



LARISSA BOTELHO GOMES DE MARCOS

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NA SELEÇÃO DE ÁREAS
PROPÍCIAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO
SANITÁRIO EM LAVRAS-MG**

LAVRAS - MG

2021

LARISSA BOTELHO GOMES DE MARCOS

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NA SELEÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS PARA
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM LAVRAS-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges,
Orientador

LAVRAS - MG

2021

LARISSA BOTELHO GOMES DE MARCOS

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NA SELEÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS PARA
IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM LAVRAS-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Aprovada em 17 de novembro de 2021

Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges - UFLA

Prof. Dr. Marcelo de Carvalho Alves - UFLA

M.e Renan Teixeira Delfino - UFLA

Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges
Orientador

LAVRAS – MG

2021

Dedico este trabalho à minha mãe, ao meu pai e meu avô, Roseane, Marcos e Efraim, que sempre me apoiaram e me incentivaram. Dedico também a todos os bons professores que tornaram esse momento possível, e a todos aqueles que lutaram e lutam por uma educação pública de qualidade.

AGRADECIMENTOS

Considero essa a parte mais difícil de se escrever e a que mais posterguei, pois nenhum agradecimento é suficiente para expressar minha gratidão à vários que aqui serão citados e não gostaria de esquecer ninguém que fez a diferença nessa minha jornada.

Começo agradecendo àqueles que mais amo no mundo, minha maior riqueza, meu pai e minha mãe, minha mãe e meu pai, sem ordem certa, pois amo e sou grata aos dois na mesma intensidade. Para falar o quão maravilhosos eles são seriam necessárias dez páginas ou mais, porém resumirei ao papel deles na conclusão do meu curso.

Roseane, minha mãezinha querida, me ofereceu carinho, enxugou minhas lágrimas, me acalmou nos momentos de estresse, teve muita paciência comigo, me amou incondicionalmente e nunca duvidou de que eu era capaz, mesmo quando eu mesma duvidava. Além disso, foi minha amiga e confidente.

Marcos, meu paizinho querido, contribuiu muito para a minha vontade de aprender, sempre me mostrou a importância do saber, da ciência, do envolvimento político, dos meus deveres e responsabilidades na mudança da sociedade. Sempre que duvidei de mim lá estava ele, reforçando o orgulho que sente de mim. Assim como minha mãe, sempre me encheu de abraços, beijos e “eu te amo”s.

Meu avô, Efraim, também tem um grande papel nas minhas conquistas acadêmicas, sempre me ajudou como pôde e, desde que era pequena, me falou sobre a importância de se estudar. O suporte dele nessa jornada veio de várias formas, inclusive, na ajuda do Professor Efraim para revisar este trabalho e colocar todas as vírgulas faltantes.

Meus irmãos amados, Gabriel e Gustavo, são meus companheiros e sempre foram muito importantes para mim. Agradeço a Deus por ter uma família tão especial, onde todos desejam meu sucesso e contribuem para minha felicidade.

Dentro da UFLA, agradeço ao meu professor e orientador Totonho, amado por todos, pelos conhecimentos que me passou, pela sugestão do tema e pelos elogios ao meu empenho e dedicação. Agradeço ao professor Marcelo de Carvalho Alves e à Professora Elizabeth Ferreira, pelo que me ensinaram e a oportunidade de ser monitora da disciplina de Sensoriamento Remoto. Agradeço também, pelo modo como sempre me trataram e por incentivarem a publicação dos meus primeiros resumos. Ainda na área de Sensoriamento Remoto, agradeço ao colega Guilherme Luz que me ensinou muito e foi um ótimo parceiro nessa jornada de aprendizado.

Agradeço aos amigos que Lavras me trouxe, Isamara, Victória e Harisson, que sempre me ouviram, aconselharam, abraçaram e me fizeram companhia nas horas boas e nas horas difíceis. Agradeço aos amigos do Chessuína, que me alegraram todos esses anos, em especial o Túlio, o John e o Michel, amigos que tenho um carinho enorme. Agradeço ao Tiago, amigo que o Engenheiros sem Fronteiras me trouxe, por sempre ver valor em mim e me incentivar.

Agradeço aos amigos de Aracaju que me influenciaram muito, se hoje tenho dentro de mim humildade, companheirismo, alegria, carinho e bondade, devo muito a eles. Obrigada, Colégio Vera Cruz, por me trazer os melhores amigos que um adolescente pode precisar: Fabrício, Larissa Mariana, Lucas, Jéssica, Rodrigo, Biriba, Larisse, Hélio, Marília, Mislene, Wallace.

Agradeço a todos os professores que ensinaram com amor e marcaram a minha vida, vocês são estrelas e deviam ser muito bem recompensados. Sou sortuda e tive muitos ótimos professores, dentre eles, os professores do Colégio Vera Cruz, atual Colégio Hoje. Apesar de ter muito o que melhorar, considero que escrevo bem e, por isso, agradeço em especial à professora de português e redação Adriana Menezes. Outros professores que agradeço e que me marcaram muito, foram o queridíssimo Devanil do DEX, o Ronaldo do DAM e o Sérgio do DQI.

Agradeço à ARPA Rio Grande que, apesar de pouco tempo de estágio, me trouxe novas experiências, a oportunidade de conviver com bons profissionais e me proporcionou um ótimo ambiente para escrever este TCC. Na ARPA, pude conhecer pessoas muito carismáticas e amáveis e, por isso, também devo agradecer ao Wesley, por me indicar.

Por último, gostaria de agradecer ao meu anjo da guarda e ao Centro Espírita do Pai Kachambi em Passos-MG, por toda a assistência prestada a mim e à todos aqueles que necessitam de luz, de cura, de instrução e de bençãos. Um lugar especial, cheio de pessoas especiais, que penso como uma segunda casa.

RESUMO

Com o crescimento da geração de resíduos sólidos, a questão do lixo urbano se tornou um desafio ambiental que exige atenção e a busca de novas soluções viáveis. Com a proibição de lixões e aterros controlados, os aterros sanitários se tornaram a destinação final mais utilizada, devido suas vantagens, como a retenção da emissão de gases de efeito estufa, a possibilidade de recuperação energética a partir do biogás, a retenção e encaminhamento do chorume para tratamento, a possibilidade de venda de créditos de carbono e a diminuição dos riscos à saúde pública. O aterro sanitário também possui desvantagens, como o alto valor de investimento para implantação e a necessidade de grandes espaços que atendam às normas técnicas e legislação, sendo esses cada vez mais difíceis de dispor. A utilização de geotecnologias em processos de licenciamento ambiental permite uma redução desses custos e maior agilidade no processo. Através da coleta, processamento e análise de dados com referências geográficas, é possível estudar o espaço e seus aspectos ambientais, podendo assim, a geotecnologia ser uma aliada no planejamento e gestão territorial de vários tipos de empreendimentos, dentre eles, o aterro sanitário. Este trabalho tem como objetivo utilizar ferramentas de geoprocessamento para a identificação de áreas aptas à construção de aterro sanitário no município de Lavras - MG. Para o cálculo da área mínima requerida pelo empreendimento, foram feitas as estimativas de número de habitantes e de geração de resíduos sólidos ao longo dos anos de funcionamento do aterro, utilizando dados censitários do IBGE e dados de geração de resíduos sólidos urbanos do município. No software QGIS, montou-se um banco de dados, utilizando imagens de satélite e camadas vetoriais geradas por órgãos públicos, e foram verificadas as restrições das áreas do município ao uso almejado de acordo com a DN COPAM 118/2008, Resolução CONAMA 04/1995 e NBR 13986. Para a identificação de regiões aptas para implantação do aterro sanitário, fez-se a sobreposição da área de estudo com todas as camadas restritivas e a subtração das localidades sem restrição pelas variáveis analisadas. Os resultados permitiram verificar áreas potenciais para implantação do empreendimento. Apesar da pouca disponibilidade de áreas que atendem a todos os critérios avaliados, a metodologia se mostrou eficiente, atenuando a complexidade que envolve a seleção de áreas para a construção de aterros sanitários e outros tipos de empreendimentos.

Palavras-chave: Geotecnologias. Aterro Sanitário. Análise Espacial. SIG. Análise Ambiental

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AS	Aterro Sanitário
ASA	Área de Segurança Aeroportuária
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONSANE	Consórcio Regional de Saneamento Básico
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
DN	Deliberação Normativa
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRC	Sistema de Referência de Coordenadas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	O PROBLEMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	12
2.2	ATERRO SANITÁRIO	15
2.2.1	Características gerais	15
2.2.2	Legislação e normas técnicas para aterros sanitários	16
2.3	USO DE GEOTECNOLOGIAS NA SELEÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO	18
3	METODOLOGIA	21
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
3.2	PROJEÇÃO POPULACIONAL, ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RSU E ÁREA NECESSÁRIA PARA DISPOSIÇÃO	22
3.3	GERAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1	PROJEÇÃO POPULACIONAL, ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS E ÁREA NECESSÁRIA	25
4.2	GERAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.....	27
5	CONCLUSÃO	35
6	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da geração de resíduos sólidos, a questão do lixo urbano se tornou um desafio ambiental que exige atenção e a busca de soluções viáveis. Devido ao aumento da população, do consumismo, da produção de produtos com ciclo de vida menores, e do uso exacerbado de embalagens descartáveis, tornou-se importante o desenvolvimento de tecnologias para melhorar a destinação final dos resíduos sólidos, que antes eram dispostos de maneira precária.

Os resíduos sólidos urbanos são aqueles que englobam os resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana e é responsabilidade dos municípios e do Distrito Federal a destinação correta destes que incluem a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações, como a disposição final.

A má gestão dos resíduos sólidos causa poluição atmosférica, hídrica e do solo através da liberação de gases e chorume. Além disso, a disposição inadequada é responsável por poluição visual, proliferação de vetores de doenças e permite a atividade de catadores clandestinos, sendo assim, um problema que afeta diretamente a saúde pública.

Em 2 de agosto de 2010 a Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos no país, determinou que todos os rejeitos do país devem ter uma disposição final ambientalmente adequada e proibiu os lixões e aterros controlados. Dessa forma, passou a ser necessário investir na construção de aterros sanitários para disposição dos rejeitos. Entretanto, por se tratar de um projeto de alto custo, muitos municípios ainda não destinam seus resíduos sólidos urbanos de maneira adequada e torna-se necessário o uso e desenvolvimento de novas tecnologias que facilitem a implementação desses projetos.

A seleção de áreas adequadas para a implantação de aterros sanitários reduz os impactos ambientais e sociais e evita gastos desnecessários em sua construção. Inúmeras características socioambientais devem ser levadas em conta na hora da seleção e a legislação vigente exige que vários critérios sejam seguidos, dentre eles a distância de núcleos urbanos, vias públicas e coleção hídrica, as propriedades do solo e o uso e cobertura da terra.

A utilização de geotecnologias em processos de licenciamento ambiental permite uma redução dos custos e maior agilidade no processo. Através da coleta, processamento e análise dos dados com referências geográficas, é possível estudar o espaço e seus aspectos ambientais, sendo assim, uma aliada no planejamento e gestão territorial de vários tipos de empreendimentos, dentre eles, o aterro sanitário.

Visto que o município de Lavras – MG, tem que enviar seus resíduos sólidos urbanos para outra cidade , aumentando assim os custos com a logística, foi analisada a possibilidade de construção de um aterro no município. Este trabalho monta um banco de dados da área de estudo e, com o processamento desses dados, obtém áreas potenciais para implantação de aterro sanitário, respeitando a legislação ambiental e evitando desvantagens econômicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

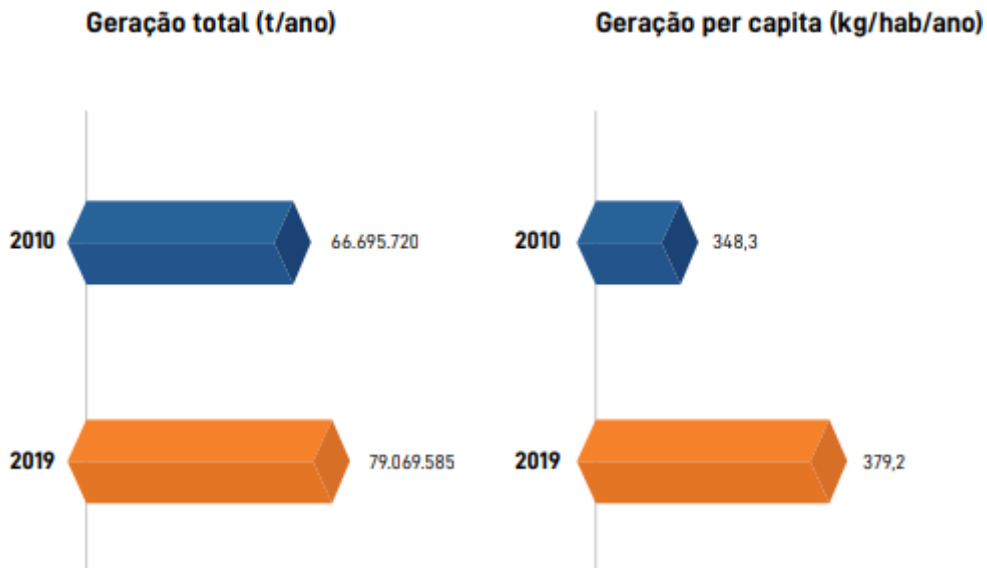
2.2 O PROBLEMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana formam o que se designa como “resíduos sólidos urbanos”, que constituem os materiais cuja gestão está sob a responsabilidade dos municípios e do Distrito Federal (SILVA FILHO; SOLER, 2019). A responsabilidade do município na gestão do resíduo sólido urbano tem como fundamento legal a Constituição Federal de 1988, que traz como competência municipal “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local” (BRASIL, 1988, art. 30).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos de limpeza urbana são os originários da varrição, limpeza de logradouros, vias públicas e outros, já os resíduos sólidos domiciliares são os originários de atividades domésticas em residências urbanas. Estes resíduos domiciliares apresentam grande heterogeneidade, tendo como composição majoritária matéria orgânica, papel, plásticos, metais e vidros, e variam de acordo com os hábitos e costumes da população, poder aquisitivo, padrões de consumo e grau de urbanização (NASCIMENTO NETO, 2013).

Além da alteração da composição dos resíduos sólidos urbanos, o modo de vida da população altera também o volume de produção e seu aumento significativo reflete o crescimento populacional urbano, o elevado consumo de produtos com ciclo de vida menores e o uso exacerbado de embalagens descartáveis (NASCIMENTO NETO, 2013). Este aumento na geração de RSU ao longo dos anos pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 — Geração de RSU no Brasil

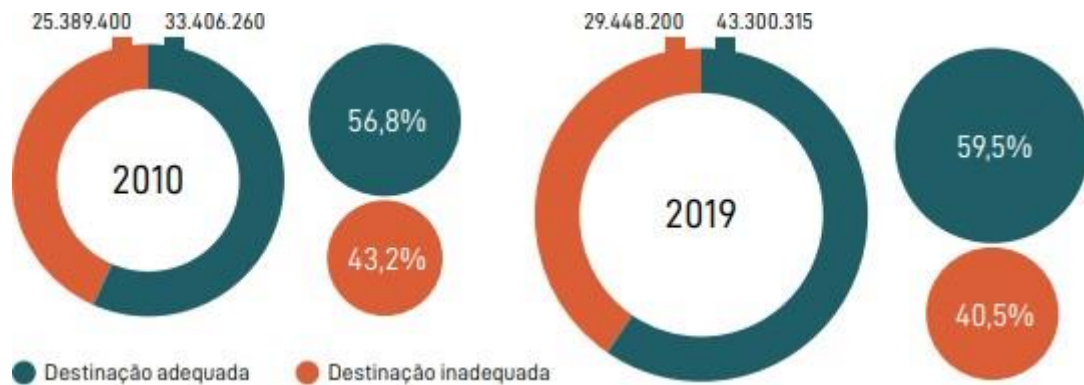


Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais -ABRELPE (2020)

Com o crescimento da geração de resíduos sólidos, a questão do lixo urbano se tornou um desafio ambiental. Segundo a ABRELPE (2020), "entre 2010 e 2019, a geração de RSU no Brasil registrou considerável incremento, passando de 67 milhões para 79 milhões de tonelada por ano. Por sua vez, a geração per capita aumentou de 348 kg/ano para 379 kg/ano".

Os resíduos produzidos são destinados para lixões e aterros controlados frequentemente, que já são proibidos pela Lei nº 12.305 e trazem diversos problemas ambientais, sociais e econômicos, como contaminação do solo e das águas subterrâneas, problemas de saúde pública, atividades de catadores clandestinos, emissão de gases de efeito estufa, proliferação de vetores de doenças, além do espalhamento dos resíduos pelo vento e chuvas (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014). No Gráfico 2, é possível observar que em muitas cidades a disposição final ainda é feita de forma incorreta.

Gráfico 2 — Disposição final adequada e inadequada no Brasil



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais -ABRELPE (2020)

Segundo a APRELPE (2020), a maior parte dos RSU coletados no Brasil é disposta em aterros sanitários, porém, "a quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) aumentou, passando de 25 milhões de toneladas por ano para pouco mais 29 milhões de toneladas por ano". Estes dados nos mostram que a gestão de resíduos sólidos no Brasil ainda não está em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Além disso, mesmo a porcentagem considerada como destinação adequada, ainda tem muito o que melhorar, pois a maior parte coletada é levada para disposição final, e a Lei nº 12.305 incentiva a disposição final em aterros apenas dos rejeitos, ou seja, dos resíduos sólidos que, "depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada" (BRASIL, 2010). Os resíduos sólidos que podem ser reaproveitados, têm outras formas de destinação final ambientalmente adequadas, como o reuso, a compostagem, a reciclagem, a recuperação e o aproveitamento energético (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014).

2.3 ATERRO SANITÁRIO

2.3.1 Características gerais

O aterro sanitário (AS) é uma forma de disposição de resíduos sólidos no solo, com critérios de construção e normas operacionais específicas que possibilitam uma disposição final segura, evitando a poluição ambiental e protegendo a saúde pública (IBRAHIN; IBRAHIN; CANTUÁRIA, 2015). Trata-se de uma estrutura planejada, em que o resíduo é isolado do ambiente à sua volta e deve apresentar uma configuração composta de acessos adequados, que permitam a sua operação dentro de padrões aceitáveis de segurança e possibilitem otimizar a área disponível para a disposição dos resíduos e sua vida útil (ZUQUETTE, 2015).

Para ser classificado como um aterro sanitário, o local de disposição de RSU deve contar com dispositivos de impermeabilização de base e laterais, sistema de recobrimento diário e cobertura final, drenagem e tratamento de líquido percolado e gases e drenagem de águas superficiais. Além disso, deve haver um sistema de monitoramento para evitar danos ao meio ambiente, devido à contaminação das águas subterrâneas pelo chorume e ao acúmulo de biogás (BARBOSA; IBRAHIN, 2014).

Os aterros sanitários são a destinação final legal mais utilizada e, como vantagens, pode-se citar a retenção da emissão de gases de efeito estufa, a possibilidade de recuperação energética a partir do biogás, a retenção e encaminhamento do chorume para tratamento, a possibilidade de venda de créditos de carbono e a diminuição dos riscos à saúde pública, com a redução da presença de catadores no local e de animais transmissores de doenças (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014).

Entretanto, possui desvantagens como o alto valor de investimento com a construção e a necessidade de grandes espaços que atendam às normas técnicas e legislação, sendo estes cada vez mais difíceis de dispor. O esgotamento de áreas propícias aumenta ainda mais os gastos públicos com a logística envolvida no processo, devido à distância cada vez maior dos locais de geração e a necessidade de introdução de outros processos tecnológicos. (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014).

2.2.1 Legislação e normas técnicas para aterros sanitários

Para a construção de um aterro sanitário devem ser estudadas questões legais, sociais, políticas e econômicas, garantindo uma intervenção segura e com o menor impacto ambiental. Dentre as legislações que regulamentam essas questões, está a Deliberação Normativa COPAM nº 118, que estabelece diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais e, em seu Artigo 3º, regulamenta sobre a localização do AS:

I – a localização da área não poderá ocorrer, em nenhuma hipótese, em áreas erodidas, em especial em voçorocas, em áreas cársticas ou em Áreas de Preservação Permanente – APP;

II – localização em área com solo de baixa permeabilidade e com declividade média inferior a 30%;

III – localização em área não sujeita a eventos de inundação, situada a uma distância mínima de 300 metros de cursos d'água ou qualquer coleção hídrica.

§1º - poderão ser admitidas distâncias entre 200 e 300 metros, desde que não exista outra alternativa locacional e seja encaminhada à FEAM declaração emitida por profissional devidamente habilitado, com apresentação de cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, afirmando a viabilidade locacional, conforme modelo constante do Anexo I - Declaração de viabilidade locacional do depósito de lixo.

IV – localização em área situada a uma distância mínima de 500 metros de núcleos populacionais;

V – localização em área com distância mínima de 100 metros de rodovias e estradas, a partir da faixa de domínio estabelecida pelos órgãos competentes; (MINAS GERAIS, 2008).

A norma técnica NBR 13896 estabelece condições para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, visando a proteção das coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas e o bem estar dos funcionários e comunidades vizinhas. Além do abrangido pela DN COPAM 118/2008, a NBR 13896 possui mais algumas considerações para a avaliação da adequabilidade de um local para implantação de AS, dentre elas:

4.1.1 d) vegetação - o estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que ela pode atuar favoravelmente na escolha de uma área quanto aos aspectos de redução do fenômeno de erosão, da formação de poeira e transporte de odores;

e) acessos - fator de evidente importância em um projeto de aterro, uma vez que são utilizados durante toda a sua operação;

f) tamanho disponível e vida útil - em um projeto, estes fatores encontram-se inter-relacionados e recomenda-se a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos;

4.1.2 a) o aterro não deve ser executado em áreas sujeitas a inundações, em períodos de recorrência de 100 anos;

b) entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada natural de espessura mínima de 1,50 m de solo insaturado. O nível do lençol freático deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região;

c) o aterro deve ser executado em áreas onde haja predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s;

d) os aterros só podem ser construídos em áreas de uso conforme legislação local de uso do solo. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1997).

Ademais, a Resolução CONAMA nº 04 de 9 de outubro de 1995 estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuária (ASA) e também deve ser observada, pois traz restrições em relação à disposição de resíduos próximo a aeroportos:

Art. 1º São consideradas “Área de Segurança Aeroportuária - ASA” as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do “centro geométrico do aeródromo”, de acordo com seu tipo de operação, divididas em 2 (duas) categorias:

I - raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR); e

II - raio de 13 km para os demais aeródromos.

Art. 2º Dentro da ASA não será permitida implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como “foco de atração de pássaros”, como por exemplo, matadouros, curtumes, vazadouros de lixo, culturas agrícolas que atraem pássaros, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea. (BRASIL, 1995).

2.3 USO DE GEOTECNOLOGIAS NA SELEÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

As geotecnologias constituem-se em um conjunto de tecnologias para coletar, processar, analisar e oferecer informações com referências geográficas para fins de estudos do espaço geográfico e dos aspectos ambientais nele inseridos, que subsidiam diversas demandas do planejamento e gestão territorial. Dentre as geotecnologias, pode-se destacar o sensoriamento remoto, geoprocessamento, topografia, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sistemas de Informações Geográficas (SIG), entre outros (ROSA, 2011).

De acordo com Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2006), o SIG é um sistema de informações que tem como principais características: “integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélites, redes, dados e modelos numéricos de terrenos; combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, consultar, recuperar, visualizar e imprimir o conteúdo da base de dados e gerar mapas.”

Mais do que de elaborar mapas, os SIG's constituem poderosas ferramentas para o gerenciamento e a análise de informações de qualquer natureza, que sejam dependentes da sua localização (dados, informações ou variáveis espaciais ou geográficas). As características e os processos geológico-geotécnicos, quase na sua totalidade, possuem dependência espacial e as informações adquiridas podem ser utilizadas para a correta tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais (ZUQUETTE, 2015).

A seleção de áreas para implantação de aterros sanitários é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos municípios, pois uma área adequada deve reunir um grande conjunto de condições técnicas, que incluem a topografia, condicionantes geotécnicos e hidrológicos das áreas em análise, condições econômicas, como a logística que permite definir as estratégias de transporte em relação aos centros geradores, condições de acesso ao aterro e de tráfego no interior do aterro. Além disso, devem ser observadas as condições ambientais, como por exemplo, o atendimento aos requisitos de ocupação de áreas protegidas, e as restrições sociais, como a aceitação da população do entorno do empreendimento e a necessidade de desapropriações. Essas condições demandam o conhecimento de um grande volume de dados e informações, normalmente indisponíveis para as administrações municipais (ZUQUETTE, 2015).

Schmidt (2016) realizou um estudo com o objetivo de selecionar áreas aptas para o dimensionamento e a implantação de aterro sanitário consorciado, na área territorial do CIPAE G8, com a utilização de geotecnologias, aplicando a ferramenta da lógica Fuzzy e análise multicritério, com a utilização do método AHP (Analytic Hierarchy Process). No estudo, foram organizadas nove bases georreferenciadas das características operacionais e físicas da área de estudo, aplicou-se pesos para as classes de cada uma das bases, em uma escala entre 0 e 1 e definiu-se qual o percentual de importância das variáveis, por meio do método AHP.

Além disso, foi realizada a projeção populacional, considerando dados censitários e dimensionou-se o aterro sanitário com um horizonte de 20 anos. Como resultados, a base que apresentou maior percentual de importância para a implantação do aterro sanitário foi a de declividade (22%) e obteve-se um mapa, com 68 áreas com a aptidão superior a 0,80 e área maior que 1 hectare.

Costa (2016) realizou um trabalho com o objetivo de avaliar a viabilidade de implantação de um CTR em um consórcio entre Lavras e mais sete municípios adjacentes, em que, a partir de dados populacionais do IBGE e de dados de geração per capita de resíduos sólidos diários, foi traçado um perfil de geração de resíduos e estipulado um horizonte de 20 anos de vida útil do CTR, possibilitando o pré-dimensionamento da área necessária para receber os resíduos dos oito municípios.

Com o auxílio do Sistema de Informações Geográficas (SIG), e com base nas definições da legislação brasileira, alguns parâmetros técnicos e ambientais relevantes foram selecionados como referência para realizar uma análise multicritério e estabelecer áreas prioritárias para instalação de um CTR. A fim de padronizar as análises realizadas, cada parâmetro recebeu um peso (1, 2, 3) e os arquivos foram classificados em três níveis de importância em função de sua relevância, de acordo com os aspectos legais: baixo, médio e alto. Depois de ordenados os parâmetros em ordem de relevância, os resultados gerados foram três mapas indicativos das áreas mais apropriadas à instalação do centro de tratamento de resíduos na região.

Outros trabalhos seguiram metodologia similar, utilizando técnicas de abordagem multicriterial, onde houve uma distribuição de pesos subjetiva. Sobre a aplicabilidade dessas técnicas na análise ambiental, Zuffo (1998) realizou um estudo em que foram selecionados 5 diferentes técnicas de abordagem multicriterial para o planejamento ambiental de recursos hídricos pertencentes a 4 categorias: 1) métodos baseados na programação matemática multiobjetivo; 2) métodos baseados na teoria da utilidade multiatributo (MAUT); 3) métodos

baseados nas relações hierárquicas e, 4) métodos de preferência de desagregação. Sendo os métodos estudados: ELECTRE II, PROMETHEE II, Programação por Compromisso (CP-Compromisse Programming), Teoria do Jogo Cooperativo (CGT-Cooperative Game Theory) e o Método de Análise Hierárquica (AHP-Analytic Hierarchy Process).

O estudo chegou à conclusão de que a aplicação de análise multicriterial, utilizando informações de naturezas diversas é possível, com bons resultados, entretanto, para a definição dos pesos para os critérios elaborados, foi realizada uma consulta a vários profissionais ligados às Áreas de Recursos Hídricos e Ambiente, todos de nível superior, e "dos trinta e dois questionários respondidos, pôde-se observar que existe uma grande variação nos pesos dos critérios atribuídos por cada um dos profissionais, o que reflete uma divergência de opiniões devido, talvez, às diferenças entre as áreas de atuação".

Ainda segundo Zuffo et al. (2002):

"Em análises que envolvem múltiplos critérios é muito difícil isentar um critério da influência de outros. Na natureza, o equilíbrio é estabelecido pela harmonia das interrelações entre os diversos fatores e agentes que a compõe. A cada mudança de um desses agentes ou fatores segue-se um novo ponto de equilíbrio, provocado pelo desequilíbrio. As interrelações existentes entre os critérios possuem diferentes ordens de grandeza."

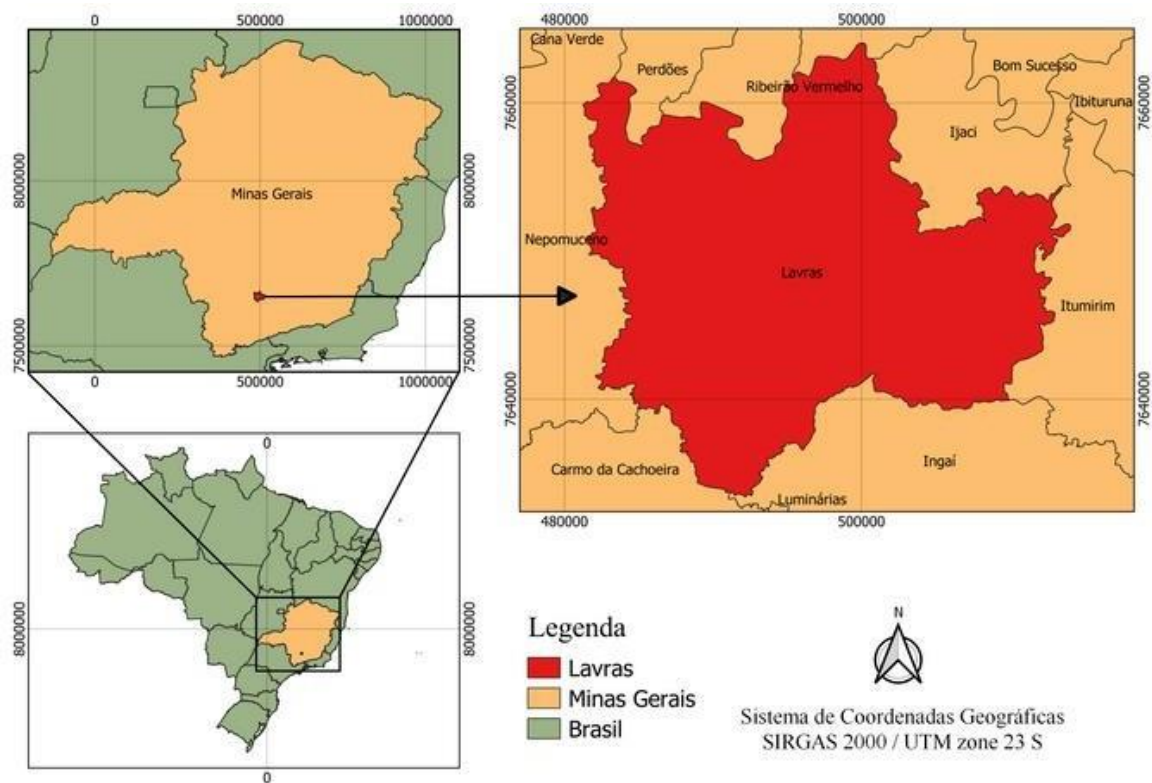
Sendo assim, neste trabalho não foi aplicada a análise multicritério como em outros trabalhos já realizados e anteriormente citados, pois é necessário um estudo amplo do melhor método e da melhor forma de atribuição de pesos, para maior confiabilidade dos resultados. A distribuição aleatória de pesos torna os resultados de mais difícil interpretação, por isso, esse trabalho utiliza uma metodologia simples, com possível aplicação em diversos tipos de empreendimentos, que retorna áreas que atendem ou não à legislação, gerando resultados objetivos, de fácil entendimento e com redução de tempo e recursos financeiros gastos no processo.

3 METODOLOGIA

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Lavras, que pertence à Bacia do Rio Grande e possui uma população estimada de 105.756 habitantes. O município possui área territorial de 564,744 km² e está inserido no estado de Minas Gerais, como mostra a Figura 1, na mesorregião do Campo das Vertentes.

Figura 1 — Localização da área de estudo



Fonte: O autor (2021)

Atualmente o município é integrante do Consórcio Regional de Saneamento Básico – CONSANE e tem seus resíduos sólidos urbanos coletados enviados para disposição final na Central de Tratamento de Resíduos de Minas Gerais (CTR-MG) localizada em Nepomuceno.

De acordo com dados fornecidos pelo CONSANE, em 2020 o município enviou 22.606 (vinte e duas mil seiscentas e seis) toneladas para disposição final na CTR-MG.

3.3 PROJEÇÃO POPULACIONAL, ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RSU E ÁREA NECESSÁRIA PARA DISPOSIÇÃO

Para se estimar o número de habitantes do município nos anos de 2022 a 2031, foi feita a projeção geométrica através das Equações 1 e 2, utilizando dados censitários do IBGE dos anos 2000 e 2010 em que a população do município era de 78.772 e 92.200 habitantes, respectivamente.

$$P_t = P_0 * e^{K_g*(t-t_0)} \quad (1)$$

$$K_g = \frac{\ln P_n - \ln P_0}{t_n - t_0} \quad (2)$$

Onde:

P_t e t -> População e ano ao qual se deseja fazer a projeção

P_0 e t_0 -> População e ano do primeiro dado censitário utilizado

K_g -> Coeficiente de projeção geométrica

P_n e t_n -> População e ano referentes ao último dado censitário

Para estimar a geração de resíduos sólidos urbanos que serão destinados ao aterro foram utilizados dados de geração municipal fornecidos pelo CONSANE referentes ao ano de 2019 (Tabela 1). O ano de 2019 foi escolhido por ser mais representativo já que retrata o cenário de geração de RSU antes do êxodo de estudantes universitários, ocasionado pela pandemia de COVID-19.

Tabela 1 — Dados de geração de RSU em 2019

Ano	População estimada	Geração anual (CONSANE) (ton)	Geração média (ton/dia)	Geração <i>per capita</i> (kg/hab/dia)
2019	106231	22.606,03	61,26	0,5766

Fonte: O autor (2021) CONSÓRCIO REGIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO - CONSANE

Através da Equação 3, calculou-se a geração *per capita* de cada ano de funcionamento do aterro a partir da geração *per capita* municipal de 2019 (Tabela 1). A taxa de crescimento da geração *per capita* (Equação 4) foi calculada utilizando-se os dados nacionais referentes ao ano de 2019 e 2010 disponibilizados pela ABRELPE (Gráfico 1).

$$GP_t = GP_0 \cdot TC_p^{(t-t_0)} \quad (3)$$

GP_t e t -> Geração *per capita* e ano a ser estimado

GP_0 e t_0 -> Geração *per capita* e ano iniciais (CONSANE, 2019)

$$TC_p = \left(\frac{GP_n}{GP_0} \right)^{\frac{1}{(t_n-t_0)}} \quad (4)$$

TC_p -> Taxa de crescimento *per capita*

GP_0 e t_0 -> Geração *per capita* e ano iniciais (ABRELPE, 2010)

GP_n e t_n -> Geração *per capita* e ano finais (ABRELPE, 2019)

Com a estimativa da geração *per capita* e o número de habitantes nos anos de funcionamento, foi calculado o montante a ser aterrado, supondo-se uma redução de 1% ao ano da parcela destinada ao aterro, e o volume a ser aterrado, considerando-se uma massa específica ideal de resíduos compactados de 7 kN/m³. Finalmente, para encontrar a área útil requerida para disposição foi acrescido 25% no volume total, referente ao solo que será utilizado para recobrir, e adotada uma altura de empilhamento de 6 metros.

3.4 GERAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Para geração das áreas propícias, foi criado um banco de dados no software QGIS versão 3.16.6 com um Modelo Digital de Elevação (MDE), do satélite ALOS PALSAR (ASF DAAC, 2015), imagens do Satélite CBERS 4A (INPE, 2021), camada vetorial de logradouros (SEMMA LAVRAS, 2021), e camadas vetoriais de vias públicas, massas d'água e remanescentes florestais (IEDE, 2009).

Nos quesitos declividade, distância da coleção hídrica, distância de núcleos urbanos e distância de vias públicas, foram consideradas as exigências da Deliberação Normativa COPAM Nº 118 de 27 de junho de 2008 (MINAS GERAIS, 2008). Para a distância mínima de aeroportos foi considerada a exigência da Resolução CONAMA Nº 04 de 9 de outubro de 1995 (BRASIL, 1995).

A declividade foi obtida utilizando-se dados do Satélite ALOS PALSAR, que oferece uma resolução espacial de 12,5 metros. A partir do MDE foi gerada a declividade em porcentagem, e feita uma reclassificação, agrupando as declividades em duas classes, sendo estas, declividades próprias para implantação de aterro sanitário (de 0 a 30%) e declividades impróprias (maior que 30%).

Para gerar as camadas de distância dos núcleos urbanos e distância de vias públicas, foram utilizadas, respectivamente, a camada de logradouros da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Lavras e a camada de vias públicas da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais - IEDE. Para a distância de núcleos urbanos foi criado um buffer de 500 metros, e para a distâncias de vias públicas, um buffer de 100 metros, a partir das camadas de entrada.

A rede hidrográfica foi gerada com o auxílio do pacote de ferramentas SAGA GIS e o Modelo Digital de Elevação do Satélite ALOS PALSAR. Inicialmente, fez-se o pré-processamento do MDE, utilizando-se a ferramenta "Fill sinks (wang & liu)" e, logo após, os canais foram gerados através da ferramenta "Channel network and drainage basins". Com a ferramenta Buffer foram criadas zonas de influência de 200 e 300 metros de cada lado dos canais, e de 300 metros para a camada de massas d'água da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais – IEDE.

Para gerar a camada de distância de aeroportos foi criado um ponto, representando o centro geométrico do Aeroclub de Lavras, observado pelo Google Satellite através do complemento QuickMapServices. Criado o ponto, gerou-se uma zona de influência de 20 quilômetros a partir dele, também com o auxílio da ferramenta Buffer.

Para obtenção de uma imagem atual, com data conhecida e boa resolução espacial, foram utilizadas imagens do satélite CBERS 4A, sensor WPM, do dia 15 de agosto de 2021 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2021). Esse sensor possui 4 bandas multiespectrais com resolução espacial de 8 metros e 1 banda pancromática com resolução espacial de 2 metros. No intuito de se obter uma imagem colorida com resolução espacial melhorada, fez-se o empilhamento e recorte das bandas, a sobreposição da imagem multiespectral com a imagem pancromática, e o procedimento de PanSharpening com o pacote de ferramentas Orfeo Tool Box (OTB).

A camada de áreas propícias foi gerada, fazendo-se a exclusão das áreas do município que se sobreponham às camadas de distância da hidrografia, distância dos núcleos urbanos, distância das vias públicas, declividade maior que 30%, remanescentes florestais e distância do aeroporto e, após esse processo, foi calculado a área das localidades restantes.

Finalmente, foram selecionadas três áreas com extensões suficientes para um projeto de aterro, que atenda o município por 10 anos, que é o tempo mínimo de funcionamento previsto para um aterro sanitário, respeitando a NBR 13896 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1997). Com o auxílio da imagem atual e de resolução espacial melhorada, observou-se a exatidão dos resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PROJEÇÃO POPULACIONAL, ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS E ÁREA NECESSÁRIA

Utilizando-se a Equação 2, foi possível encontrar um coeficiente de projeção geométrica de 0,01574 e, aplicando esse valor de Kg na Equação 1, encontrou-se a população estimada dos próximos 10 anos. Para a geração de RSU, foi encontrado, através da Equação 4, uma taxa de crescimento da geração *per capita* de 1,0065 e, substituindo esse valor na Equação 3, foram encontrados os valores estimados de geração de RSU, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 — Estimativa do número de habitantes e geração de RSU

Ano	Habitantes	Geração RSU (kg/hab)	Geração RSU (ton/dia)
2022	111.368	0,5932	66,06
2023	113.135	0,5988	67,75
2024	114.929	0,6045	69,48
2025	116.753	0,6103	71,25
2026	118.605	0,6160	73,07
2027	120.486	0,6219	74,93
2028	122.398	0,6278	76,84
2029	124.340	0,6337	78,80
2030	126.312	0,6398	80,81
2031	128.316	0,6458	82,87

Fonte: O autor (2021)

A partir do peso de RSU a ser aterrado, foram calculados o volume por ano e o volume acumulado de RSU acrescido da cobertura de solo. Como se observa na Tabela 3, o aterro sanitário deve ter capacidade para disposição de 1.465.869 m³ (um milhão, quatrocentos e sessenta e cinco mil, oitocentos e sessenta e nove metros cúbicos) que requer uma área útil de 24,43 hectares, considerando-se 6 metros como altura de empilhamento.

Tabela 3 — Volume de RSU a ser aterrado

RSU (ton/dia)	% destinada ao AS	RSU a serem aterrados (ton/dia)	RSU a serem aterrados (ton/ano)	Volume a ser aterrado (m ³ /ano)	Volume acumulado + 25% de solo (m ³)
66,06	100	66,06	24.113	33.782	42.227
67,75	99	67,07	24.481	34.297	95.655
69,48	98	68,09	24.920	34.912	163.208
71,25	97	69,11	25.226	35.340	248.185
73,07	96	70,14	25.602	35.868	355.066
74,93	95	71,18	25.982	36.399	489.331
76,84	94	72,23	26.436	37.036	657.958

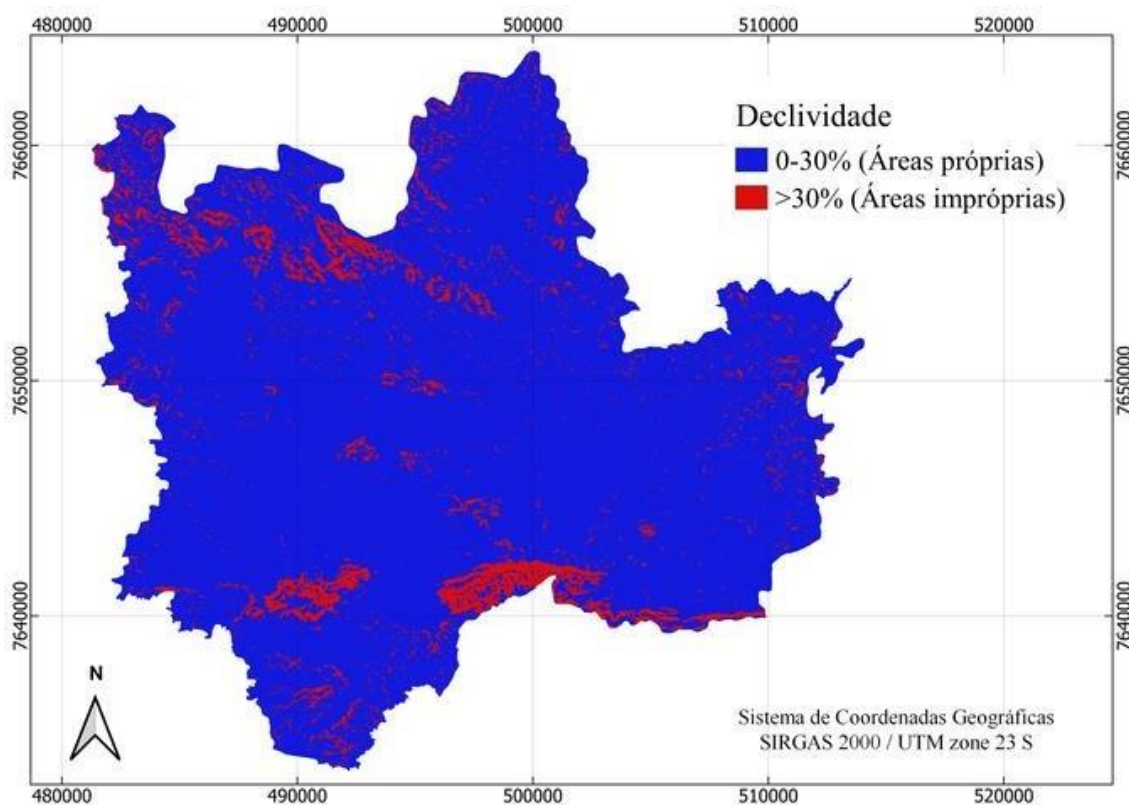
78,80	93	73,28	26.749	37.474	869.290
80,81	92	74,34	27.136	38.016	1.134.133
82,87	91	75,41	27.525	38.562	1.465.869

Fonte: O autor (2021)

4.2 GERAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Os mapas a seguir, foram gerados a partir dos resultados obtidos e representam as restrições de cada área em relação às variáveis analisadas. A Figura 2 nos mostra as áreas com restrições para a implantação de aterro sanitário em relação à declividade, sendo representadas com a cor azul as áreas próprias, que possuem declividade menor que 30%, e as áreas impróprias em vermelho, com declividade maior que 30%. Somente 7,73% do município de Lavras possui declividade maior que 30%, não se tratando então de uma condição muito restritiva para este trabalho.

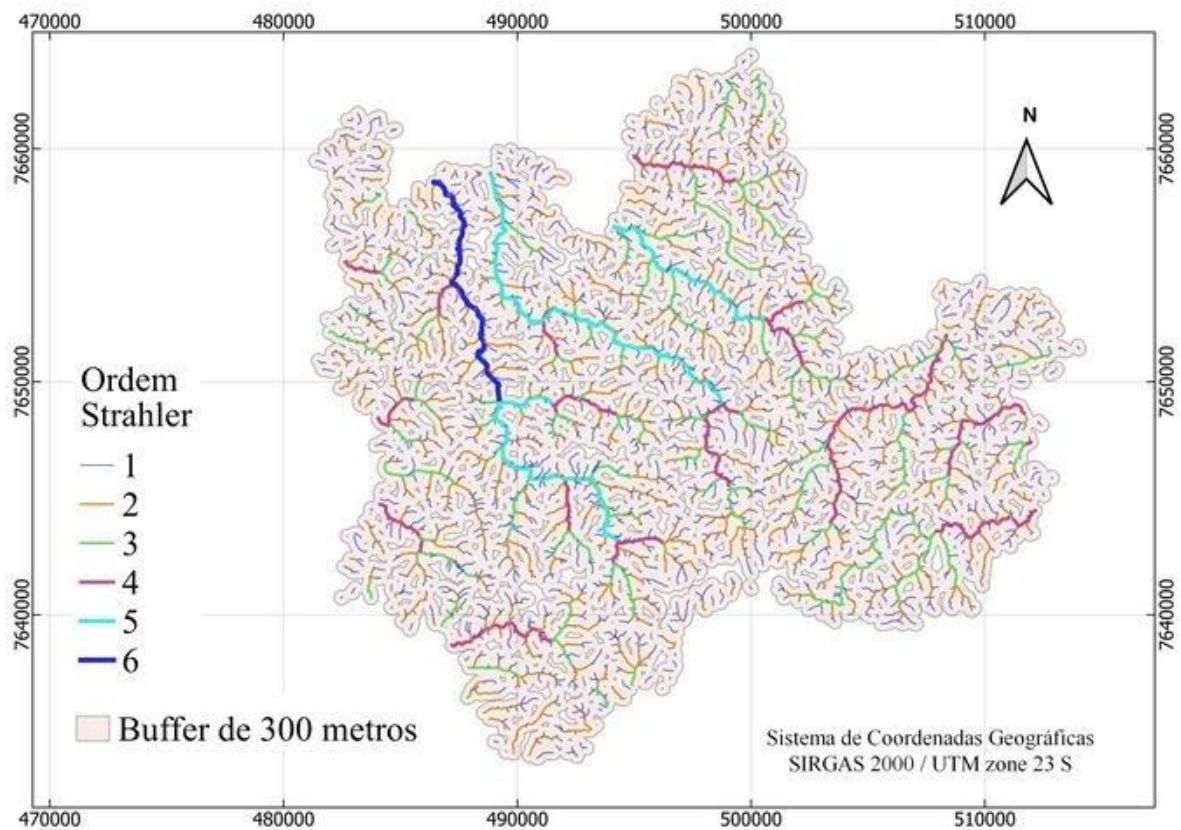
Figura 2 — Declividade própria e imprópria para implementação de aterro sanitário



Fonte: O autor (2021)

A Figura 3 a seguir representa a hidrografia gerada a partir do MDE e zonas de influência de 300 metros, criadas ao seu redor. Observando o mapa, é possível identificar trechos de 1ª até 6ª ordem, onde se percebe os de 5ª e 6ª ordem seguindo na direção noroeste ao encontro do Rio Grande. A necessidade de se ter uma distância de no mínimo 300 m entre o aterro e a coleção hídrica torna indisponível 546,03 km² dos 564,62 km² do município, ou seja, 96,7 % da área total.

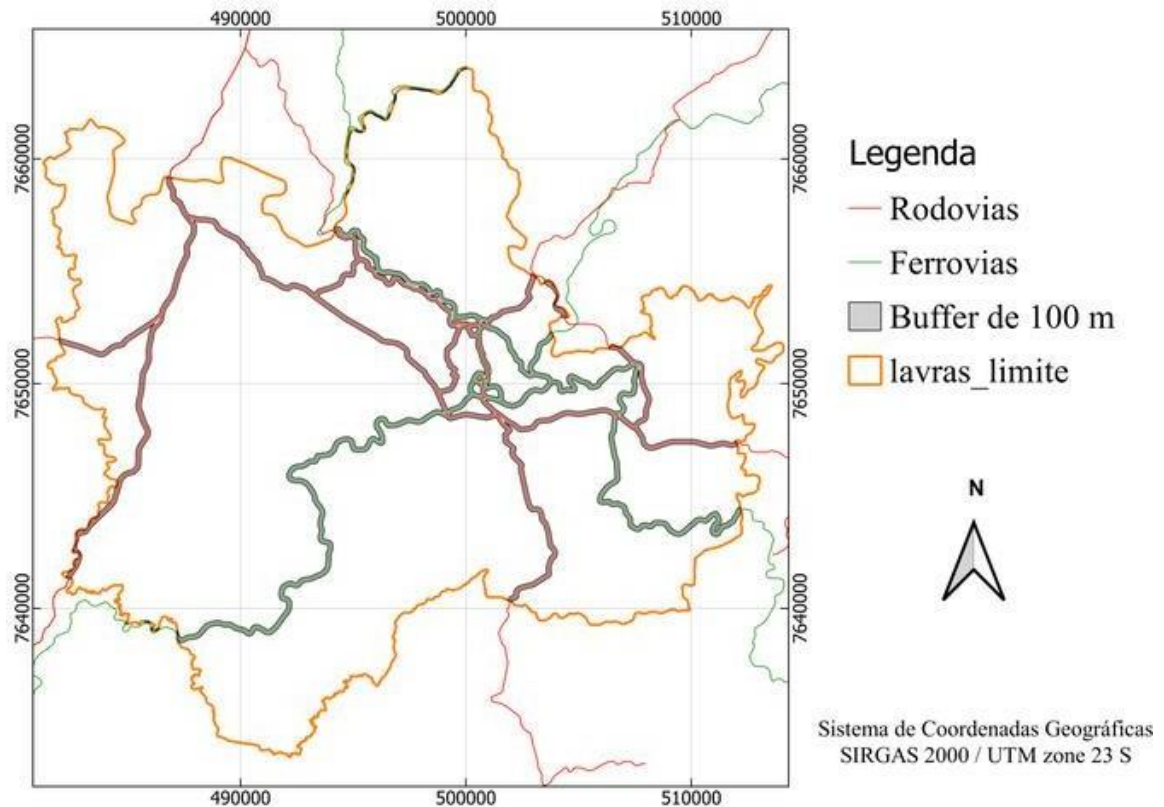
Figura 3 — Hidrografia e buffer de 300 metros ao redor da coleção hídrica



Fonte: O autor (2021)

A figura 4 trata das áreas restritas à implantação de AS devido à proximidade de vias públicas. Para a geração desse mapa, foram utilizados os trechos ferroviários e rodoviários da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais. No mapa estão representadas as rodovias em vermelho, as ferrovias em verde e um buffer de 100 metros ao longo dessas.

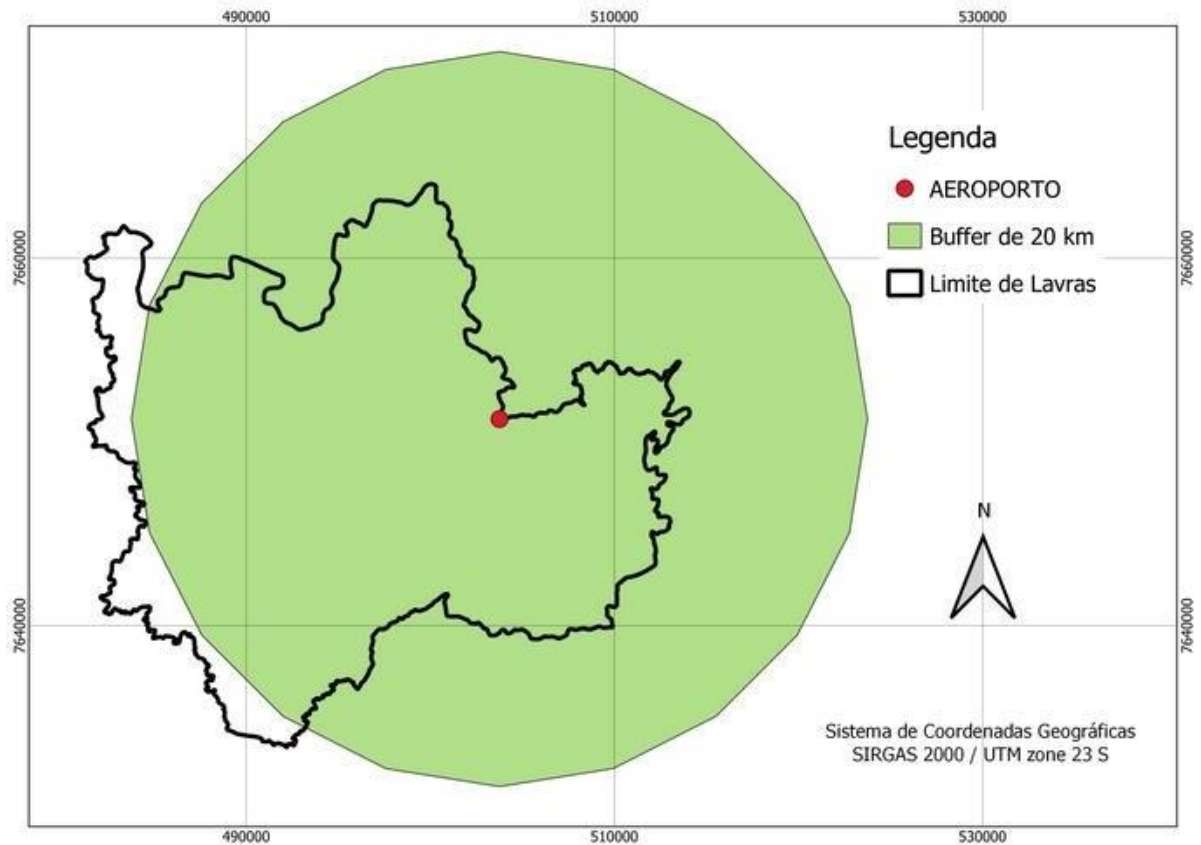
Figura 4 — Vias públicas e buffer de 100 metros ao longo das vias



Fonte: O autor (2021)

A Resolução CONAMA 04/95 torna indisponível 508,33 km² dos 564,62 km² do município. A Figura 5 mostra o segundo parâmetro mais restritivo dos analisados onde 90,03% do território do município se encontra dentro do raio de 20 quilômetros do aeroporto.

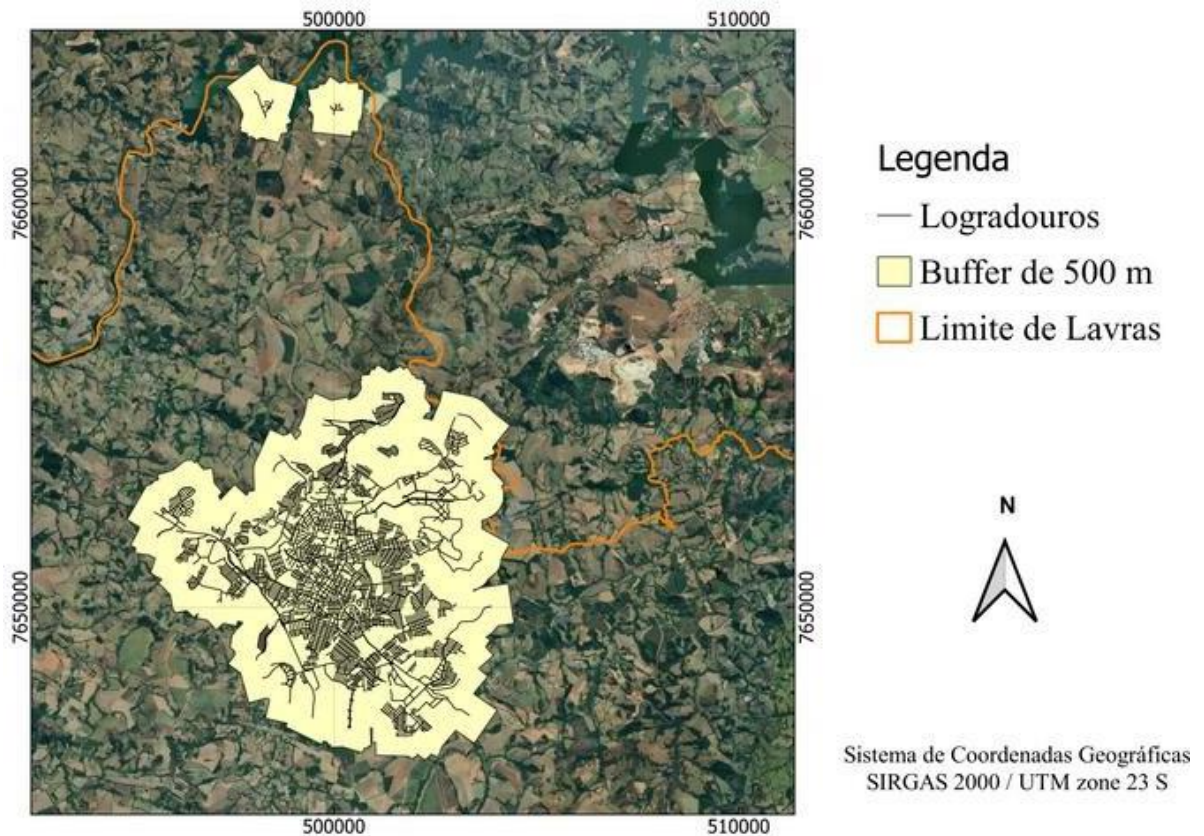
Figura 5 — Distância de 20 quilômetros do Aeroclube de Lavras



Fonte: O autor (2021)

A Figura 6 representa os núcleos urbanos e um buffer de 500 metros ao redor de seus logradouros. Essa restrição apenas reforça a indisponibilidade das áreas que já são inviáveis devido à proximidade do aeroporto.

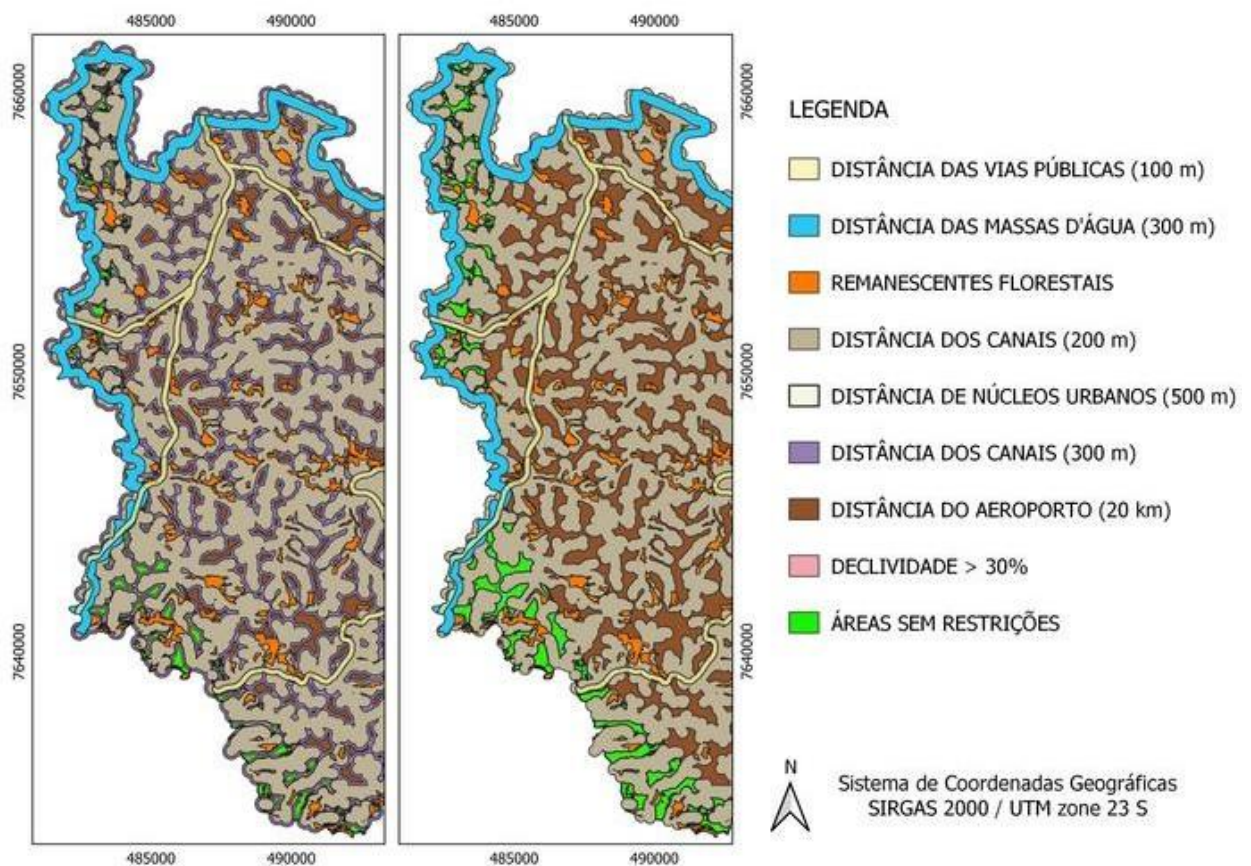
Figura 6 — Logradouros e buffer de 500 metros representando a distância mínima de núcleos urbanos



Fonte: O autor (2021)

Excluídas as áreas que coincidem com qualquer uma das camadas de restrição, respeitando-se uma distância de 300 metros de qualquer coleção hídrica, não houve áreas restantes que comportassem um aterro que exige mais de 24 hectares de área útil. A Deliberação Normativa COPAM 118/2008 declara que poderão ser admitidas distâncias entre 200 e 300 metros, desde que não exista alternativa locacional. Sendo assim, foi utilizado o buffer de 200 metros ao redor dos canais, o que retornou áreas maiores, como mostra a Figura 7.

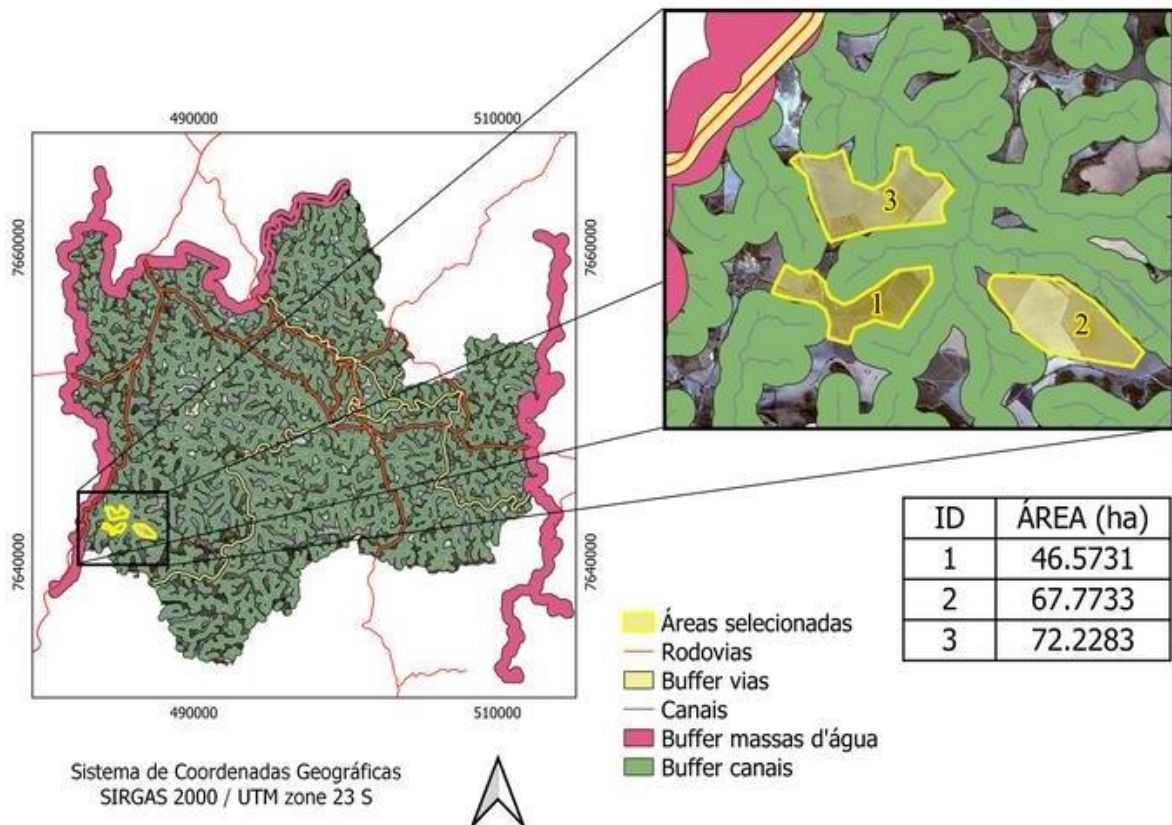
Figura 7 — Sobreposição de todas as camadas restritivas e comparação entre a restrição devido às distâncias de 300 e 200 m dos canais



Fonte: O autor (2021)

Dentre as áreas possíveis foram selecionadas três áreas com dimensões suficientes para comportar o aterro sanitário, e com pavimentação próxima para redução de gastos com o transporte e maior facilidade de acesso. A Figura 8 mostra as áreas escolhidas que seriam boas alternativas locais devido ao tamanho e ao acesso pela BR 381.

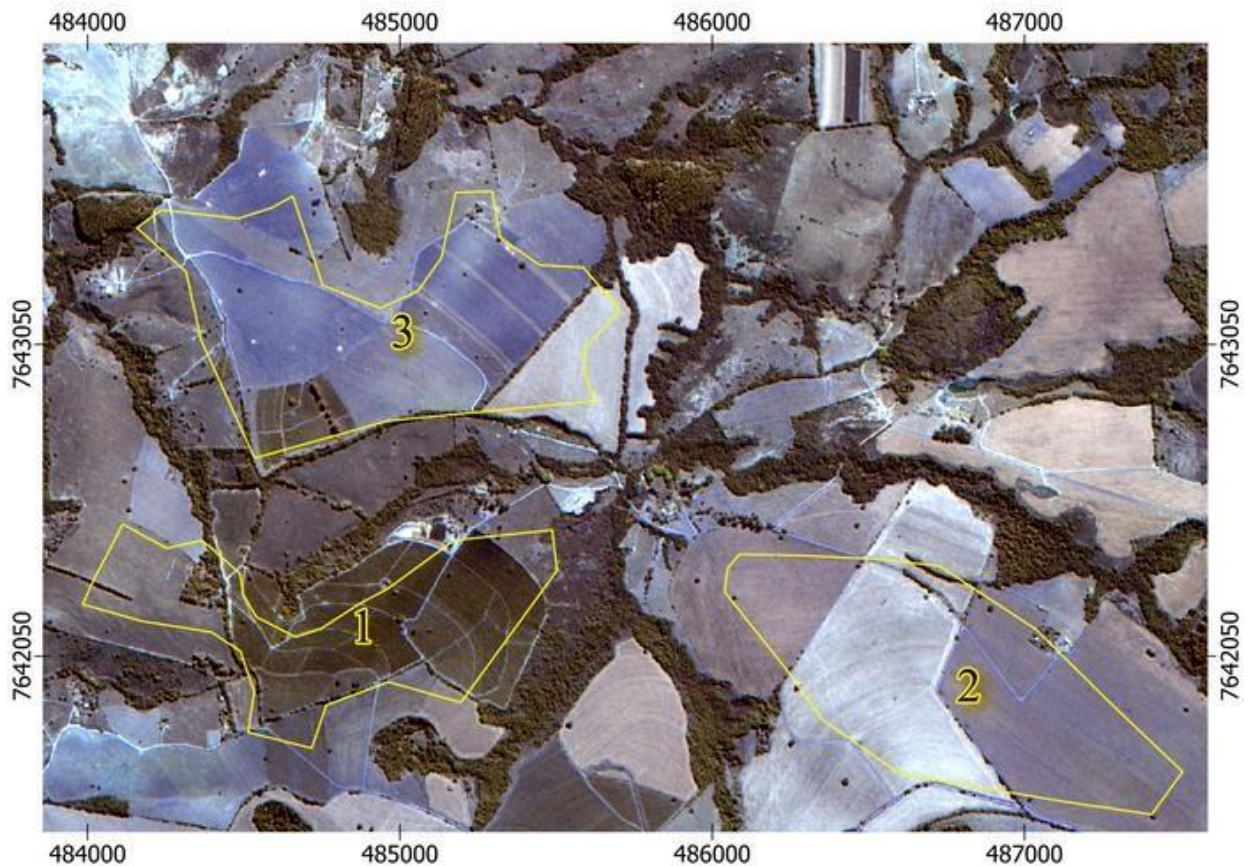
Figura 8 — Localização das áreas selecionadas



Fonte: O autor (2021)

As áreas selecionadas possuem extensão de 46,57 hectares, 67,77 hectares e 72,23 hectares, dimensões mais que suficientes para o funcionamento do aterro por no mínimo 10 anos. A figura 9 mostra as áreas com a imagem do satélite CBERS 4A, sensor WPM, do dia 15 de agosto de 2021, com a composição colorida 123/RGB.

Figura 9. Imagem das áreas selecionadas, com resolução espacial de 2 metros, composição colorida 123/RGB, sensor WPM do satélite CBERS 4A, dia 15/08/2021



Fonte: O autor (2021)

As áreas pré-selecionadas estão próximas, devido à falta de boas alternativas locais espaçadas. Esse cenário não é o ideal, pois podem haver problemas regionais que inviabilizem todas as áreas pré-selecionadas, ao se analisar os outros critérios não abrangidos no estudo, mas de grande importância, como a aceitação social e as características do solo. Entretanto, a pouca disponibilidade de áreas ideais já era esperada, devido, principalmente, ao tamanho da área requerida e a existência de aeroporto no município.

Ao analisar a imagem detalhada, também é possível observar que na parte superior esquerda da Área 1 há a invasão de uma parte arbórea, sendo necessária uma melhor conformação dos limites no caso de escolha para o projeto. No mais, o método encontrou resultados satisfatórios, retornando áreas que já foram bastante antropizadas.

5 CONCLUSÃO

Ao longo do trabalho foi possível observar que dentre as maiores dificuldades para a implantação de aterros sanitários estão os custos elevados e a dificuldade de encontrar áreas que atendam à legislação. Neste trabalho foi possível observar que em municípios que possuem aeroportos a dificuldade é ainda maior pela distância mínima de 20 quilômetros exigida pela Resolução CONAMA 04/1995 entre a atividade e o aeroporto.

Com o aumento da urbanização e da quantidade de RSU a ser aterrada, se torna cada vez mais difícil encontrar áreas que comportem o AS. Mesmo para um tempo de vida mínimo de 10 anos e assumindo-se uma redução na porcentagem destinada ao aterro ao longo dos anos, a área útil necessária de 24,43 hectares não pode ser obtida respeitando-se a distância de 300 metros dos canais, sendo necessária a redução para 200 metros de distância. Esses resultados salientam a relevância das cooperativas de catadores e a urgência de se investir na coleta seletiva, usinas de triagem, pátios de compostagem e novas tecnologias.

Ademais, é possível caracterizar o SIG como ferramenta eficiente no processo de seleção de áreas, por aproveitar dados já existentes e criar novos de uma forma rápida e satisfatória. A metodologia retornou resultados plausíveis e de fácil interpretação e reduziu muito a área a ser estudada mais profundamente, podendo ser utilizada para outros empreendimentos.

REFERÊNCIAS

ASF DAAC. **ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected high res**: Includes Material © JAXA/METI 2007. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5067/Z97HFCNKR6VA>. Acesso em: 10 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS -ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13896**. 1997. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-13.896-Aterros-de-res%C3%ADduos-n%C3%A3o-perigosos.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2021.

BARBOSA, R.P; IBRAHIN, F.i.d. **Resíduos Sólidos - Impactos, Manejo e Gestão Ambiental**. Saraiva, 2014. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521749/>. Acesso em: 31 ago. 2021.

BRASIL. Lei n. 12305, de 01 de agosto de 2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, ano 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 7 ago. 2021.

BRASIL. Resolução n. 4, de 09 de outubro de 1995. **Diário Oficial da União**: Seção 1, 11 de outubro de 1995, ano 1995, p. 20388. Disponível em: https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2017/04/CONAMA_RES_CONS_1995_004.pdf. Acesso em: 15 jul. 2020.

CODEMIG. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Portal da Geologia. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 29 set. 2021.

CONSÓRCIO REGIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO - CONSANE. **Portal da Transparência**. Disponível em: <https://consane.mg.gov.br/>. Acesso em: 8 set. 2021.

COSTA, Anna Carolina Pereira Rezende. **Uso de geotecnologias na avaliação da viabilidade de implantação de centro de tratamento de resíduos sólidos intermunicipal em Minas Gerais**. Lavras, 2016 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras.

IBRAHIN, F. I. D.; IBRAHIN, F. J.; CANTUÁRIA, E. R. **Análise Ambiental: Gerenciamento de Resíduos e Tratamento de Efluentes**. Saraiva Educação S.A., 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521497/>. Acesso em: 15 set. 2021.

INFRAESTRUTURA ESTADUAL DE DADOS ESPACIAIS DE MINAS GERAIS - IEDE. **Catálogo IEDE**. Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://iede.fjp.mg.gov.br/catalogo.html>. Acesso em: 2 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Portal do Governo Brasileiro**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/lavras.html>. Acesso em: 31 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Divisão de Geração de Imagens**. 2021. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Tutorial de Geoprocessamento**. Divisão de Processamento de Imagens. 2006. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html. Acesso em: 4 out. 2021.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Deliberação Normativa n. 118, de 26 de junho de 2008, ano 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=7976>. Acesso em: 5 jul. 2021.

NASCIMENTO NETO, Paulo. **Resíduos sólidos urbanos: perspectivas de gestão intermunicipal em regiões metropolitanas**. ATLAS, 2013. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522479528/>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SCHMIDT, Tanara. **Seleção de área e dimensionamento de aterro sanitário para o consórcio público intermunicipal para assuntos estratégicos do G8 – CIPAE G8**. Lajeado, 2016 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Univates. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1405/1/2016TanaraSchmidt.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Bacias Sedimentares do Brasil**. GeoSGB. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/>. Acesso em: 29 set. 2021.

SILVA FILHO, C.R.; SOLER, F. **Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei**. Editora Trevisan, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595450455/>. Acesso em: 1 set. 2021.

STEFFEN, CARLOS ALBERTO. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>. Acesso em: 1 set. 2021.

TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J. **Resíduos sólidos no Brasil**: oportunidades e desafios da lei federal nº 12.305 (lei de resíduos sólidos). Editora Manole, v. 3, 2014. Disponível em: Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520449240/>. Acesso em: 5 out. 2021.

ZUFFO, A.C. *et al.* Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 81-102, Jan/Mar 2002. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/99/e1e4d4108ab2445b9d3de3bb96720761_b12a09acdd7240861eee70fbf1774625.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

ZUFFO, Antônio Carlos. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**. 1998 Tese (Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998. Disponível em: <https://www.fec.unicamp.br/~zuffo/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ZUQUETTE, Lazaro. **Geotecnia Ambiental**. Grupo GEN, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155466/>. Acesso em: 5 ago. 2021.