



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 8, nº 1 (2022)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n1ID25950>



Análise pericial de aterros industriais no município de Uberlândia (MG) com o uso de geotecnologias

Expert analysis of industrial landfills in the municipality of Uberlândia (MG) with the use of geotechnologies

Gabriella Dantas Amaral¹; Raquel Naiara Fernandes Silva²;

¹ Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia/MG, Brasil. Email: gabrieladantasl@ufu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4818-4414>

² Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia/ MG, Brasil. Email: raquelfernandes@ufu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8010-8251>

Resumo: O monitoramento ambiental de aterros sanitários industriais se destaca pela sua importância diante do contexto de disposição final de resíduos, pois permite o controle operacional desses sistemas e contribui para a minimização dos impactos ambientais provocados por essas unidades. Diante disso, este artigo visa o uso de geotecnologias na realização de análises periciais nos aterros industriais de Uberlândia-MG e tem como apoio à decisão o auxílio da lógica booleana. A investigação criteriosa desses locais é de suma importância, pois, garante a minimização dos impactos ao meio ambiente oriundos deste empreendimento. A metodologia visou a estipulação de critérios de restrição, seguindo as diretrizes normativas descritas na ABNT NBR 10157:1987, analisando os aterros que admitem resíduos industriais quanto à sua localização através de mapas booleanos com classificação de apto ou não apto. O mapa final de aptidão revelou que os aterros industriais do município de Uberlândia não estão em uma região apta. Por fim, os objetivos foram atingidos com a metodologia proposta, porém devido ao cenário pandêmico, toda a avaliação foi feita remotamente. Para trabalhos futuros, sugere-se análises in loco adicionais.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental; Aterro industrial; Lógica booleana

Abstract: The environmental monitoring of industrial landfills stands out for their importance in the context of the final disposal of waste, as it allows the operational control of these systems and contributes to the minimization of the environmental impacts caused by these units. Therefore, this research aims to use of geotechnologies in conducting expert analyzes in industrial landfills in Uberlândia-MG and it supports decision making through Boolean logic. Careful investigation of these locations is of paramount importance, as it guarantees the minimization of the impacts on the natural world arising from this undertaking. The methodology of this work aimed at stipulating restriction criteria, following the normative guidelines described in ABNT NBR 10157:1987, analyzing landfills that admit industrial waste as to their location through boolean maps with classification of fit/not fit. The final aptitude map revealed that the industrial landfills in the municipality of Uberlândia are not in a suitable region. Finally, the objectives were achieved with the proposed methodology, but due to the pandemic scenario, all evaluation was done remotely. For future work, additional on-site analysis is suggested.

Keywords: Environmental monitoring; Industrial landfill; Boolean logic.

Recebido: 15/07/2021; Aceito: 14/09/2021; Publicado: 15/04/2022.

1. Introdução

A geração de resíduos sólidos sempre esteve presente em todas as atividades realizadas pelo homem. Devido ao crescimento populacional, a geração de lixo tem aumentado cada vez mais, provocando sérios impactos ambientais. A legislação brasileira é clara sobre os procedimentos legais ao se tratar do descarte dos rejeitos. É preciso que, ao descartar os resíduos, o mesmo receba uma destinação final ambientalmente correta. De acordo com Samizava et. al (2008), a prática da sustentabilidade ambiental, impulsionada em vários setores da sociedade, fez com que houvesse uma maior exigência em solucionar problemas referentes ao gerenciamento do lixo.

Mesmo com o grande desenvolvimento contemporâneo, existem inúmeras maneiras de destinação dos resíduos. No Brasil, a mais usada continua sendo o aterramento (lixões, aterros sanitários, aterros industriais e aterros controlados). O uso deste tipo se dá pelo menor custo de instalação e operação comparado a outros métodos, como, por exemplo, a incineração (CAMERON *et al.*, 1997). No entanto, a eficácia dos aterros vem sendo fortemente questionada, pois quando construídos de forma irregular podem causar impactos negativos ao meio ambiente (RAPTI-CAPUTO *et al.*, 2006; TEIXEIRA *et al.*, 2009).

Assim como os aterros sanitários são preparados para receber os rejeitos domésticos, o aterro industrial é preparado para receber os resíduos das mais diversas indústrias. Segundo a Resolução CONAMA nº313/2002, resíduos sólidos industriais são todos os resíduos que resultem "de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso – quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível".

Segundo ABNT NBR (2004), os resíduos classe I são aqueles que em função das suas características físico-químicas e infectocontagiosas, apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente. Podem ser condicionados, incinerados, tratados, armazenados temporariamente ou descartados em aterros sanitários específicos para determinado tipo. São resíduos que apresentam características específicas de periculosidade, como reatividade, inflamabilidade, toxicidade, patogenicidade e corrosividade.

É válido destacar que, resíduos, divergindo em suas classes, são oriundos das ocupações dos diversos ramos da indústria, tais como química, petroquímica, alimentícia, papelreira, metalúrgica e dentre outros, sendo bastante variados, podendo ser representados por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas, metais, escórias, vidros e cerâmicas, entre outros (NAUMOFF E PERES, 2000).

Dessa forma, visando a compreensão holística dos aterros industriais e rejeitos admitidos, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) objetiva processar informações espaciais, sendo capaz de manipular e armazenar dados eficientemente, de forma a distinguir a adequada relação entre as variáveis espaciais, propiciando a elaboração de relatórios e mapas (RIBEIRO *et al.*, 2000).

Diante disso, o presente estudo visa, através de análises periciais com o uso do SIG, uma importante geotecnologia, avaliar se os aterros de resíduos perigosos da cidade de Uberlândia atendem as exigências normativas descritas na ABNT NBR 10157:1987 e possuem soluções ambientalmente corretas em relação à localização.

2. Aterros industriais

Para Pinto (2011), o aterro industrial é uma correta finalidade para os resíduos industriais. Nos aterros se utilizam de eficientes técnicas nacionais e internacionais que intencionam a proteção total ao meio ambiente, reduzindo impactos ambientais, possibilitando a disposição controlada destes resíduos no solo e coibindo danos ou riscos à saúde pública. Os mecanismos atuais se restringem em confinar os resíduos industriais no menor área e volume possível (pelo meio de drenagem, geomembranas, tratamento de efluentes e poços de monitoramento do lençol freático), envolvendo-os com uma camada de material inerte ao final de cada jornada de trabalho ou quando julgar necessário.

Os aterros não devem ser apontados como um local trivial de armazenamento de resíduos, e sim como sítio de obras geotécnicas que analisam o comportamento das inúmeras etapas de operação e degradação (LOUREIRO, 2003).

Além disso, os aterros industriais são classificados nas classes I, IIA ou IIB, conforme a periculosidade dos resíduos a serem dispostos. Os aterros Classe I podem receber resíduos industriais perigosos; os Classe IIA, resíduos não-inertes; e os Classe IIB, somente resíduos inertes (ABNT NBR, 2004).

A impermeabilização do leito e do sistema de drenagem pluvial são de vital importância para os aterros que admitem resíduos sólidos industriais. Essas medidas evitam a contaminação do solo, água superficial e infiltrada.

Conforme Rocca (1993), os fenômenos físico-químicos ocasionados pela mistura de resíduos incompatíveis são: geração de calor, produção de fumos e gases tóxicos e inflamáveis, fogo ou explosão, solubilização de substâncias tóxicas e polimerização violenta. Ao se dispor dos resíduos industriais, é necessário consultar as listagens de compatibilidade publicadas pelos órgãos de controle ambiental.

3. Lógica booleana

Para Moreira (2002), a combinação lógica de dados de entrada e mapas temáticos gerados sob diferentes critérios, são avaliados através de operadores condicionais propiciando um cenário ou hipótese.

Oriundo da década de 1960, a análise de multicritérios é utilizada para auxiliar tomadas de decisões. A partir de diferentes parâmetros selecionados, é verificado inúmeros cenários e possíveis resultados. A álgebra booleana faz uso de ferramentas lógicas AND (interseção), OR (união), NOT (negação) e XOR (exclusão) (AMARAL; LANA, 2017). O Diagrama de Venn exhibe essa álgebra (Figura 1).

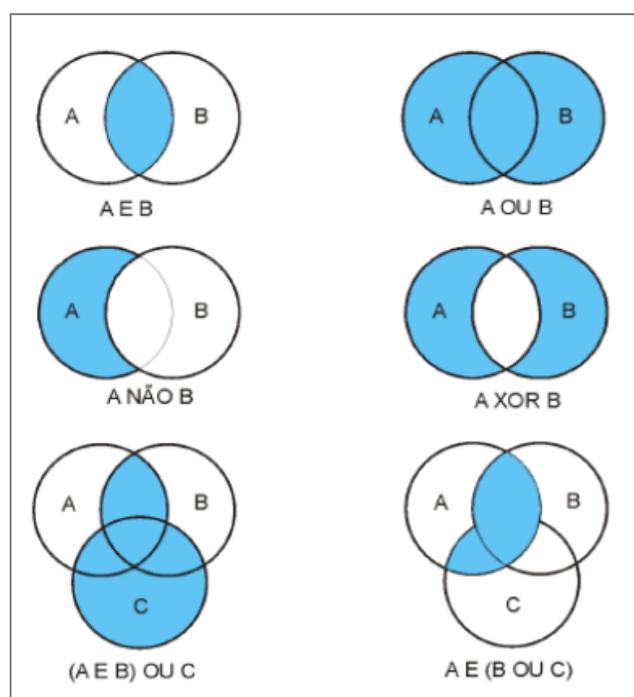


Figura 1 – Diagramas de Venn.

Fonte: Amaral; Lana (2017).

Sendo assim, as informações classificadas como aptas possuem caráter booleano e eliminam critérios que, devido às impossibilidades técnicas ou legais não se adequam às atribuições almejadas quanto à localização.

A fim de aplicar essa lógica realizou-se a classificação dos parâmetros com valores binários (0 ou 1) que serão apresentados como regiões aptas (1) e não aptas (0).

4. Metodologia

4.1 Área de estudo

O município de Uberlândia está situado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais, limitado pelo sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) 7906752,608m e 788392,778m, com altitude de 843m, posicionado no fuso 22S (Figura 2) (IBGE, 2021).

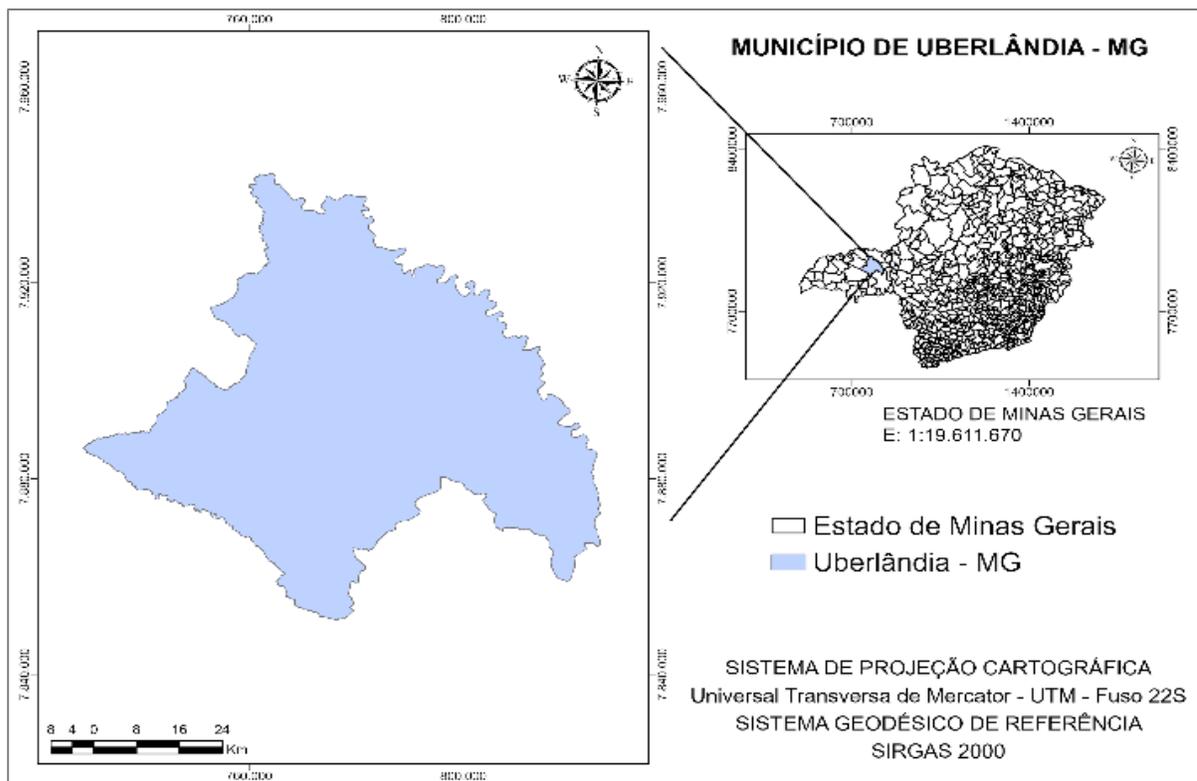


Figura 2 – Localização do município de Uberlândia (MG).

Fonte: Autor (2021).

De acordo com o IBGE (2020), a cidade é a segunda colocada entre aquelas de maiores populações do estado, comportando cerca de 699.097 habitantes estimados em 2020, com território equivalente a 4.115,2 km^2 , onde as principais atividades econômicas são indústrias e agropecuária.

O clima de Uberlândia, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, portanto, apresenta um verão chuvoso e um inverno seco, caracterizando um total pluviométrico médio anual de 1342mm (MENDES, 2001).

A região está inserida no bioma cerrado, para Freitas (2009), a biota é descrita por dominar vegetação do tipo savânica, mas incluem variedades de fitofisionomias que divergem desde campos com predomínio de gramíneas, subarbustos, arbustos de troncos retorcidos, até formações florestais.

Além disso, os solos de grande ocorrência na região são os latossolos, intercalados por cambissolos e solos hidromórficos, como os gleissolos, onde estão localizados os aterros industriais abordados. Para o Instituto Agrônomo de São Paulo (2021), os solos glei são presentes, principalmente, em planícies ou várzeas inundáveis, e, como limitante, possui elevada frequência de alagamentos e longos períodos de saturação.

Os aterros selecionados para análise pericial estão localizados no Distrito Industrial do município de Uberlândia (Figura 3). A escolha se deu devido os mesmos serem os únicos operantes na localidade, ambos são pertencentes à companhias privadas e contam com diferentes processos de admissão de resíduos, como, o Aterro 1, trata somente rejeitos Classe I, já o Aterro 2, Classe I e IIA. As coordenadas UTM dos aterros industriais foram obtidas através do Google Earth, sendo elas: 7911055,561m e 780634,584m para o aterro que admite resíduos industriais 1; 7909606,116m e 782938,800m para o aterro 2, ambos situados no fuso 22S (GOOGLE, 2021).

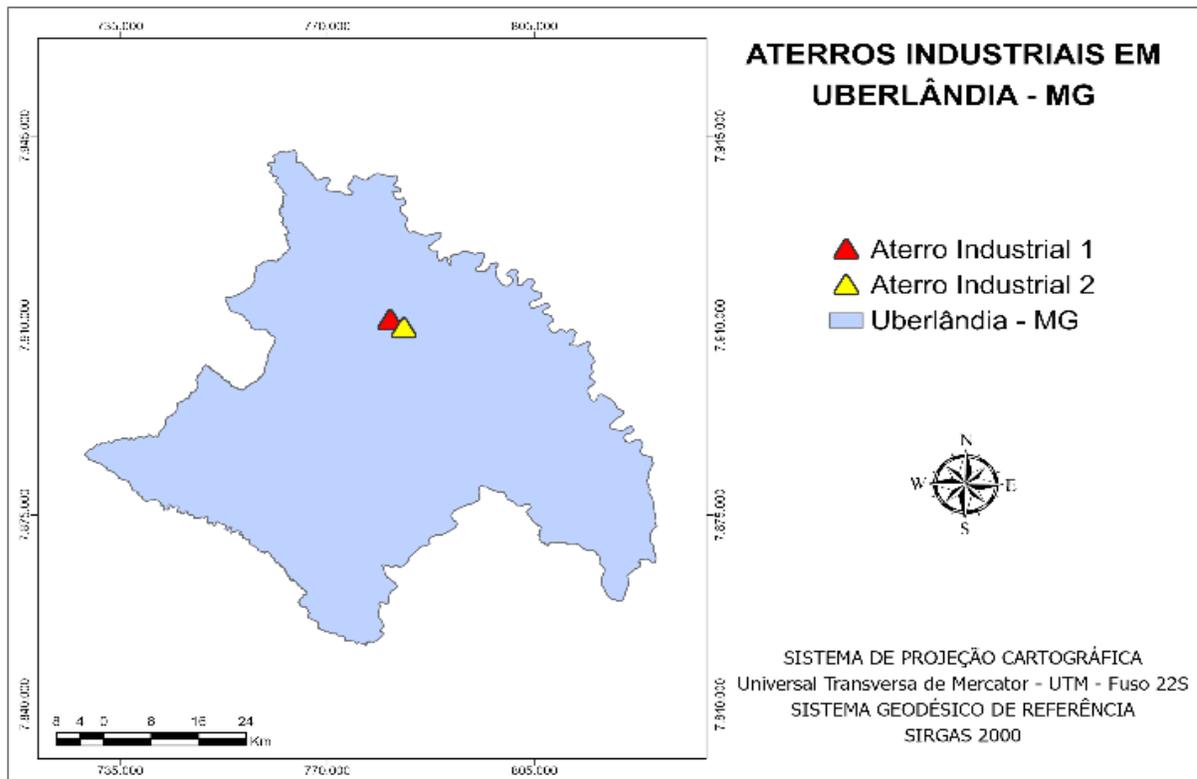


Figura 3 – Localização dos Aterros Industriais do município de Uberlândia.
Fonte: Autor (2021).

4.2. Procedimento metodológico

É importante destacar que a análise e o mapeamento das áreas estudadas foram desenvolvidas utilizando os softwares ArcGis Pro da Environmental Systems Research Institute e Quantum Gis (QGIS), ambos se tratam de uma multiplataforma de SIG.

Todos os dados utilizados no estudo estão georreferenciados no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), Fuso 22S e no sistema de referência SIRGAS 2000.

Para que o aterro industrial esteja de acordo com as normas vigentes e promova o bem-estar da população e do meio ambiente, o mesmo foi avaliado baseado nos critérios das diretrizes descritas na ABNT NBR 10157:1987 e foram retratados no Quadro 2.

Com a finalidade de explicitar as atribuições apresentadas no Quadro 2, criou-se um buffer, delimitação de áreas de influência, baseados nos critérios estabelecidos (Quadro 1).

4.3 Mapas

A pedologia da região de Uberlândia foi obtida e classificada de acordo com os dados concedidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2021). O mapa apresenta a distribuição espacial do solo, alcançando informações dos recursos naturais e tipos de solo. Logo, estudos pedológicos são de suma importância para o entendimento de fatores de formação do solo e suas fragilidades.

O mapa de declividade do município de Uberlândia foi gerado através de um modelo digital de elevação (MDE), seguindo a premissa estabelecida no estudo de Leal *et.al* (2019), baseada na missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), obteve-se os dados refinados da resolução espacial original, 90 metros, no formato GRID para 30 metros. As

informações foram oferecidas pelo United States Geological Survey (USGS) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo classificado segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Dados para o desenvolvimento dos mapas temáticos de rodovias e hidrologia foram obtidos a partir do Catálogo de Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais (IEDE, 2021).

É importante mencionar que para elaboração do mapa de área urbana, informações foram obtidas através do cruzamento de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística com os catálogos de dados espaciais do IEDE.

Assim, após a estruturação e padronização dos mapas temáticos, desenvolveu-se critérios de decisão para alcançar os objetivos deste presente estudo. Para isso, baseado na lógica booleana, atribuiu-se pesos aos fatores considerados nesta análise.

A fim de tornar tangível as informações constituídas através das cartas temáticas, combinou-se os mapas de todos os parâmetros investigados acima. No mapa mesclado, os terrenos que obtiveram nota 0 foram denominados como áreas inaptas, já os que obtiveram nota 1 foram selecionados e classificados como regiões aptas.

Para se implantar um aterro, o mesmo deve atender: à defesa do meio ambiente; ao planejamento do desenvolvimento econômico, social e urbano da região; às diretrizes fixadas para o uso e ocupação do solo e à proteção da saúde pública (NETO *et. al.*, 1985). Sendo assim, é possível analisar áreas que, devido às impossibilidades técnicas ou normativas, não são propícias a serem utilizadas como destinação final de resíduos industriais.

Logo, visando aplicar a lógica booleana, classificou-se os critérios com valores binários (0 ou 1), sua categorização será expressa no tópico a seguir.

5. Resultados e discussão

De acordo com os mapas temáticos de pedologia e declividade, mostrados nas figuras 4 e 5, pode-se inferir que o município de Uberlândia apresenta, em amplitude, solos com estruturas bem desenvolvidas, como os latossolos, detendo, quase que predominantemente, de relevos planos e suaves-ondulado.

Já para os mapas de rodovias, hidrologia e área urbana, Figuras 6 e 7, delimitou-se as regiões de acordo com as diretrizes estabelecidas na ABNT NBR 10157:1987, através do procedimento de buffer, distâncias expressas no Quadro 1.

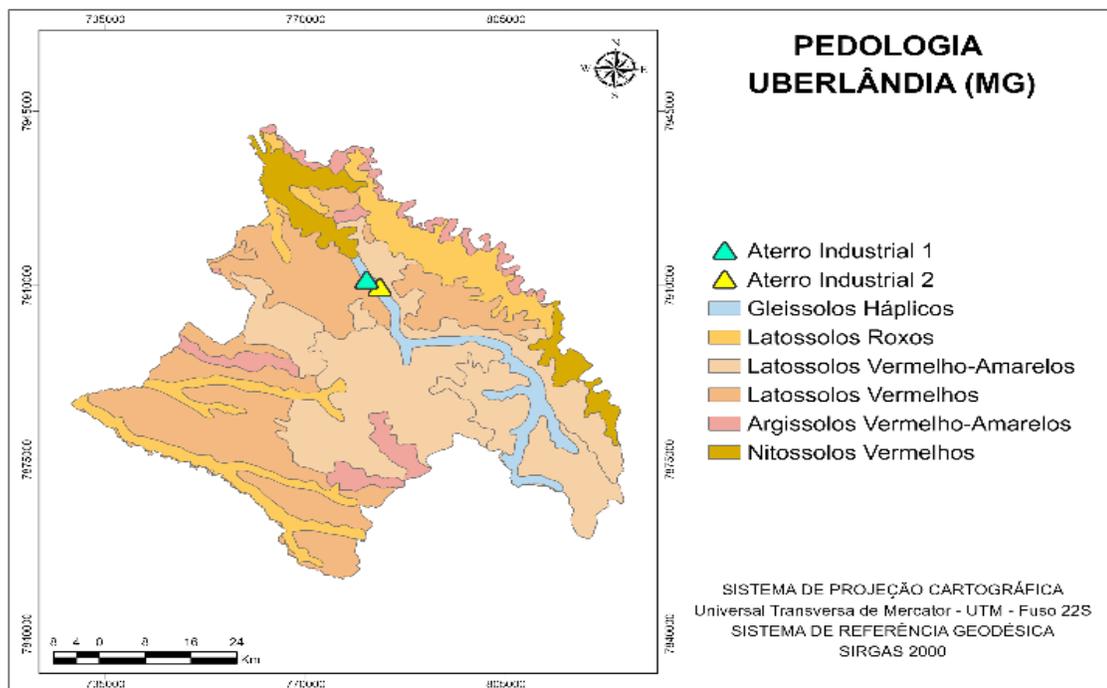


Figura 4 – Pedologia do município de Uberlândia – MG.

Fonte: Autor (2021).

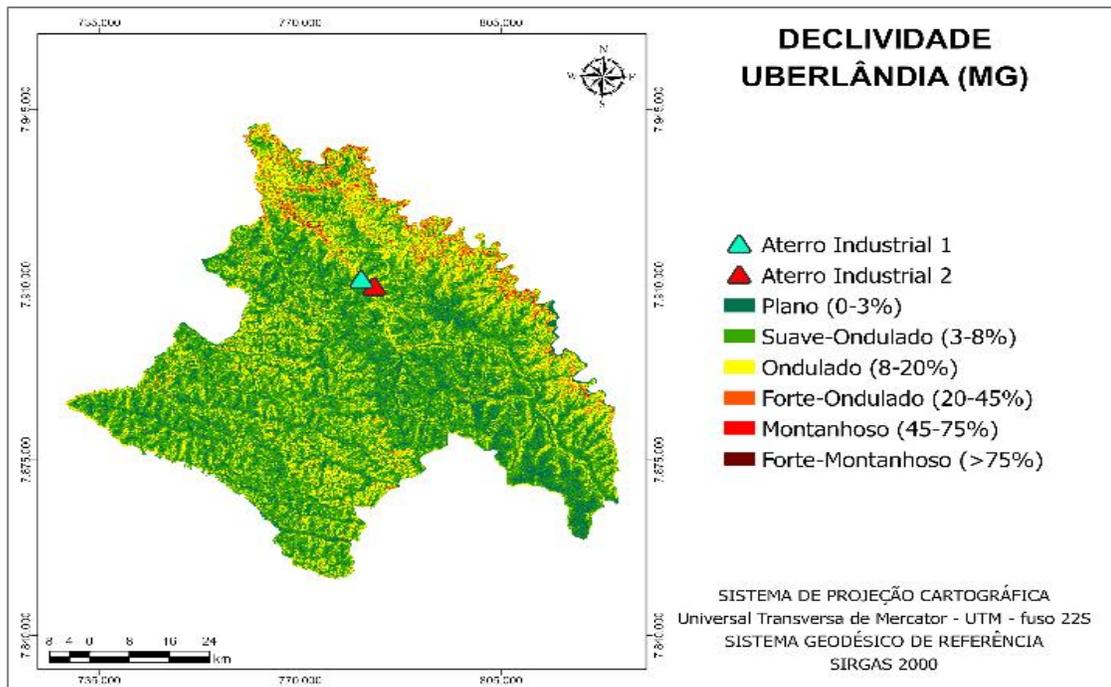


Figura 5 – Declividade do município de Uberlândia – MG.
Fonte: Autor (2021).

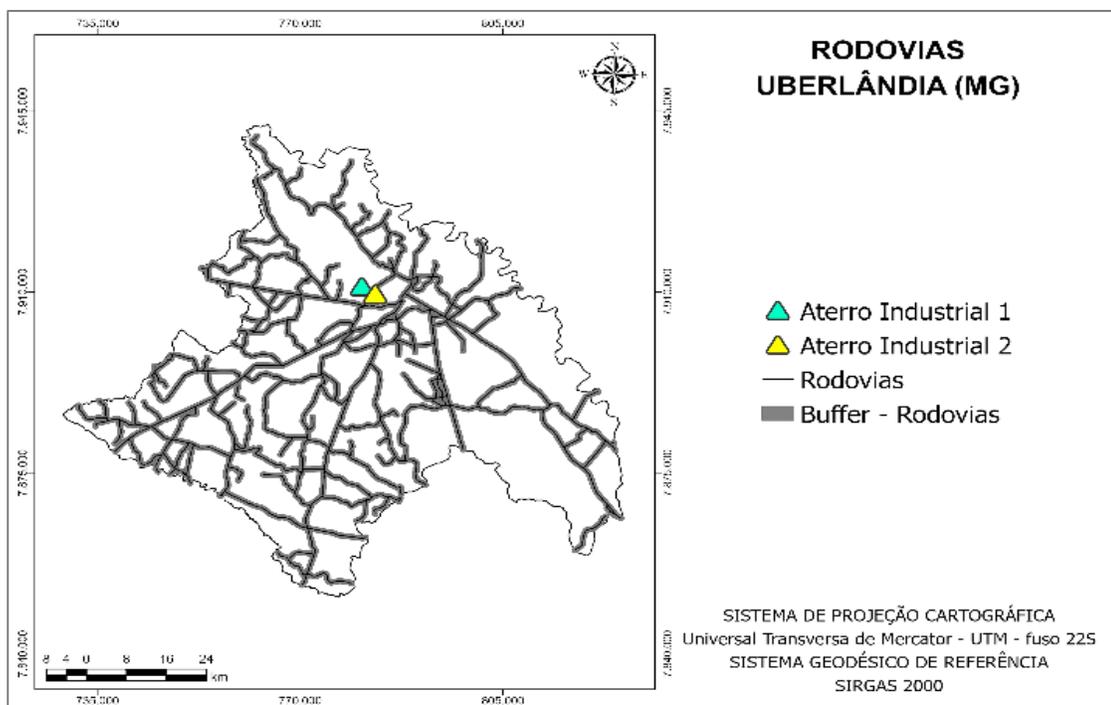


Figura 6 – Buffer de rodovias de Uberlândia - MG.
Fonte: Autor (2021).

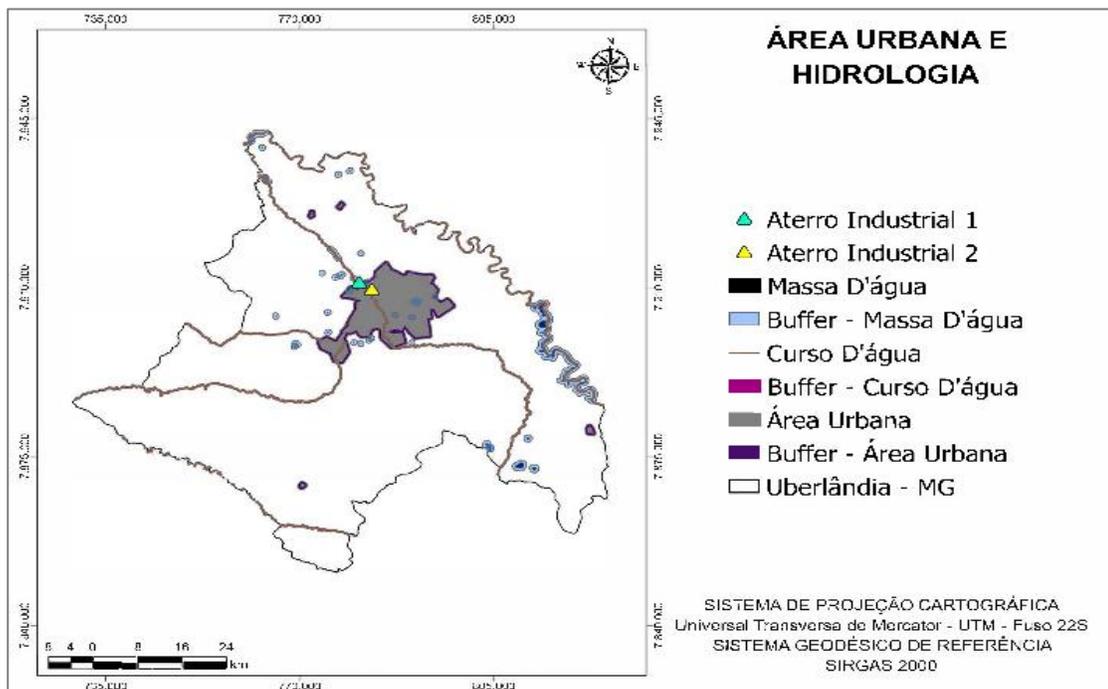


Figura 7 – Buffer da área urbana e hidrologia de Uberlândia – MG.
 Fonte: Autor (2021).

Para atribuir a lógica binária, estabeleceu como zero (0) os critérios que não se encaixavam nas diretrizes normativas, ABNT NBR 10157:1987, para o ideal funcionamento do aterro industrial e um (1) para aqueles que se adequavam. Suas determinações são retratadas a seguir (Quadro 2).

Quadro 1 – Critérios e valores de análise.

Mapas	Classes	Notas
Pedologia	Latossolo	1
	Gleissolo	0
	Argissolo	0
	Nitossolo	0
Declividade	< 3%	0
	3-8%	1
	8-20%	1
	> 20 %	0
Rodovias	> 500 m	1
	≤ 500m	0
Hidrologia	> 200 m	1
	≤ 200 m	0
Mancha Urbana	> 500 m	1
	≤ 500 m	0

Fonte: Autor (2021).

As informações tabeladas acima são os parâmetros periciais pertinentes para o estudo. Portanto, aterros localizados a uma distância mínima de 500 metros de rodovias e área urbana; 200 metros de um curso e massa d'água; posicionados em solos latossolos e com declividade entre 3% a 20% estão estabelecidos em uma região apta, de acordo com as diretrizes normativas vigente.

Aterros industriais ou que recebem outros tipos de resíduos não devem estar localizados próximos a cursos ou massas d'água, de forma a preservar a segurança e minimizar contaminações (SNSA, 2008). O aterro deverá situar-se fora da faixa marginal de proteção de qualquer corpo d'água e respeitada a distância mínima de 200 m (ABNT NBR 10157:1987).

De maneira análoga à distância dos recursos hídricos, a melhor conjuntura ocorre quando aterros se encontram distantes de rodovias e manchas urbanas, pois estes acabam desenvolvendo melhor papel social (SNSA, 2008). Uma distância mínima de rodovias, 500 metros, é recomendada, para evitar impactos ambientais, como ruídos, odores e modificação da paisagem na região (ABNT NBR 10157:1987).

Segundo Ker (1997), latossolos são considerados solos profundos e com boa estrutura, pode-se dizer, no entanto, que regiões detentoras de latossolos, dispõe de baixos índices de fragilidade.

Recomenda-se que os aterros estejam em locais com declividade superior a 1% e inferior a 20%, pois baixas declividades facilitam as operações de movimentação de resíduos e solo (SILVA, 2011).

Segundo Lopes e Silva (2020), a demonstração de um fluxograma lógico que siga os objetivos propostos para a obtenção da análise final, dispõe de melhor detalhamento na distribuição dos critérios e classificação da proposta. Sendo assim, gerou-se o seguinte fluxograma para esta pesquisa (Figura 8).

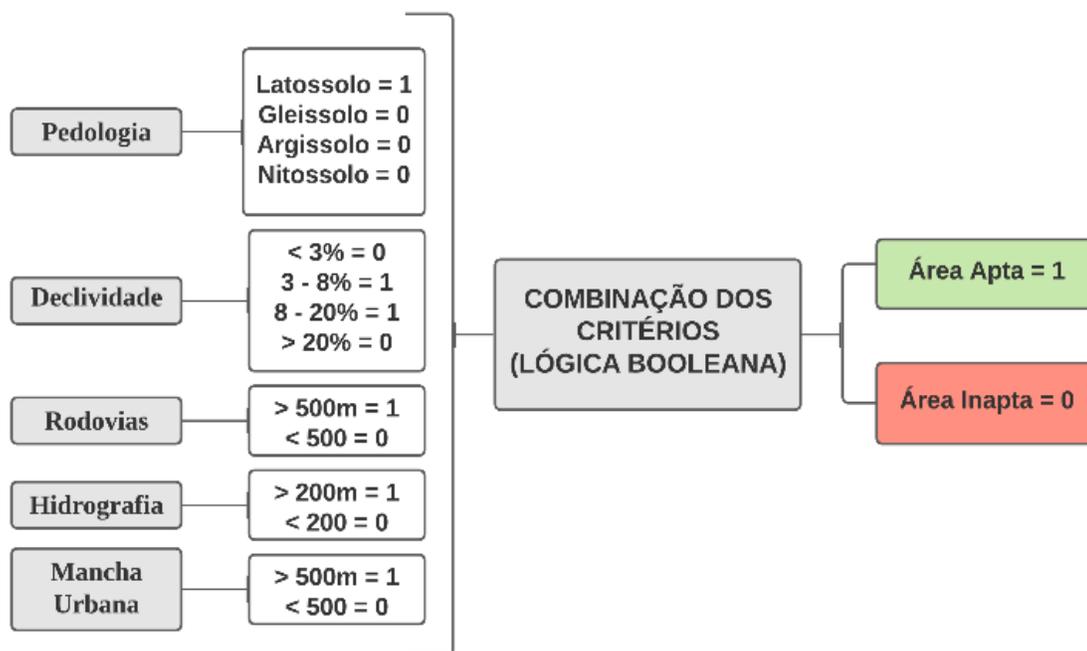


Figura 8 – Fluxograma lógico.

Fonte: Autor (2021).

Como foi feito o buffer, dimensões especificadas no Quadro 1, para os critérios de rodovias, hidrografia e área urbana, esses foram classificados como inaptos, por se auto limitarem.

Quadro 2 – Valores para delimitação de áreas de influência.

Mapas	Buffer (m)
Rodovias	500
Hidrologia	200
Área Urbana	500

Fonte: Autor (2021).

Para verificar a aptidão de onde os aterros industriais da cidade de Uberlândia estão instalados, padronizou-se os parâmetros unindo todos aqueles que possuíam nota 0 e nota 1 em suas respectivas tabelas de atributos e, com o auxílio de ferramentas de junção, combinação e recorte do software ArcGis, foi possível determinar se sua localização está de acordo dos termos estabelecidos (Figura 9).

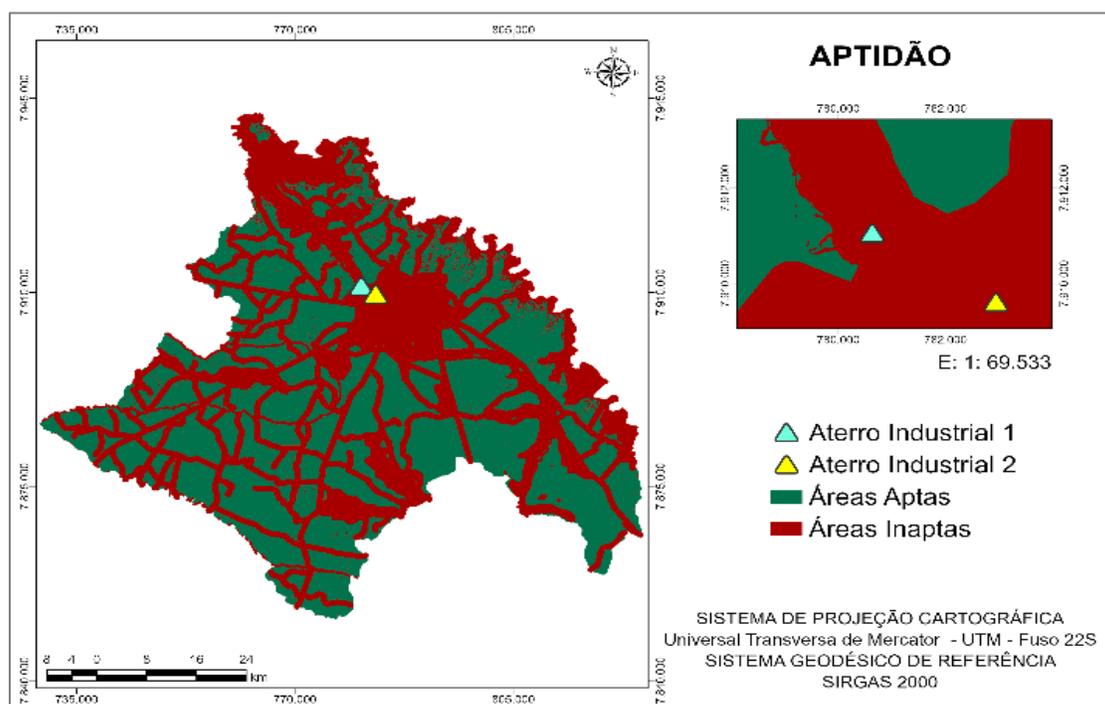


Figura 9 – Mapa de aptidão para análise pericial dos aterros industriais da cidade de Uberlândia – MG.

Fonte: Autor (2021).

Ao analisar o mapa de aptidão do município de Uberlândia, pode-se entender que ambos os aterros industriais estão localizados em uma região inadequada. A fim de melhor fundamentar o diagnóstico concedido, solicitou-se um estudo anterior, baseado apenas na análise visual, visando a corroborar com o presente trabalho (Figura 10). Neste trabalho foram verificados os critérios de pedologia, massa d'água, curso d'água, mancha urbana e rodovias. Não foram aplicadas ferramentas de análise multicritérios, propôs, apenas, a sobreposição das feições citadas anteriormente, com o intuito de compreender visualmente o resultado alcançado.

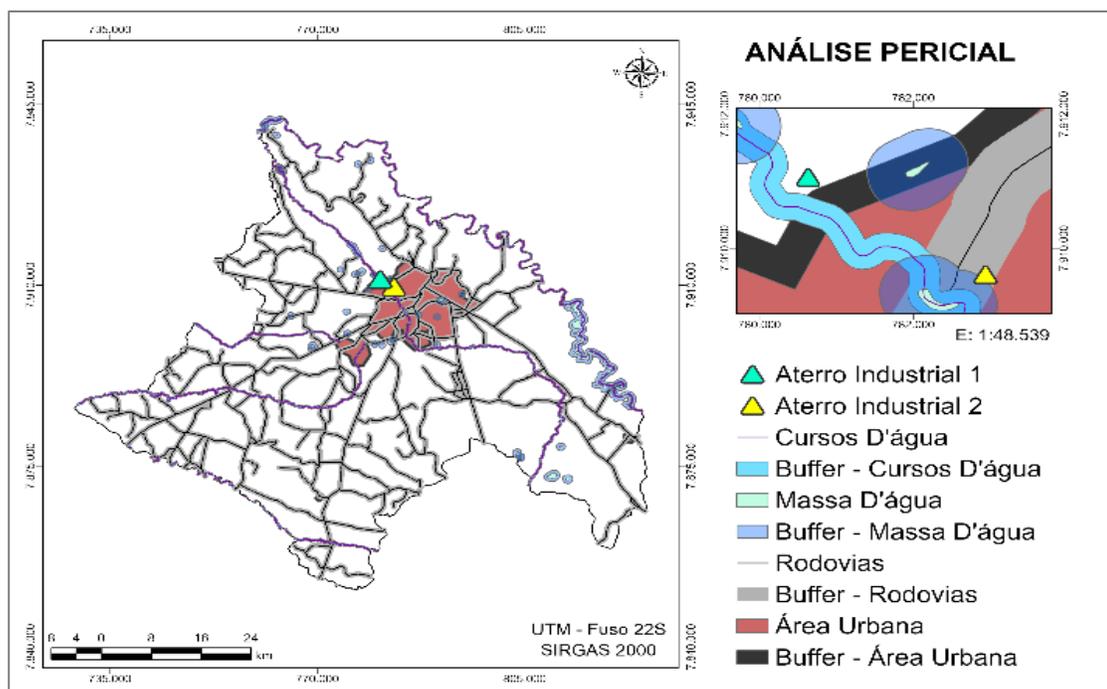


Figura 10 – Análise pericial dos aterros industriais de Uberlândia.

Fonte: Autor (2021).

Conforme Lopes e Silva (2020), aterros são relevantes nas conjunturas atuais por solucionar parte dos problemas ocasionados pelo excesso de resíduos gerado nas grandes metrópoles, ressaltando a necessidade de uma destinação final viável e ambientalmente correta.

A avaliação e a peritagem de áreas com empreendimentos de caráter perigosos constituem um importante mecanismo de planejamento ambiental, pois empresas que são ou estão instaladas em regiões desfavoráveis podem ser nocivas ao meio ambiente e à sociedade (BORN, 2013).

É importante destacar que o Sistema de Informações Geográficas em cooperação com a modelagem booleana e a disponibilidade de dados georreferenciados tornou a avaliação dos aterros industriais na cidade de Uberlândia possível.

Como observado nos mapas temáticos gerados, as áreas de aptidão inaptas se concentram em regiões de maior fragilidade do solo. Oliveira Neto (2011) confirma essa observação ao assegurar que regiões de Gleissolos, que são solos hidromórficos, apresentam limitações devido à presença de lençol freático e elevado risco de inundações e alagamentos frequentes.

Constatou-se que o aterro industrial 2 está instalado próximo às rodovias, curso d'água, o que não está de acordo com as diretrizes dispostas na ABNT NBR 10157:1987. No entanto, o aterro industrial 1 está localizado a uma distância apta da área urbana, rodovias e hidrologia, porém, quando se trata do parâmetro de pedologia, este não se adequa à atribuição almejada, como pode ser observado no detalhamento da Figura 11.

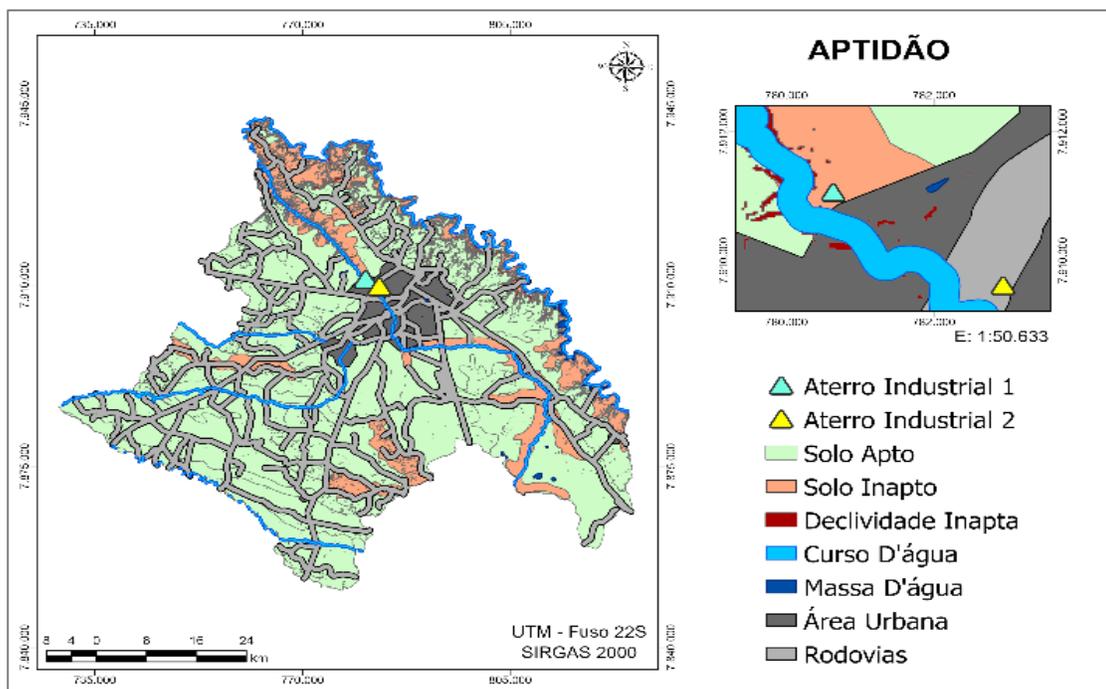


Figura 11 – Mapa detalhado de aptidão.

Fonte: Autor (2021).

Em relação a outros municípios mineiros, Uberlândia está à frente quanto à estrutura de disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU), tendo inaugurado seu primeiro aterro sanitário em julho de 1995 e seu segundo em outubro de 2010. Em decorrência do alto volume de resíduos recebidos, o aterro inaugurado em 1995, com previsão de fechamento para 2013, encerrou suas atividades três anos antes (MORAIS, 2013).

Com o auxílio de informações obtidas através do Plano Municipal de Saneamento Básico de Uberlândia (2018), observa-se um aumento de 52% da população residente entre 1996 e 2017 e, conseqüentemente, um acréscimo de 68% nos resíduos domésticos destinados a aterros sanitários. Em relação aos resíduos industriais, houve uma queda de 62% em 2017 comparado com 1996, isso ocorreu devido à implementação de novos empreendimentos responsáveis por tratar dejetos industriais no município (Gráfico 1).

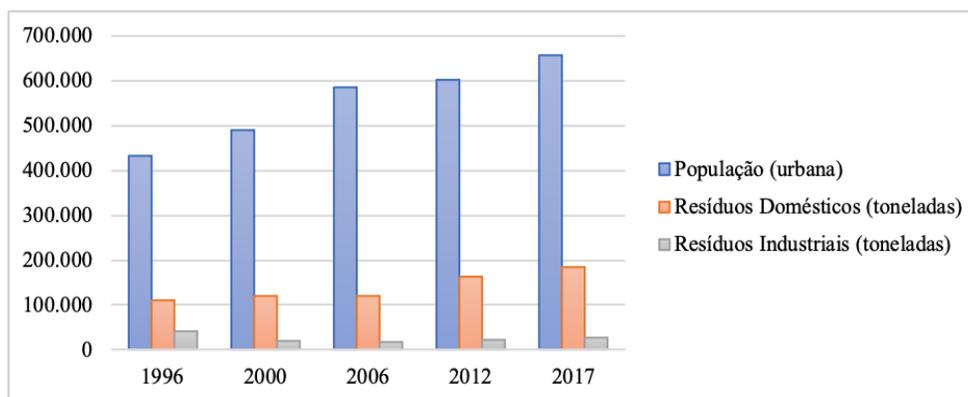


Gráfico 1 – Descrição do gráfico com dados de População e números de rejeitos domésticos e industriais.

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Uberlândia (adaptado pelo autor) (2018).

De acordo com o IBGE (2020), houve um aumento de 61% no número de habitantes comparado com o ano de 1996. Logo, pode-se afirmar que houve um incremento exponencial de moradores no município durante esse intervalo, acarretando, portanto, no crescimento urbano e, conseqüentemente, nos resíduos descartados (Figura 10).

O aumento na densidade populacional causa, entre outros fatores, depreciação do solo e da declividade, visto que a falta de proteção no solo causa um aumento na velocidade de escoamento de fluidos, como a água da chuva, potencializando seus impactos e, acarretando em erosão por desagregação, poluição e supressão da vegetação.

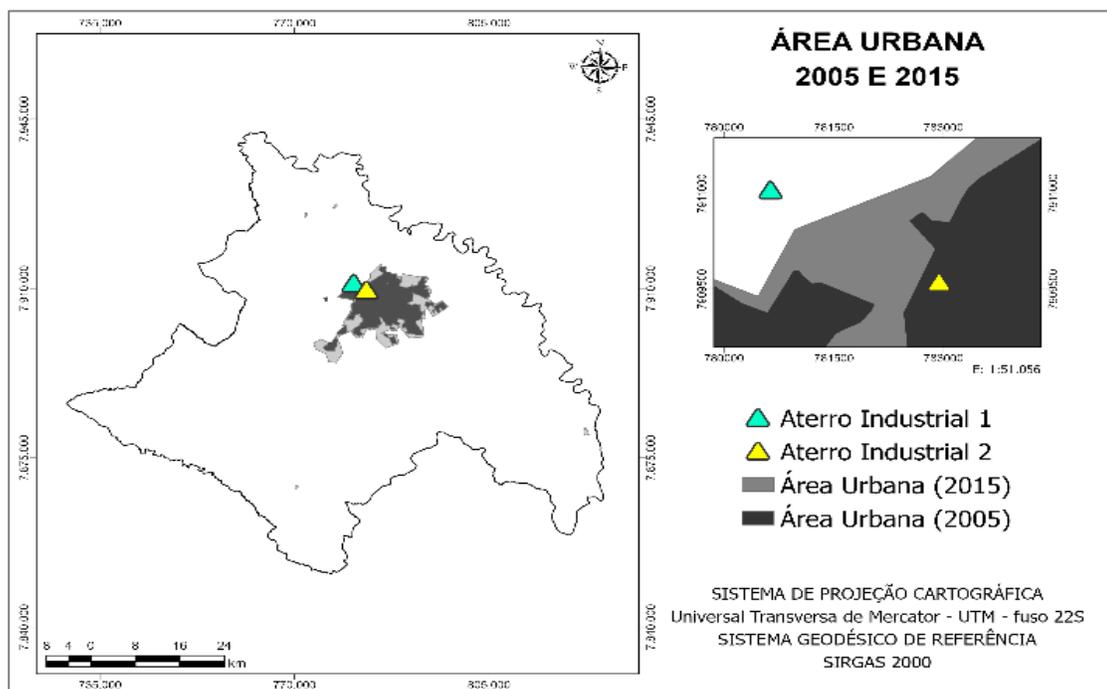


Figura 12 – Comparação entre as malhas urbanas de 2005 e 2015.

Fonte: Fonte: Autor (2021).

No entanto, como o primeiro aterro foi construído em 1995, pressupõe-se que ele tenha cumprido as diretrizes normativas vigentes, porém, o aumento dos residentes e seus decorrentes impactos, tornou inapta sua atual localização.

6. Considerações finais

Pode-se afirmar que os objetivos estabelecidos, de acordo com a metodologia proposta, foram atingidos. Porém, é importante ressaltar que a avaliação foi realizada remotamente, devido ao cenário pandêmico, ou seja, análises in loco não foram praticadas. Sendo assim, a visita ao local de instalação, a fim de comprovar o resultado obtido é imprescindível.

Concluiu-se, portanto, que os aterros que admitem resíduos perigosos na cidade de Uberlândia não atendem, atualmente, as exigências normativas em relação à localização. As diretrizes estabelecidas em relação às distâncias de rodovias, hidrologia e massa urbana não foram cumpridas no caso do aterro industrial 2, e para o aterro 1 as características do solo foram infringidas.

Contudo, análises mais aprofundadas, como espessura do solo, permeabilidade do solo, recursos hídricos subterrâneos, impermeabilização dos aterros e seu processo de tratamento também deverão ser realizadas.

Por fim, as geotecnologias mostraram-se uma ferramenta prática e confiável, o auxílio dos *softwares* ArcGis e QGIS, juntamente com seus respectivos instrumentos de junção, combinação, recorte e cálculos, contribuíram para determinar se os aterros que permitem resíduos industriais do município de Uberlândia cumprem com as diretrizes normativas vigentes. Além disso, as bases de dados disponibilizadas gratuitamente, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), trouxeram convicção para o arremate do artigo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e à Agência de Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais (IEDE) pela concessão das bases de dados utilizadas na elaboração da pesquisa, à companhia ESRI pela licença estudantil fornecida para o uso do *software* ArcGis e à comunidade QGIS pela riqueza de informações proporcionadas gratuitamente.

Referências

- ABNT NBR 10.157: Aterros de Resíduos Perigosos – Critérios para Projeto, Construção e Operação. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. NBR 13.896: aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação – procedimento. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- 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*, v. 27, n. 49, p. 368, 2017.
- BORN, V. *Avaliação da aptidão de áreas para instalação de aterro sanitário com uso de ferramentas de apoio à tomada de decisão por múltiplos critérios*. Lajeado, 2013. 103f. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental). Centro Universitário Univates, Lajeado-RS, 2013.
- CAMERON, K. C.; D. I, H. J.; MCLAREN, R. G. Is soil an appropriate dumping ground for our wastes?. *Australian Journal of Soil Research*, 35:995-1035, 1997.
- CONAMA, Resolução nº313, de 29 de outubro de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. *Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais*. Brasília, 2002.
- EMBRAPA. *Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa*. Disponível em: <http://inde.geoinfo.cnpm.embrapa.br/>. Acesso em: 20/08/2021.
- FREITAS, R. F. *Diversidade e sazonalidade de abelhas Euglossini Latreille (Hymenoptera:apidae) em fitofisionomias do bioma cerrado em Uberlândia, MG*. Uberlândia, 2009. 65f. Tese (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Programa de Pós-Graduação em Ecologia e e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2009.
- GOOGLE. *Google Earth website*. Disponível em: <http://earth.google.com>. Acesso em: 23/04/2021.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Populacional por municípios: censos anteriores, censo 2020 e projeções futuras*. IBGE, 2020.
- INDE. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE. *Dados vetoriais geomorfológicos e pedológicos*. Disponível em: <http://www.inde.gov.br>. Acesso em: 30/04/2021.
- INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC). *Gleissolos*. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Gleissolos.pdf>. Acesso em: 17/09/2021.
- KER, J.C.M. Latossolos do Brasil: Uma Revisão. *Geonomos*, v. 5, n.1, p. 17-40. 1997.
- LOPES, R. C.; SILVA, R. N. F. Uso de lógica booleana na triagem de áreas aptas para a implantação de aterro sanitário no Município de Campina Verde, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 7, n. 16, p. 487–499, 2020.
- LOUREIRO, S. M. *Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários – Critérios e Metodologias*. Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, janeiro, p. 46.
- LEAL, J. M.; AQUINO, C. M. S; SILVA, F. J. L. T. Uso do mapa de Declividade e do Modelo Digital de Elevação na

- análise do relevo do município de São Miguel do Tapuio – Piauí. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 5, n. 2, p. 97–107, 2019.
- MENDES, P. C. *A gênese espacial das chuvas na cidade de Uberlândia (MG)*. Uberlândia, 2001. 86f. Tese (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, 2001.
- MORAIS, C. F. de. *Tratamento alternativo para resíduos sólidos urbanos: uma proposta para a cidade de Uberlândia – MG*. Uberlândia, 2013. 120f. Tese (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2013.
- NAUMOFF, A. F.; PERES, C. S. Reciclagem de matéria orgânica. In: D’ALMEIDA, Maria L. O.; VILHENA, André. *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: Atlas, 2000, p.93-123.
- NETO, P. P. C. *Resíduos Sólidos Industriais*. São Paulo, SP: Série Atlas, 1985.
- OLIVEIRA NETO, J. T. *Determinação de áreas favoráveis à implantação de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos para o Município de Piumhi-MG*. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2011.
- PINTO, D. P. de S. *Contribuição à avaliação de aterros de resíduos industriais*. Rio de Janeiro, 2011. 162f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Alberto Luiz Coimbra, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2011.
- RAPTI-CAPUTO, D.; SDAO, F.; MASI, S. Pollution risk assessment based on hydrogeological data and management of solid waste landfills. *Engineering Geology*, 85:122-131, 2006.
- RIBEIRO, C.; VARELLA, C. A. A.; SENA, D. G. Jr.; SOARES, V. P. Sistemas de Informações Geográficas. In: BORÉM, A. et. al. *Agricultura de Precisão*. Viçosa, 2000, p.380-407.
- ROCCA, A. C. C. *Resíduos Sólidos Industriais*. São Paulo: CETESB, 1993. 234p.
- SAMIZAVA, T. M.; KAIDA, R. H.; IMAI, N. N.; NUNES, J. O. R. SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente – SP. *Revista Brasileira de Cartografia*, São Paulo, p. 43-55, 2008.
- SILVA, N. L. S. *Aterro Sanitário para resíduos sólidos urbanos RSU - Matriz para Seleção da Área de Implantação*. Feira de Santana, 2011, 57f. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA, 2011.
- SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento ambiental – ReCESA. *Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2*. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org) – Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.
- UBERLÂNDIA. *Plano Municipal de Saneamento Básico*. Disponível em: http://servicos.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/20610.pdf. Acesso em: 14/04/2021.