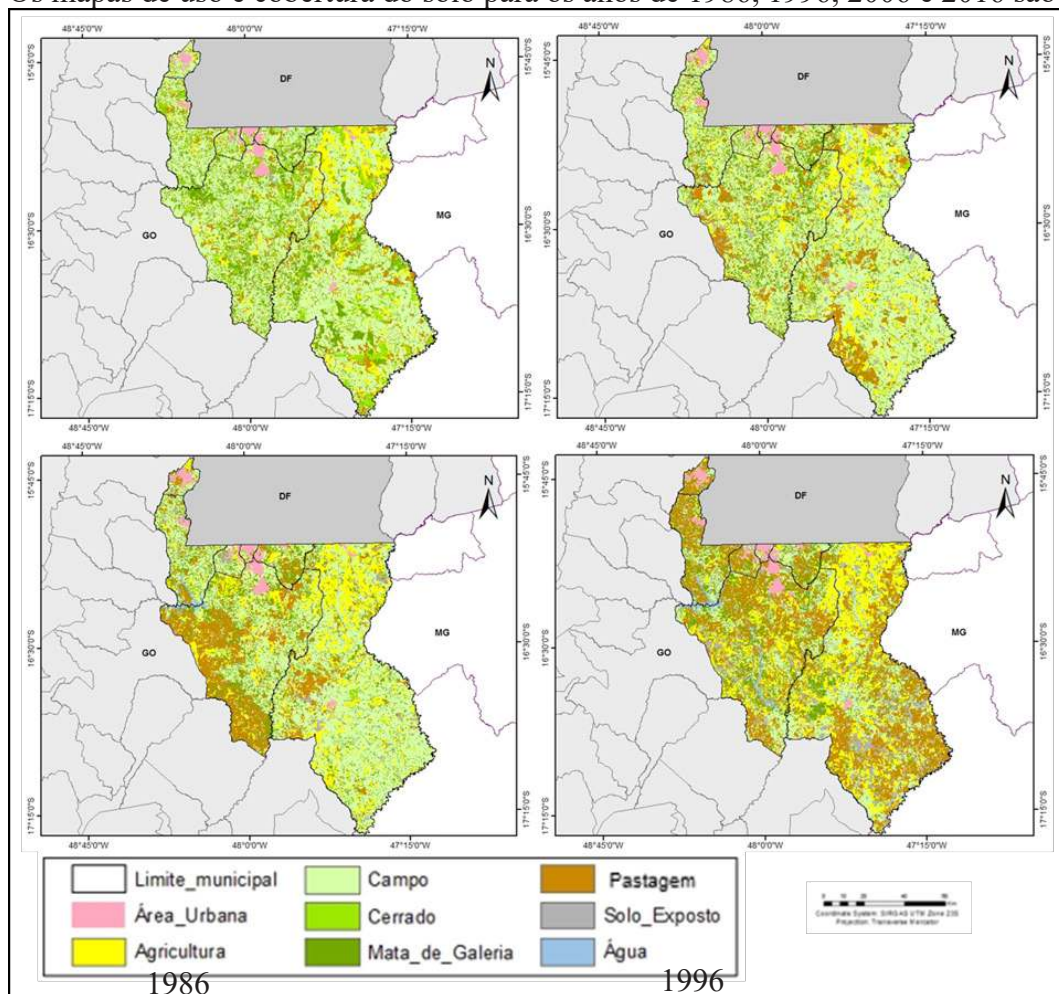


Figura 4 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2016.

Ao longo dos trinta anos analisados, as maiores mudanças ocorreram nas classes de: campo que possuía em 1986 cerca de 6371 km² e reduziu para cerca de 2484 km², ou seja, ocorreu uma redução de aproximadamente 156%; pastagem que possuía área de 1073 km², em 1986, e passou a ter cerca de 3604 km² em 2016, registrando um aumento de certa de 70%. Em termos percentuais, a maior mudança ocorreu na classe de cerrado, onde foi observado uma redução de cerca de 1225%. O mapeamento das classes do uso e cobertura do solo e o entendimento de sua dinâmica, realizada pela classificação temática se imagens digitais de sensoriamento remoto, são fatores preponderantes na localização de áreas potenciais para a implantação de aterros sanitários, cuja a classe de solo exposto é priorizada, por sugestão da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

7

2006

2016

Localização de áreas potenciais para aterros sanitários

A localização de áreas potenciais para aterros sanitários foi realizada por meio da combinação linear ponderada dos mapas de critérios ambientais, sociais e econômicos. A Figura 5 mostra a sequência de combinações de fatores e critérios para a produção do mapa de áreas potenciais para aterros sanitários.

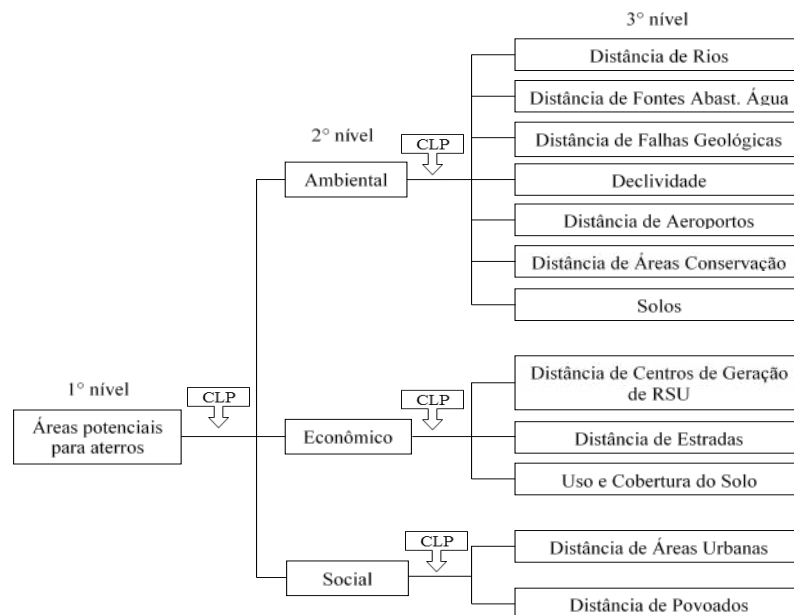


Figura 5 – Fluxograma de combinações dos fatores e critérios.

A Figura 6 apresenta o mapa de áreas potenciais para aterros sanitários no Sul da RIDE/DF e Entorno.

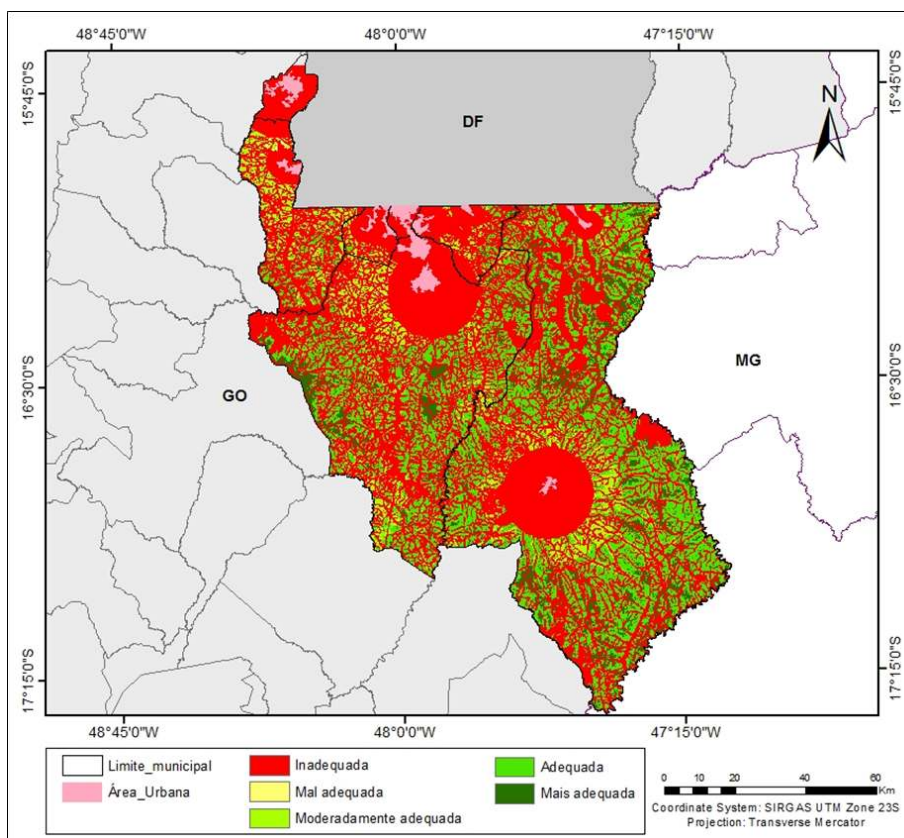


Figura 6 - Mapa de áreas potenciais para aterros sanitários no Sul da RIDE/DF.

O mapa de áreas potenciais para aterros sanitários foi reclassificado em cinco classes (inadequado, mal adequado, moderadamente adequado, adequado e mais adequado). Dentre os sete municípios do Sul da RIDE/DF e Entorno, Águas Lindas de Goiás e Valparaíso de Goiás não possuem áreas aptas para aterros sanitários. A ausência de áreas que atendem aos requisitos mínimos para implantação de aterro sanitário pode ser justificada pelo fato dos dois municípios possuírem a menor área territorial (190,56 e 61,20 km²) e a maior densidade

demográfica do Sul da RIDE/DF, com 1.004,46 e 2.555,79 hab/km² para os municípios de Águas Lindas e Valparaíso, respectivamente, tornando suas áreas totalmente restritas para implantação de aterros sanitários.

Por outro lado, o município de Cristalina é o que possui a maior área territorial (6.169,02 km²), menor densidade demográfica (8,81 hab/km²) e mais áreas potenciais para aterros sanitários (249.596,33 ha). O Sul da RIDE/DF, quando considerado apenas a classe mais restritiva, a classe “mais adequada”, apresenta cerca de 62.363,23 ha de áreas potenciais para aterro sanitário.

Seleção de alternativas para aterro sanitário

A definição das alternativas levou em consideração as áreas de classe mais adequadas, a área mínima necessária para o aterro, onde considerou o horizonte de projeto de 20 anos, por meio do qual foi determinada a área mínima de 230 ha para implantação do aterro sanitário. Sendo assim, foram excluídas as áreas menores que 230 ha, áreas de difícil acesso e áreas localizadas com elevadas distâncias em relação aos centros de geração de resíduos sólidos. Desta forma, restaram quatro alternativas que atenderam aos critérios estabelecidos. A Figura 7 apresenta as quatro alternativas para implantação de aterro sanitário.

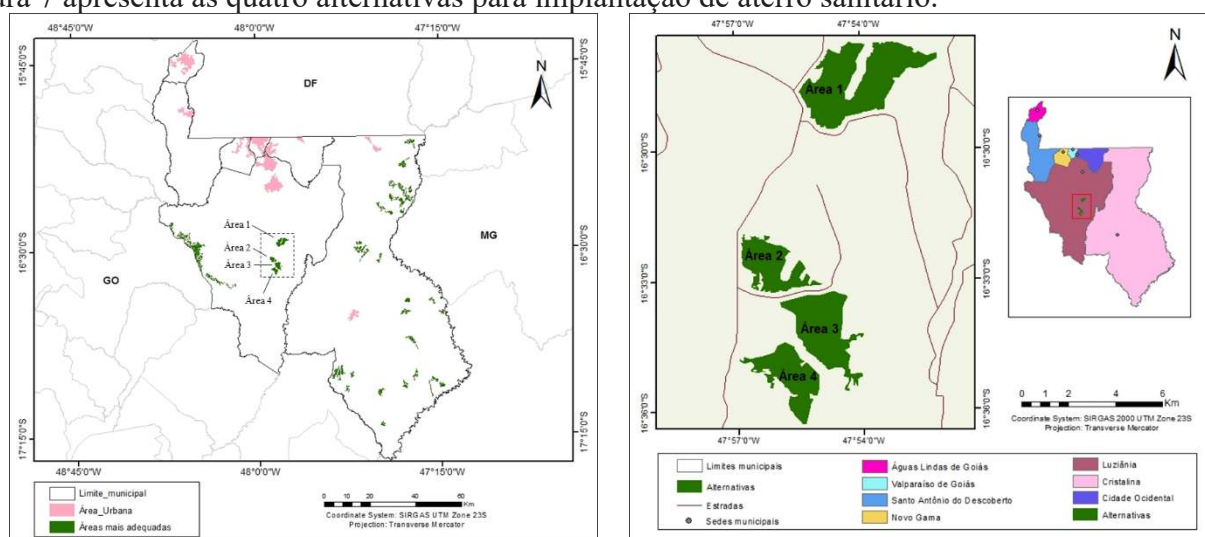


Figura 7 - Alternativas para aterro sanitário no Sul da RIDE/DF.

De acordo com a avaliação do uso e cobertura do solo, as quatro alternativas apresentam as classes de campo, pastagem, solo exposto e agricultura e, com exceção da alternativa 1, todas as outras são constituídas, em sua maior parte, por áreas campestres. Para as quatro alternativas foram calculadas as áreas, estimado a vida útil, a distância ao centro de massa de RSU, a porcentagem de pavimentação das vias de acesso e a distância para o centro de geração de resíduos sólidos da sede de cada município. A Tabela 1 apresenta área, vida útil, distância do centro de massa de resíduos da região e porcentagem de pavimentação das vias de acesso.

Tabela 1 - Área, vida útil, distância do centro de massa de resíduos da região e porcentagem de pavimentação das vias de acesso.

Alternativa	Área (ha)	Vida útil (ano)	Distância do Centro de Massa de RSU (km)	Pavimentação das vias de acesso (%)
Área 1	1059,5	50,9	53,8	16,7
Área 2	410,5	29,2	63,6	14,7
Área 3	643,6	38,7	68,2	13,2
Área 4	458,4	31,4	67,6	13,0

A Tabela 2 apresenta as distâncias otimizadas entre as alternativas e as sedes dos municípios.

Tabela 2 - Distância das alternativas às sedes dos municípios.

Município/sede	Distância (km)			
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Águas Lindas de Goiás	141	150	155	154
Santo Antônio do Descoberto	108	118	123	122
Novo Gama	57	67	71	71
Valparaíso de Goiás	52	61	66	65
Cidade Ocidental	51	60	65	64
Luziânia	27	37	42	41
Cristalina	71	74	79	79

De acordo com a Tabela 2, observa-se que todas as alternativas ficam localizadas a distâncias superiores a 20 km de todos as sedes dos municípios, o que necessita de estações de transbordo para reduzir os custos de transportes. As estações de transbordo são as instalações onde se faz o traslado dos RSU de um veículo coletor a outro veículo com capacidade de carga superior, tipo carretas e caminhões (NUNES e SILVA, 2015).

As alternativas foram submetidas a uma nova avaliação multicritério para o ordenamento das mesmas e, assim, selecionar a melhor área, de acordo com a avaliação dos especialistas. Os especialistas, por meio da comparação pareada, atribuíram pesos aos critérios. A Tabela 3 Matriz global de julgamento dos especialistas e peso dos critérios.

Tabela 3 - Matriz global de julgamento dos especialistas e peso dos critérios.

Critérios	Geração de RSU	Vida útil do aterro	Custo de transporte	Condições de acesso	Peso dos critérios
Geração de RSU	1	0,880	0,880	1,732	0,249
Vida útil do aterro	1,136	1	0,809	3,201	0,300
Custo de transporte	1,136	1,236	1	3,482	0,340
Condições de acesso	0,577	0,312	0,287	1	0,111

Os julgamentos dos especialistas apresentaram inconsistência dentro do limite aceitável, com $RC=0,015$, pois o máximo permitido para a comparação de quatro critérios é de 0,08 (Saaty, 1980). Com as informações dos pesos dos critérios, foram determinados os vetores de prioridades para calcular os valores gerais de classificação das quatro alternativas. A Figura 8 apresenta os vetores de decisão das alternativas.

Figura 8 - Vetor de decisão das alternativas de áreas para aterro sanitário.

De acordo com a Figura 8, a alternativa selecionada para implantação de aterro sanitário no Sul da RIDE/DF foi a área 1, sendo esta, a maior dentre as quatro alternativas e, conseqüentemente, a que possui a maior vida útil, com 50,9 anos e, além disso, localiza-se mais próxima aos grandes centros geradores de resíduos sólidos, o que pode minimizar os custos de transporte. A Figura 9 apresenta a análise de sensibilidade.

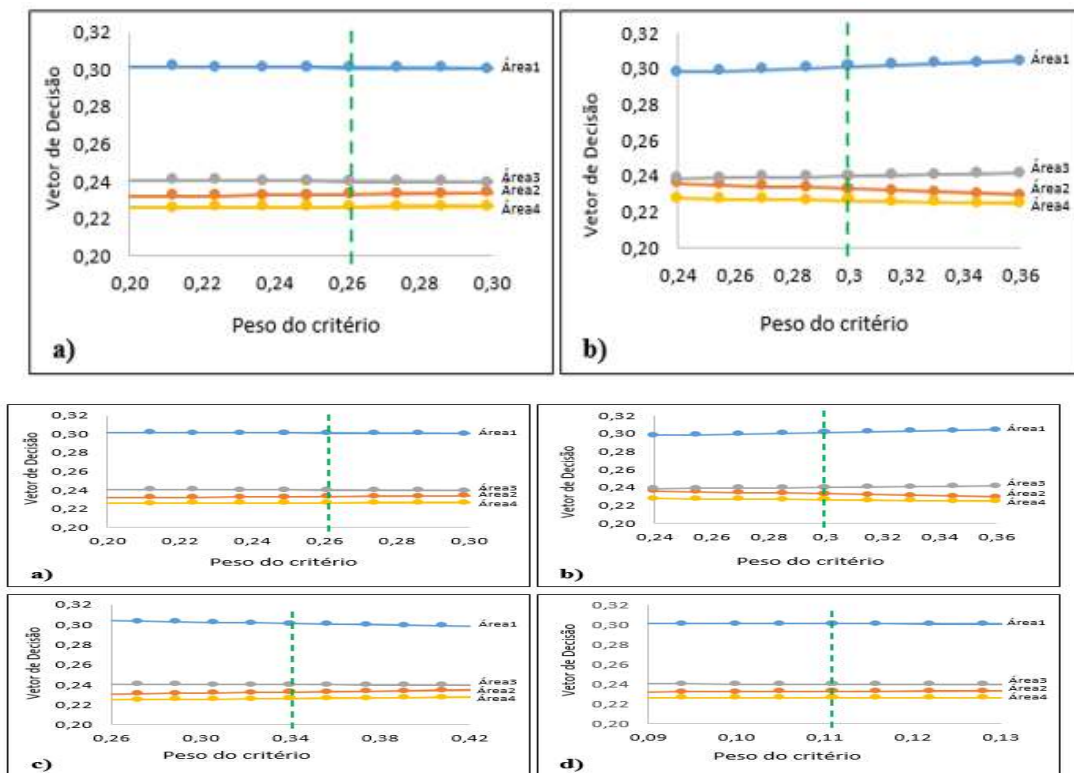


Figura 9 - Sensibilidade no ordenamento das alternativas às mudanças de peso do critério: a) Geração de RSU, b) Vida útil do aterro, c) Custo de transporte e d) Condições de acesso.

De acordo com a Figura 9, é observado que mesmo alterando em 20% para mais e para menos os pesos dos critérios, não ocorre inversões na avaliação global das alternativas. Assim, a análise de sensibilidade, por conseguinte, indica que os valores de classificações são estáveis, mostrando a preferência pela área 1 em todos os cenários de avaliação, sendo esta, considerada pelos especialistas, o local mais indicado para a construção do aterro sanitário regional no Sul da RIDE/DF.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multitemporal para o período de 30 anos mostrou que ocorreram expansão das áreas de agricultura, da área urbana, das áreas de pastagens e de solo exposto, com elevados valores de variação. Por outro lado, ocorreram reduções nas áreas de campo, de cerrado e de mata de galeria, refletindo o atual modelo de ocupação do solo que, provavelmente, ocorre de forma não planejada, sendo o uso e cobertura do solo um dos critérios utilizados para a seleção de áreas par aterro sanitário.

O estabelecimento e agregação dos critérios ambientais, econômicos e sociais e seus respectivos fatores produziu um mapa de áreas potenciais aptas para aterros sanitários, com a classe “mais adequada” com cerca de 20.135,60 hectares, das quais foram definidas quatro alternativas para aterros sanitários.

Por meio da análise multicritério foi possível selecionar uma área para aterro sanitário, a alternativa 1, situada a 27 quilômetros ao Sul do município de Luziânia, senta esta julgada como a melhor área para instalação de um aterro sanitário, segundo os especialistas, e a análise de sensibilidade mostrou-se robusta, permanecendo inalterado o ordenamento das alternativas quando alterados em 20% para mais e para menos os pesos originais dos critérios.

De modo geral, os resultados obtidos mostram que os algoritmos de geoprocessamento existentes em um SIG integrado ao AHP são ferramentas úteis e eficientes no processo de seleção de áreas potenciais para aterros sanitários, por permitirem a análise dos dados existentes de maneira precisa e rápida, reduzindo os custos e a quantidade de áreas a serem analisadas, além de auxiliar em estudos de diagnósticos interdisciplinares.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. S.; SOUZA, N. M. E CAMAPUM DE CARVALHO, J. *Produção de carta geotécnica preliminar da capacidade de infiltração de água no solo em uma área do entorno do reservatório da usina*

hidrelétrica de Corumbá IV (GO). In: José Camapum de Carvalho; Gilson de Farias Neves Gitirana Junior; Eufrosina Terezinha Leão Carvalho. (Org.). Tópicos sobre infiltração: teoria e prática aplicadas a solos tropicais. 1ed. Brasília: Universidade de Brasília, v. 4, 2012, p. 581-606

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 13.896. *Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação*. Rio de Janeiro, RJ, 1997.

CHANG, N. B.; PARVATHINATHAN, G. E BREEDEN, J. B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of Environmental Management*, 87, p.139–153, 2008.

CONSÓRCIO PÚBLICO DE MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E DAS ÁGUAS PLUVIAS DA REGIÃO INTEGRADA DO DISTRITO FEDERAL DE GOIÁS (CORSAP-DF/GO). (2013). Estatuto. Disponível em: <http://corsapdfgo.eco.br/wp-content/uploads/2015/arquivos/Estatuto.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro de 2019.

ESKANDARI, M.; HOMAEE, M.; MAHMOODI, S.; PAZIRA, E. E GENUCHTEN. M. TH. Optimizing landfill site selection by using land classification maps. *Environ Sci Pollut Res*, 22, p.7754-7765, 2015.

KHAN, D., E SAMADDER, S. R. Municipal solid waste management using Geographical Information System aided methods: A mini review. *Waste Management & Research*, 32(11), p.1049-1062, 2014.

MAGUIRI, A. E.; KISSI, B.; IDRISSE, L. E SOUABI, S. Landfill site selection using GIS, remote sensing and multicriteria decision analysis: case of the city of Mohammedia, Morocco. *Bull Eng Geol Environ*, 75, p.1301–1309, 2016.

NUNES, R. R. E SILVA, R. A. Transbordo de resíduos sólidos. *Revista pensar Engenharia*, 3(1), p.1-18, 2015.

SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, 287p, 1980.

SHAHABI, H.; KEIHANFARD, S.; AHMAD, B. B. E AMIRI, M. J. T. Evaluating Boolean, AHP and WLC methods for the selection of waste landfill sites using GIS and satellite images. *Environ Earth Sci*, p.4221-4233, 2013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, p.218, 2017.