

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Uso do Método Multicritério para Tomada de Decisões da Definição de Possíveis Áreas para o Novo Aterro Sanitário do DF

Johanna Augusta Arend dos Santos

Mestranda em Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil, johannaaarends@gmail.com

Newton Moreira de Souza

Professor Associado, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil, nmsouza@unb.br

André Luís Brasil Cavalcante

Professor Associado, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil, abrasil@unb.br

RESUMO: Nesse trabalho serão analisados possíveis locais para a construção de um novo Aterro Sanitário, visando suprir a demanda do Distrito Federal, capital do Brasil, e entorno. Para a obtenção dos locais mais propícios, realizou-se uma busca de dados georreferenciados, levando em consideração algumas premissas referentes à normativas de escolhas de áreas para a disposição de resíduos. Os pontos selecionados como mais adequados foram identificados em um mapa.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento; Disposição de resíduos sólidos; Aterro Sanitário; Cartografia Geotécnica.

ABSTRACT: In this work, possible sites for the construction of a new landfill will be analyzed, aiming to meet the demand of the Federal District, capital of Brazil, and surrounding areas. In order to obtain the most suitable sites, research for georeferenced data was carried out. This research took into consideration some assumptions regarding the normative choices of areas for waste disposal. The points selected as most suitable were identified on a map.

KEYWORDS: Geoprocessing; Solid Waste Disposal; Landfill; Geotechnical Cartography.

1 Introdução

A disposição final de resíduos sólidos no Distrito Federal (DF) tem sido um problema desde o princípio da urbanização dessa região. A partir da metade da década de 50 já se depositava resíduos no Aterro Controlado do Jôquei Clube, que permaneceu em operação até o ano de 2018. Sabe-se que a deposição de resíduos em aterros controlados e lixões não atende às premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil (PNRS) de 2010, devendo ser, portanto, substituídos por outras soluções que sejam ambientalmente corretas.

Atualmente, os resíduos sólidos urbanos gerados no DF têm como principal destino o Aterro Sanitário de Brasília (ASB), cuja construção foi realizada de acordo com o exigido por lei (PNRS, 2010). Entretanto, sabe-se que aterros sanitários possuem uma vida útil limitada, no caso do ASB, o projeto foi executado para uma projeção de 13,3 anos de operação. Essa previsão levou em conta ainda um melhor aproveitamento dos resíduos gerados na capital, seja para a compostagem ou para a reciclagem, o que reduziria a quantidade de rejeito aterrado no ASB (SLU, 2018).

Havia a perspectiva de um aumento nos resíduos levados para a reciclagem, de uma maior conscientização da população quanto à redução de geração de resíduos. Havia, também, a expectativa de implementação da Lei Distrital nº 5.610 (Distrito Federal, 2016) que dispõe sobre grandes geradores, além do aumento da compostagem de orgânicos puros, uso de novas tecnologias e acordos com municípios do entorno que possuíssem aterros sanitários. Alguns pontos foram implementados, como a lei de grandes geradores e os esforços para o aumento da coleta seletiva, mas outros pontos, como o aumento do quantitativo dos resíduos processados em usinas de tratamento e a redução efetiva do volume de resíduos aterrados, não tiveram um impacto significativo de 2018 a 2020 (SLU – DF, 2020).



De acordo com o Relatório de 2019 do SLU, caso a demanda de aterramento de resíduos se mantivesse a mesma de 2019 ao longo dos anos, a vida útil do ASB seria reduzida para pouco mais de dez anos. Isto posto, com o aumento de resíduos aterrados observado, percebe-se, que a necessidade de se encontrar um novo local para destinação final dos resíduos sólidos do DF se torna cada vez mais próxima.

Para definir o local desse novo projeto, há diversos critérios que devem ser levados em consideração, para que o local escolhido se enquadre nas exigências legais, dispostas: na NBR 8419 (ABNT, 1996); NBR 13896 (ABNT, 1997); na Lei Federal nº 6.938 que define a Política Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 1981); na Lei Federal nº 9.985 sobre Unidades de Conservação (Brasil, 2000); na Lei Federal 12.651 (Brasil, 2012); nas resoluções CONAMA 001, 005 e 237 (CONAMA, 1986, 1988, 1997); entre outros mecanismos regulatórios. Além de respeitar as normativas legais, a área deve apresentar condições técnicas, ambientais e econômicas favoráveis.

Portanto, o presente trabalho busca explorar as possibilidades de localização e definir, com base em uma análise multicritério espacializada, qual seria a melhor opção para implantação de um novo aterro sanitário no DF. Será realizada uma análise cartográfica, por meio de ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG), com o intuito de selecionar possíveis pontos para um novo aterro sanitário no DF, a fim de atender a região e o entorno. O estudo levará em consideração alguns pontos essenciais na escolha do local: poluição (água, ar e solo), deslocamento dos caminhões coletores até o local, Zoneamento Econômico Ecológico (ZEE), Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT), pedologia, uso do solo, topografia, geologia, recursos hídricos, acesso, área disponível, meteorologia e a presença de moradores nas vizinhanças.

2 Objetivos

Mapear, por meio da utilização de ferramentas SIG e do cruzamento de informações geográficas, locais mais propícios para a operação de um Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos para atender o DF e o entorno.

3 Metodologia

A metodologia utilizada na presente pesquisa baseia-se nos passos propostos na Figura 1. Para a escolha das áreas para a implantação de um novo aterro sanitário no Distrito Federal dividiu-se a metodologia em quatro fases: revisão bibliográfica, caracterização da área; aplicação do método e análise dos resultados. A primeira fase consiste na escolha e validação da metodologia de análise multicritério a partir de trabalhos anteriores, além do levantamento de informações existentes a respeito da área de estudo.

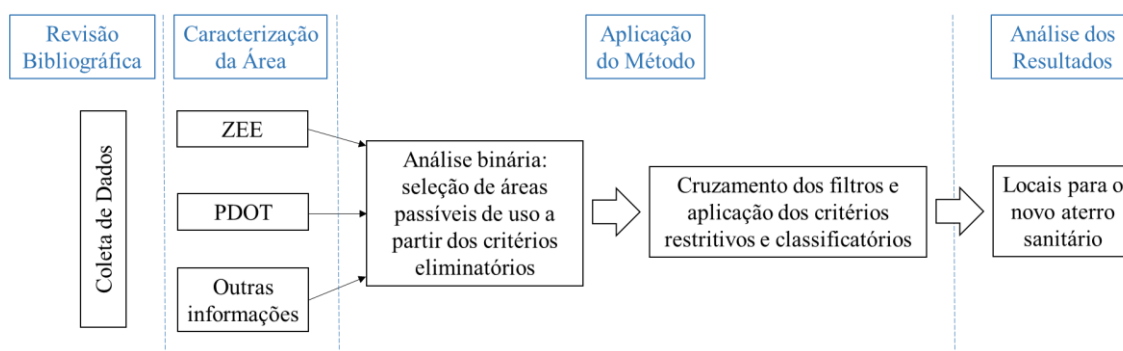


Figura 1- Etapas da metodologia

Na segunda fase, realiza-se uma busca de informações do DF a respeito de poluição, deslocamento dos caminhões coletores até o local, Zoneamento Econômico Ecológico (ZEE), Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT), pedologia, uso do solo, topografia, recursos hídricos, acesso, área disponível, meteorologia e a presença de moradores nas vizinhanças.

Essas informações coletadas são organizadas em ambiente SIG, compatibilizadas e classificadas de acordo com o tipo de informação. Posteriormente, esses dados são combinadas para a terceira fase, de aplicação do método, em que são definidos os critérios restritivos, classificatórios e eliminatórios a serem empregados. Por fim, faz-se o cruzamento das informações e a definição das melhores áreas.



A partir dessas informações, aplica-se filtros para que as áreas cujo uso seja impossibilitado, não façam parte dos possíveis locais de escolha para a operação do aterro sanitário, realizando-se uma análise binária. Após a aplicação dos filtros, tem-se um mapa resultante para cada fonte. Em seguida, cruza-se os resultados obtidos na etapa anterior e, a partir desses, pode-se determinar os locais prioritários para a implementação do aterro sanitário.

A partir das normativas utilizadas como base, realiza-se uma busca de informações geográficas que servem de subsídio para a escolha de possíveis locais para o aterro sanitário. Como resultado da busca, foram encontradas informações referentes ao ZEE. Aquelas consideradas de relevância para a presente pesquisa, foram organizadas em forma de mapas nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

Na Figura 2 estão expostas as áreas de proteção ambiental (APAs) do DF, que permitem um certo grau de ocupação humana, mas as atividades e usos desenvolvidos nessas regiões, estão sujeitos ao cumprimento de disposição legal específica. Percebe-se que APAs do DF compreendem boa parte do território, o que leva a necessidade do uso de técnicas e atitudes que conciliem o uso da terra e o desenvolvimento regional com a manutenção dos processos ecológicos essenciais. Além das APAs, o mapa localiza os parques, estações ecológicas e áreas de proteção de mananciais, locais não propícios para implementação de um aterro sanitário.

Os mapas 3, 4 e 5 estão associados aos riscos de perda de cerrado nativo, contaminação de solo e de perda de recarga de aquíferos, assim, exclui-se das áreas possíveis, locais de risco alto ou muito alto, a fim de preservar e manter a capacidade de conservação das riquezas naturais do DF.

Da mesma forma que se buscou informações geográficas do ZEE, foram selecionados também, dados referentes ao PDOT que foram dispostos em mapas, reunindo informações relevantes para a escolha do local do aterro, o mapas estão expostos nas Figuras 6 e 7.

As Figuras que apresentam as informações do PDOT são utilizadas para evitar a construção do aterro em locais que podem afetar a vida da população de forma mais intensa, visto que, o local de um aterro sanitário deve ser afastado dos aglomerados urbanos, a fim de reduzir o risco de doenças desenvolvidas em decorrência do contato com os resíduos, além do controle da poluição. Ao mesmo tempo, o local escolhido não pode ser muito isolado dos centros urbanos, pois quanto mais distante, maiores os gastos com combustíveis. Assim, essas duas necessidades precisam ser equilibradas.

Além disso, foram encontradas também informações a respeito da pedologia, do uso e ocupação do solo, topografia, meteorologia, recursos hídricos, acesso, disponibilidade de área e urbanização. Os dados constatados foram tratados de maneira que fosse possível também, a inclusão deles na análise geoespacial. As Figuras geradas correspondentes foram numeradas como 8, 9 e 10.

O mapa de declividade (Figura 8) permite que sejam escolhidos locais onde o terreno é mais plano, o que facilita as condições construtivas para o aterro e que seja feito o descarte de áreas com declividade igual ou superior a 30%, conforme previsto em lei. A Figura 9 é um importante insumo para a escolha do local, visto que faz-se necessário que os caminhões tenham acesso ao local escolhido, para que seja possível levar os resíduos da coleta até o aterro sanitário. Quanto ao mapa de pedologia (Figura 10), a partir dele é possível se obter os pontos do território cujas condições de solo reduzem a possibilidade de contaminação dos aquíferos, sendo os solos com menor permeabilidade mais adequados. Além dos mapas gerados com as informações coletadas, utilizou-se dados de tendência meteorológica local.

As informações utilizadas na presente pesquisa, podem ser acessadas pelos canais online de alguns órgãos, em especial, a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH, 2019), por meio do site Geoportal, em que se disponibilizam as informações geográficas do DF. Além desse, utiliza-se informações obtidas a partir do Instituto Brasília Ambiental (IBRAM, 2019), do Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (SLU-DF, 2019), da Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN) e da Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (Adasa, 2019).

Para o tratamento e combinação dos dados, utiliza-se o software ArcGIS, uma ferramenta SIG que permite a manipulação e o ajuste das informações georreferenciadas. No ArcGIS, pode-se cruzar todas as informações coletadas, a fim de encontrar as áreas mais propícias um novo aterro sanitário.

Procura-se dar prioridade aos critérios que, de alguma forma, possam vir a influenciar a saúde da população - como o distanciamento de aglomerados urbanos -, bem como àqueles de definição de áreas de proteção ambiental, cujo uso para construção não é permitido. Em seguida, foram considerados os critérios relacionados à otimização logística, fundamentados na disponibilidade de rodovias e na economia de combustível no deslocamento dos caminhões coletores de resíduos. E por último, levou-se em consideração a facilidade no processo de compactação do solo, assim como a economia na obra.

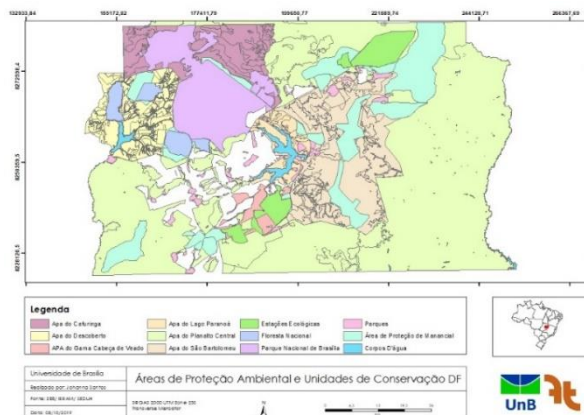


Figura 2- Mapa ZEE: Áreas de proteção

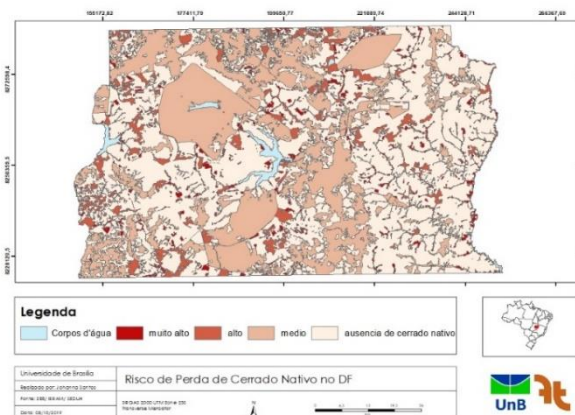


Figura 3- Mapa ZEE: Risco de perda de vegetação nativa

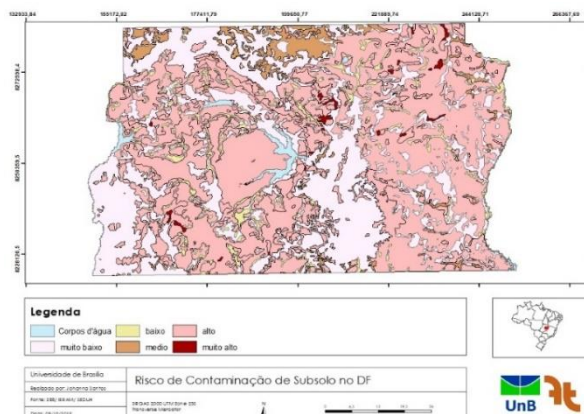


Figura 4- Mapa ZEE: Contaminação subsolo

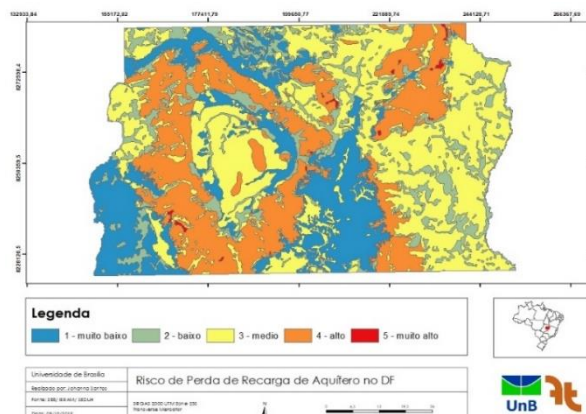


Figura 5- Mapa ZEE: Perda de recarga de aquífero

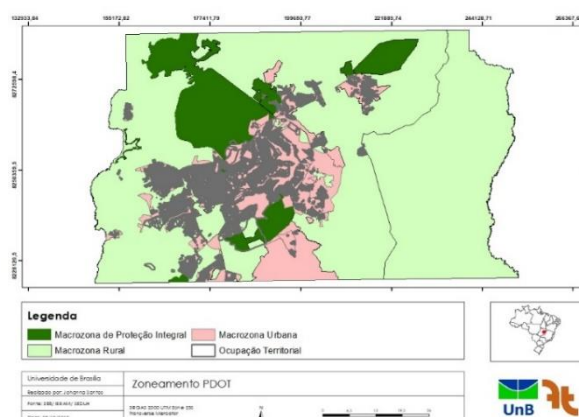


Figura 6- Mapa PDOT: Zoneamento e ocupação

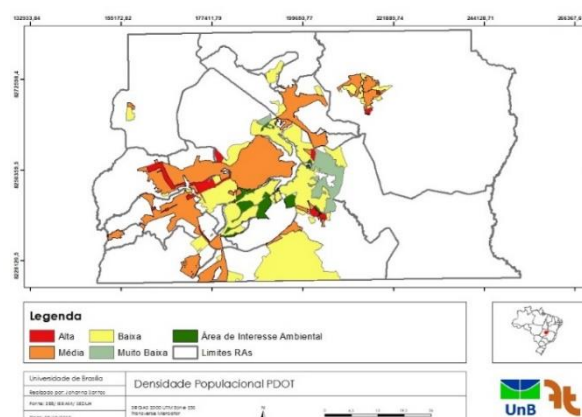


Figura 7- Mapa PDOT: Densidade populacional

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
 IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
 IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
 23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
 23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
 COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

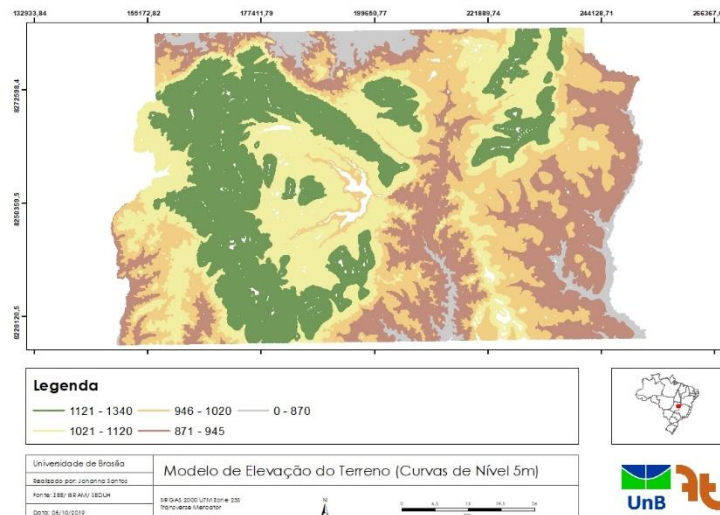


Figura 8- Mapa de declividade do DF

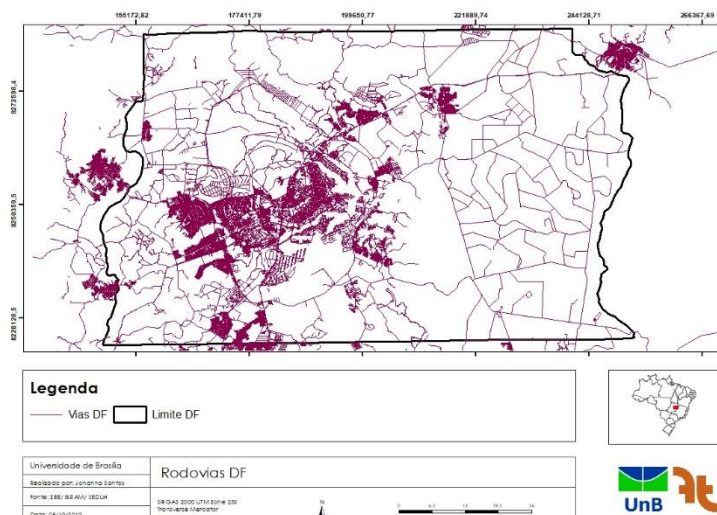


Figura 9- Mapa de vias DF

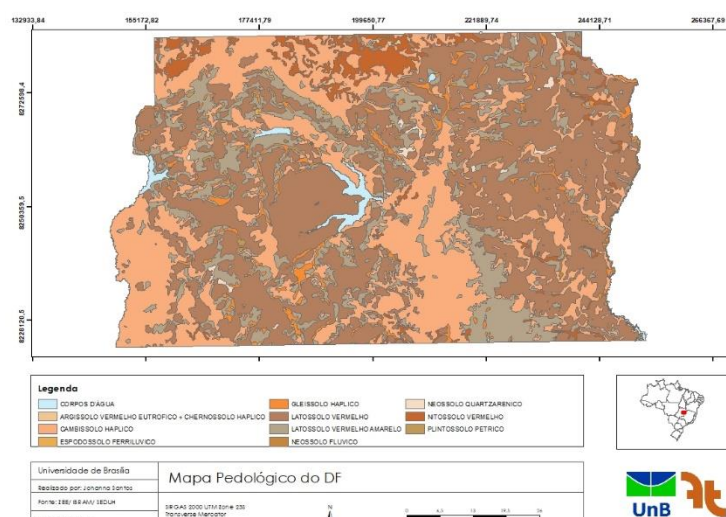


Figura 10- Mapa de Pedologia do DF



4 Resultados e Discussão

Como resultado do cruzamento dos dados obtidos, gerou-se o mapa exposto na Figura 11. Foram desconsideradas as áreas com risco alto ou muito alto de: perda de recarga de aquífero, contaminação de subsolo e perda de vegetação nativa; além das áreas cuja exploração é proibida por instrumentos legais: parques, estações ecológicas, áreas de proteção de mananciais, corpos d'água e as macrozonas de proteção integral.

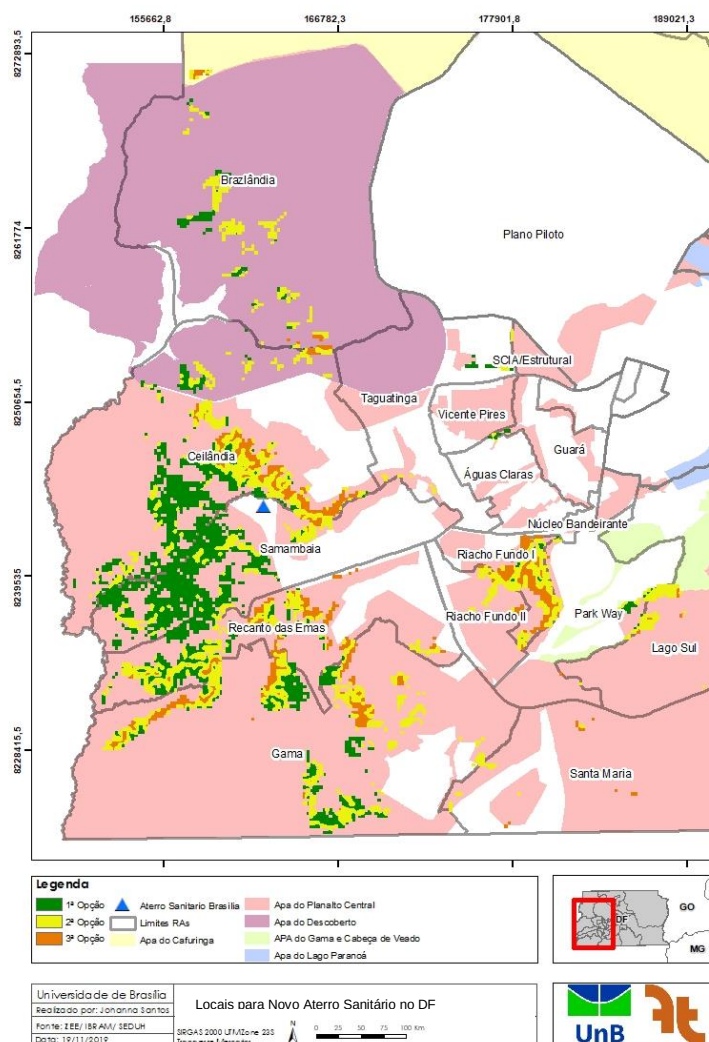


Figura 11- Locais para Novo Aterro Sanitário no DF.

No que concerne à distância da zona urbana, foram descartadas todas as áreas de ocupação ou expansão. No entanto, foi considerada uma distância máxima de 5 quilômetros (km) da zona urbanizada até o possível local para construção do aterro sanitário, a fim de minimizar os gastos com combustível e otimizar a logística das distâncias percorridas das fontes geradoras até o aterro. Ainda nessa perspectiva, considerando uma fase de transição, foi abrangida somente a área localizada em um raio de 30 km do ASB para a nova localização, a fim de facilitar o processo logístico de mudança de local.

Quanto à distância das rodovias existentes, foi considerado plausível pontos de até 1000 metros de distância das vias existentes. Portanto, caso fosse escolhido um ponto que não estivesse às margens da rodovia, seria necessário pavimentar um trecho de no máximo 1 km.

Foi feita uma análise, também, com um mapa de uso e ocupação do solo proposto pela CODEPLAN (2017). Esses dados foram cruzados com os preceitos previamente adotados pela presente pesquisa. Desse procedimento, observou-se que existiam, na área restringida, somente algumas poucas zonas de



reflorestamento e de área construída que foram também retiradas do mapa final de possíveis localidades. De forma que, todas as áreas restantes se encaixavam nas classes agropastoril, formação campestre, formação florestal ou formação savônica.

Após descontadas as regiões mencionadas, foi feita uma análise classificatória com as áreas restantes. Para tanto, foram considerados os riscos ambientais, a declividade do terreno e o tipo de solo, tendo os dois primeiros, peso 2 e esse último peso 1.

Para a classificação dos solos, foram levados em conta parâmetros de permeabilidade, ângulo de atrito, coesão e granulometria do material. Na região analisada foram identificados somente quatro tipos de solo: nitossolo vermelho (considerado o melhor), gleissolo haplico (segundo melhor), cambissolo haplico (terceira opção) e espodossolo ferriluvico (última opção). Para a declividade, desconsiderou-se áreas com declividades acima de 30%, inadequadas para aterramento de resíduos, e definiu-se uma ordem de prioridade na escolha das áreas, respectivamente: primeiro, zonas com 0 a 2% de declividade, seguidas de 2 a 5%, 5 a 10%, 10 a 20% e 20 a 29%.

As áreas com menos riscos, de menor declividade e com solo mais resistente e menos permeável, foram consideradas melhores para a locação do aterro, sendo representadas de verde no mapa da Figura 11. Aquelas que apresentaram resultados intermediário estão descritas como “2ª Opção” na cor amarela. As de pior resultado dentre as áreas possíveis, foram classificadas como “3ª Opção” e estão representadas na cor laranja. Cabe ressaltar que todas as áreas preenchidas com verde, amarelo ou laranja no mapa estariam aptas a receber o aterro, sendo as cores e a nomenclatura somente um critério para determinar quais regiões seriam melhores dentre as possíveis.

No mapa é possível averiguar também as possíveis áreas para o aterro sanitário que se encontram dentro de alguma APA. Essa informação deve receber especial atenção, uma vez que cada uma das APAs possui diretrizes legais específicas quanto à exploração do solo, que devem ser consultadas antes da escolha do ponto para a implantação. Como o mapa restringiu-se às proximidades do ASB, não foram analisados pontos da região ao norte do DF. A zona analisada possui um alto índice pluviométrico nos meses chuvosos, portanto, sugere-se a execução do projeto nos meses de estiagem- junho a setembro. Para fins comparativos de distância, foi plotada também a localização do ASB no mapa. Nota-se que a área em torno desse ponto, nas regiões administrativas de Samambaia e Ceilândia, seria a de maior potencial para a implementação de um aterro sanitário.

5 Conclusões

Os resultados obtidos da seleção de locais apresentam possíveis áreas para a implementação de um aterro sanitário, respeitando as prerrogativas legais. Foram considerados fatores facilitadores no processo construtivo e operacional, visando uma maior economia de recursos.

No mapa final pode-se observar diferentes regiões que se enquadram nos preceitos adotados pela presente pesquisa. Sendo possível averiguar a presença de APAs ou não nos pontos escolhidos. Além disso, o resultado permite uma comparação entre dois ou mais pontos analisados, a partir da classificação entre 1ª, 2ª e 3ª Opção.

A disposição final de resíduos sólidos é um desafio cada dia maior para os gestores públicos e demais atores envolvidos. A aplicação da metodologia de escolha de áreas, proposta por esse trabalho, auxilia no avanço da implementação de políticas públicas voltadas a correta disposição final de resíduos sólidos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio prestado à pesquisa inserida no Processo nº. 154154/2019-9. À Universidade de Brasília (UnB) e ao grupo GEOFLUXO.



REFERÊNCIAS

- Adasa (2019), *Chuvas no Distrito Federal*. Disponível em: <https://bityli.com/9FHS6V>.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990). NBR 11.174: *Armazenamento de resíduos classes II–não inertes e III-inertes*. Rio de Janeiro/RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996). NBR 8419: *Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). NBR 13896: *Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, construção e operação*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Baran, C. T. (2019). *Avaliação da Eficiência da Camada de Impermeabilização de Aterros Sanitários. Monografia de Projeto Final 2*. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 88 p.
- Brasil. (1981). Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
- Brasil. (2000). Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- Brasil. (2010). Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS., altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
- Brasil. (2012). Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.
- Brollo, Maria José e Moreira Silva, Mirtes. *Política e gestão ambiental em resíduos sólidos. Revisão e análise sobre a atual situação no Brasil*. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001.
- CODEPLAN (2017). *Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Distrito Federal 2017*. Disponível em: <http://catalogo.codeplan.df.gov.br/maps/56>. Acesso em: 19 nov. 2019.
- Ibram, Instituto Brasília Ambiental (2019). Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br>.
- CONAMA (1986). Resolução CONAMA no 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.
- CONAMA (1988). Resolução CONAMA no 5, de 15 de junho de 1988. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras de saneamento.
- CONAMA (1997). Resolução CONAMA no 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.
- SEDUH (2019), *Geoportal, Infraestrutura de dados espaciais*. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/#>
- Serviço de Limpeza Urbana – DF (2018), *SLU- Fechando o Ciclo: Relatório de Encerramento da Gestão 2015- 2018*. 1 ed., Brasília: Serviço de Limpeza Urbana. 2018.
- Serviço de Limpeza Urbana – DF (2019), *SLU assina novos contratos de limpeza urbana e inicia o tratamento de chorume*. Relatório Anual de 2019.
- Serviço de Limpeza Urbana – DF (2019). Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br>.