

USO DAS GEOTECNOLOGIAS E DA ANÁLISE DE MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS À IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA – RR

Thiago Martins Silva¹
Stélio Soares Tavares Júnior²

RESUMO

A crescente geração de resíduos sólidos impulsionada pela urbanização, aumento populacional e mudanças nos padrões de consumo exige estratégias eficazes de gerenciamento. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabeleceu diretrizes para a disposição ambientalmente adequada dos resíduos, priorizando a substituição de lixões por aterros sanitários. Um dos principais desafios para implantação desses aterros está na escolha de áreas viáveis que atendam aos critérios legais e ambientais. Deste modo, o presente estudo teve como objetivo identificar áreas aptas para instalação de um aterro sanitário no município de Boa Vista – RR, utilizando ferramentas de geotecnologia integradas à Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA), com aplicação do método AHP (Processo Analítico Hierárquico). A análise espacial, realizada em ambiente SIG com o uso do QGIS, resultou em mapas temáticos que evidenciam a predominância de áreas inaptas, especialmente devido à presença de terras indígenas, zonas urbanas e áreas institucionais. As áreas mais promissoras concentram-se nas proximidades das rodovias e fora dos núcleos urbanos, apresentando vantagens logísticas. A metodologia adotada mostrou-se eficaz ao integrar variáveis ambientais, sociais e operacionais para subsidiar o planejamento territorial. Os resultados reforçam a necessidade de rigor técnico, legal e participativo na definição de áreas para instalação de aterros, garantindo a minimização dos impactos socioambientais e a sustentabilidade do processo.

PALAVRAS-CHAVE: AHP; Qgis; Aptidão; Aterros sanitários; Roraima

USE OF GEOTECHNOLOGIES AND MULTICRITERIA ANALYSIS FOR THE SELECTION OF POTENTIAL AREAS FOR SANITARY LANDFILL SITING IN THE MUNICIPALITY OF BOA VISTA – RR

ABSTRACT

The increasing generation of solid waste, driven by urbanisation, population growth, and shifts in consumption patterns, necessitates effective management strategies. In Brazil, the National Solid Waste Policy has established guidelines for the environmentally sound disposal of waste, prioritising the replacement of open dumps with sanitary landfills. A key challenge for the

¹ Mestre em Geografia, Universidade Federal de Roraima - thiagomartinssilva95@gmail.com

² Doutor em Sensoriamento Remoto, Departamento de Geologia da Universidade Federal de Roraima - stelio.tavares@ufrr.br

implementation of these landfills lies in selecting viable areas that meet legal and environmental criteria. Consequently, this study aimed to identify suitable areas for the installation of a sanitary landfill in the municipality of Boa Vista – Roraima, Brazil, employing geotechnology tools integrated with Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA), specifically applying the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The spatial analysis, conducted within a GIS environment using QGIS, yielded thematic maps highlighting the predominance of unsuitable areas, particularly due to the presence of indigenous lands, urban zones, and institutional areas. The most promising areas are concentrated in the vicinity of highways and outside urban centres, offering logistical advantages. The adopted methodology proved effective in integrating environmental, social, and operational variables to inform land-use planning. The findings underscore the need for technical, legal, and participatory rigour in defining areas for landfill installation, ensuring the minimisation of socio-environmental impacts and the sustainability of the process.

Keywords: AHP; QGIS; Suitability; Sanitary landfills; Roraima

INTRODUÇÃO

A geração dos resíduos sólidos é intrínseca ao viver, uma vez que quase toda atividade humana gera algum tipo de resíduo, seja de forma direta ou indireta. Nas últimas décadas tem-se observado o aumento na produção e diversidade dos resíduos sólidos, fato este atribuído à urbanização, ao crescimento populacional, mudanças nos padrões de consumo e as inovações tecnológicas. Diante desse cenário, tem surgido globalmente uma série de medidas que objetivam mitigar essa problemática e promover o gerenciamento do crescente número de resíduos.

Nesse contexto, o Brasil criou por meio da Lei Federal nº 12.305, a Política Nacional do Resíduos Sólidos (PNRS), com vistas ao estabelecimento de diretrizes e metas relativas à gestão e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, em especial os urbanos. Um dos objetivos da PNRS diz respeito à disposição final ambientalmente adequada em aterros sanitários (Brasil, 2010).

A lei prevê o encerramento dos lixões e dos aterros controlados, visando a substituição destes por aterros sanitários, que segundo Melo (2020) são espaços destinados à acomodação dos resíduos sólidos a partir dos princípios e técnicas de engenharia, com o propósito de minimizar os impactos socioambientais.

Não obstante a relevância do encerramento de lixões e aterros controlados, e da implantação de aterros sanitários em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos

(PNRS), conforme salientam Paiva, Batista e Dal Bosco (2024), um dos principais entraves para a concretização dessa transição reside na identificação de áreas que atendam rigorosamente às exigências das legislações ambientais pertinentes à instalação desse tipo de empreendimento.

Nesse contexto, as geotecnologias emergem como ferramentas eficazes para a superação dessa problemática, possibilitando a análise integrada de múltiplos critérios biofísicos, socioeconômicos e legais (Morales et al., 2020), configurando-se como um valioso instrumento de apoio à tomada de decisão espacialmente referenciada, a exemplo dos estudos conduzidos por Frasson et al. (2001), Santos e Girardi (2007), Nascimento (2012), Acioly (2016), Lopes e Silva (2022) e Azevedo, Silva e Silva (2024).

Destarte, para otimizar a identificação de áreas potenciais, a literatura científica preconiza a integração das geotecnologias com a Análise Multicritério de Apoio à Decisão (AMCD). Em particular, o método do Processo Analítico Hierárquico (AHP), conforme postulado por Marques (2002), oferece uma estrutura robusta para a tomada de decisões complexas, fundamentada em processos quali-quantitativos que incorporam diferentes perspectivas e prioridades. Um dos pilares metodológicos do AHP consiste na decomposição de um problema complexo em uma estrutura hierárquica de problemas mais elementares.

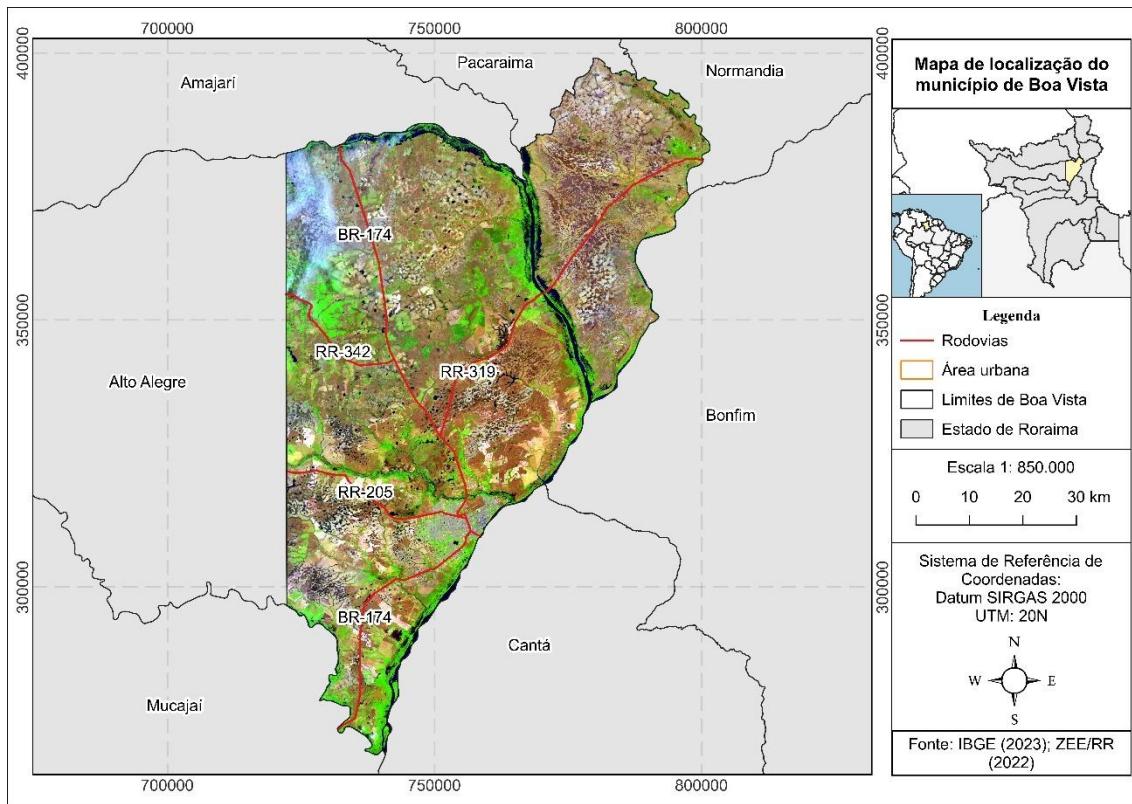
Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo geral selecionar áreas consideradas viáveis para a implantação de um aterro sanitário no município de Boa Vista, Roraima, com o intuito de mitigar os potenciais impactos socioambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos. Para tanto, a investigação se valerá dos recursos avançados oferecidos pelas geotecnologias para a análise espacial multicriterial.

MATERIAS E METÓDOS

CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Boa Vista, capital do Estado de Roraima, tem população estimada em 413.486 habitantes (IBGE, 2024), e está localizado na porção centro-norte do estado, seus limites se coincidem com os municípios de Pacaraima, Normandia, Bonfim, Cantá, Mucajaí, Alto Alegre e Amajarí, conforme figura 1:

Figura 1 – Localização do município de Boa Vista



Fonte: Autores (2025)

BASE CARTOGRÁFICA E AQUISIÇÃO DOS DADOS

Para realização deste estudo foram adquiridos uma série de dados cartográficos, para construção de um banco de dados digital georreferenciado, conforme Quadro 1. Os dados foram reorganizados e processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), mais especificamente o QGIS, na versão LTR 3.34.6.

Quadro 1 – Produtos cartográficos

Dados	Aplicação	Escala de aquisição	Fonte
Base cartográfica	Limites territoriais do município	1/250.000	IBGE (2021)
Drenagem fluvial	Aptidão pelo critério distância dos recursos hídricos	1/250.000	ZEE/RR (2022)
Sistema viário	Aptidão pelo critério distância do sistema viário	1/250.000	ZEE/RR (2022)
Mancha urbana	Área de restrição da mancha urbana	1/250.000	IBGE (2019)
Áreas institucionais	Área de restrição	1/250.000	ZEE/RR (2022)
Aeroportos	Área de restrição aeroportuária	Sem escala definida	ANAC (2019).
Modelo Digital de Elevação	Aptidão pelo critério declividade	30 m	USGS (2022)
Solos de Roraima	Aptidão dos solos	1/250.000	ZEE/RR (2022)
Imagen de satélite	Classes de cobertura da terra	30 m	USGS (2022)

Fonte: Elaborado por Thiago Martins Silva (2025)

DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE APTIDÃO E RESTRIÇÃO

A legislação brasileira estabelece um conjunto de recomendações, normas e critérios mandatórios para a condução de estudos de locação e construção de aterros sanitários. Entre as normativas de maior relevância, destaca-se a NBR 13.896/1997 que, embora com mais de duas décadas de vigência, apresenta em seu escopo um detalhado conjunto de recomendações e define critérios restritivos e de aptidão concernentes a fatores ambientais e sociais. Dessa forma, fundamentados na legislação vigente e no referencial teórico pertinente, foram definidos os critérios orientadores para a presente investigação, a saber: distância de recursos hídricos, de eixos rodoviários, de núcleos populacionais e aeródromos, presença de terras indígenas e áreas de uso institucional, e o grau de declividade da superfície terrestre (Quadro 2).

Quadro 2 – Critérios de restrição e aptidão

Critério	Tipo	Classificação	Descrição	Fonte	
Distância dos recursos hídricos	Ambiental	Aptidão	Distância mínima de 200 m	NBR 13.896/1997	
Distância das vias	Critérios operacionais		Distância mínima de 100 metros e máxima de 2500 metros		
Declividade			Declividade superior a 1% e inferior a 30%		
Distância de núcleos populacionais	Uso e ocupação do solo		Distância mínima de 2000 metros e máxima de 8000 metros		
Distância de aeródromos			Raio de 20000 km		
Terras indígenas e áreas institucionais			Impeditiva a construção		
Solos			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.		
Cobertura da terra	Aptidão		Preferência por áreas degradadas	Nascimento (2012)	

Fonte: Elaborado por Thiago Martins Silva (2025)

Após a definição dos critérios fez-se necessário adoção de notas com base na restrição ou na aptidão dele, os métodos para definição das notas de cada critério tiveram como

referência, leis, normas, artigos científicos, dissertações e teses na mesma temática do estudo em discussão. Em relação àqueles que se enquadram como critérios restritivos, foram adotadas as seguintes notas: (0 – inapto ou 1 – apto). Por outro lado, aqueles em que a aptidão deve ser levada em consideração, adotou-se a escala de 0 a 1, em que zero corresponde a péssima/inapta e 1 (um) corresponde a ótima/apta, conforme Quadro 3:

Quadro 3 – Escala de notas

Critérios	Notas						Fonte
	Péssima/ Inapta	Ruim	Mod. Ruim	Mod. boa	Boa	Ótima/Apt a	
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	
Distância dos recursos hídricos	≤ 200 m	-	> 200 m ≤ 400 m	> 400 m ≤ 800 m	≥ 800 m ≥ 1200 m	> 1200 m	NBR 13.896/1997
Distância das estradas	< 100 m	> 2.500 m	-	> 1.000 m ≤ 2.500 m	-	≥ 100 m ≤ 1.000 m	Perroni (2021); Felicori <i>et al.</i> (2016); Nascimento (2012)
Distância dos núcleos populacionais	≤ 500 m	> 8.000 m	-	> 500 m <2.000 m	-	≥ 2.000 m ≤ 8. 000 m	Felicori <i>et al.</i> (2016)
Distância dos aeródromos	≤ 20.000 km	-	-	-	-	> 20.000 km	Conama nº 04/1995 (Brasil, 1995)
Declividade	> 30%		> 25% ≤ 30%	> 15% ≤ 25%	> 5% ≤ 15%	≥ 1% ≤ 5%	NBR 13.896/1997
Solos	Neossolo Litólico	Plitossolo Háplico		Planossolo Háplico	Argissolo Amarelo Vertissolo hidromórfico Gleissolo Háplico	Latossolo Amarelo Latossolo Vermelho Latossolo Vermelho-Amarelo	Goez (2015); Nascimento (2012)
Cobertura da terra	Urbano Corpos d'água Floresta			Savanas	Agricultura	Pastagem	Nascimento (2012)

Fonte: Adaptado de Perroni (2021). Elaborado por Thiago Martins Silva (2023)

Além disso, atribuiu-se pesos aos critérios, fazendo uso da análise de multicritério. Dessa forma, foram ponderados os seguintes critérios: afastamento dos recursos hídricos, declividade, distância dos núcleos urbanos e das estradas. As notas e a importância de cada

critério foram atribuídas levando em consideração a literatura e os trabalhos acadêmicos com proposta semelhantes a este (Quadro 4). Em ordem de importância os critérios ambientais se sobressaíram sobre os logísticos, conforme os trabalhos de Cardoso et al. (2022), Neves (2022), Silva (2022), Torres (2020) e Dutra (2019).

Quadro 4 – Pesos dos critérios

Critérios	Pesos
Distância dos recursos hídricos	30%
Distância das estradas pavimentadas	20%
Distância dos núcleos urbanos	20%
Declividade do terreno	25%
Solos	25%
Cobertura da terra	25%

Fonte: Elaborado por Thiago Martins Silva (2023)

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na etapa inicial do processamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), definiu-se o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) do projeto como SIRGAS 2000 UTM Zona 20N, adequado à área de estudo. As camadas vetoriais foram submetidas a operações de recorte, delimitadas pela extensão municipal de Boa Vista, e subsequentemente reprojetadas para o SRC estabelecido. Em seguida, todas as camadas de feições vetoriais foram convertidas para o formato raster, resultando em arquivos binários singulares. Nestes arquivos, a representação digital adotou o valor unitário (1) para células correspondentes à presença de feições vetoriais e o valor nulo (0) para a ausência destas. Essa conversão para a estrutura rasterizada constituiu uma etapa metodológica fundamental, viabilizando a aplicação subsequente da Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) e a consequente classificação da área em distintos níveis de aptidão.

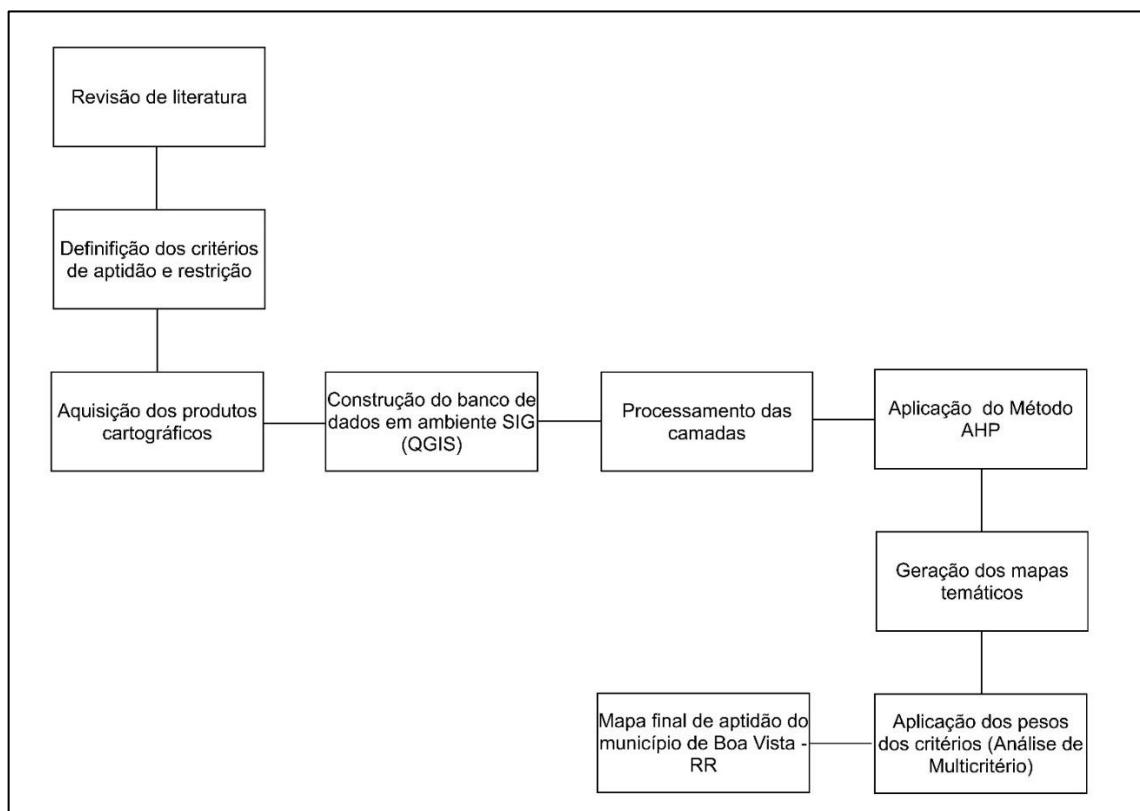
Posteriormente, empregou-se a funcionalidade r.reclass do SIG para realizar a reclassificação das camadas raster originais, gerando novas camadas de saída. Esse procedimento foi executado com base em um protocolo específico de atribuição de valores, concebido para a análise multicriterial. A escala de valores adotada variou de 0 a 10, onde o valor mínimo (0) representou a menor aptidão locacional e o valor máximo (10) indicou a maior aptidão. Finalmente, para a obtenção do mapa de aptidão final, utilizou-se a ferramenta "Calculadora Raster", na qual foram implementadas operações de multiplicação entre os pesos relativos de cada critério e as respectivas camadas raster reclassificadas. O fluxograma da Figura 2 demonstra de forma sintética este percurso metodológico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As áreas institucionais representam parcela significativa do território do município de Boa Vista, que devido às restrições legais foram áreas consideradas inaptas (Figura 3). Além disso, a existência de três terras indígenas (São Marcos, Serra da Moça e Truaru), bem como de Projetos de Assentamentos Rurais, impõe ainda mais restrições ao uso do solo. Esses territórios possuem um caráter legal e social que exige proteção especial, o que inviabiliza a instalação de empreendimentos potencialmente impactantes, como aterros sanitários.

Desse modo, essa configuração territorial evidencia que uma parte considerável do município está legalmente indisponível para a implantação do aterro, o que reduz significativamente as opções de áreas viáveis e reforça a necessidade de um planejamento rigoroso, respeitando os limites legais e os direitos das populações tradicionais.

Figura 2 – Percurso metodológico



Elaborado por Thiago Martins Silva (2025)

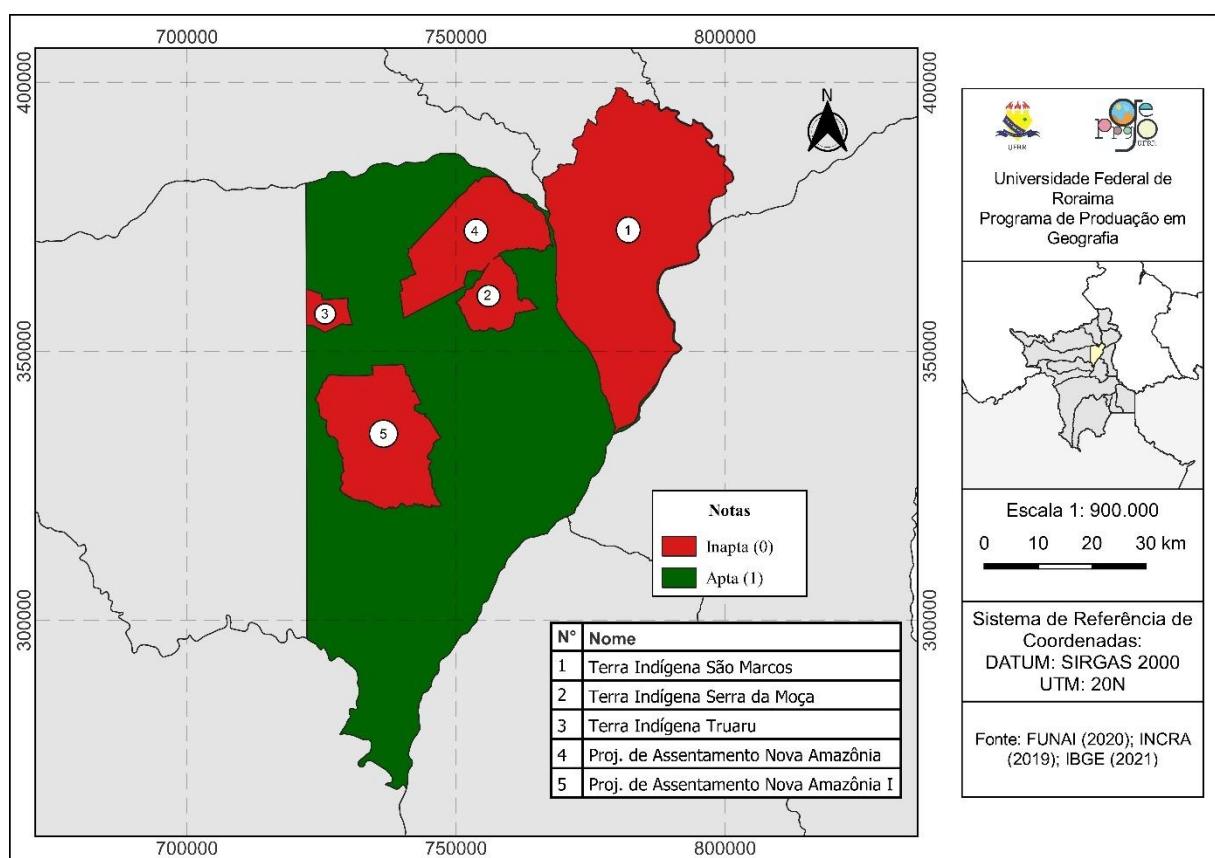
No que se refere ao critério distância dos corpos hídricos, a área em estudo apresenta 138.200 hectares de áreas restritivas, enquanto as aptas são cerca de 430.510 ha. As regiões norte e noroeste (N-NO) são as que apresentam menor potencial para construção do aterro

sanitário, por outro lado, as regiões sudeste e sul (SE-S) apresentam maior viabilidade, conforme Figura 4.

O critério de distanciamento dos corpos hídricos se mostra determinante na definição das zonas de aptidão e restringe significativamente parte do território municipal. Os dados demonstram a importância de associar a análise espacial a instrumentos legais e ambientais, garantindo que a instalação do aterro sanitário ocorra em áreas que ofereçam menor risco de contaminação e que estejam em conformidade com os princípios da sustentabilidade ambiental.

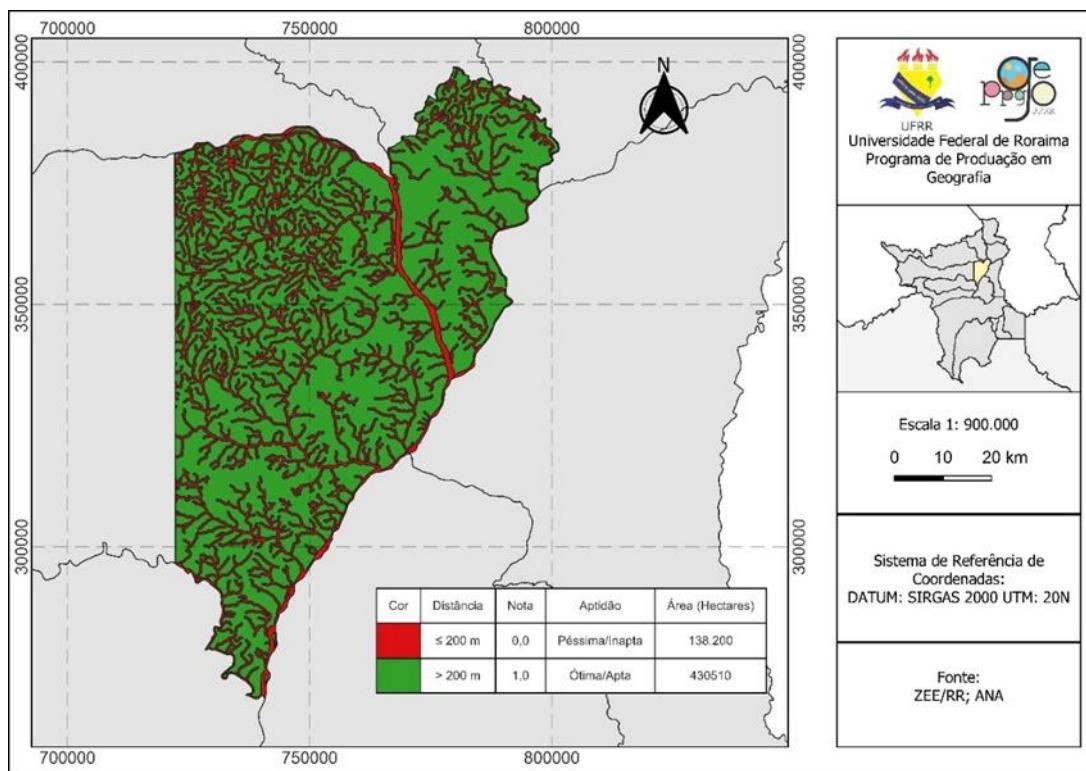
É importante ressaltar que, mesmo nas áreas consideradas aptas sob o critério hidrológico, é fundamental a adoção de tecnologias adequadas de impermeabilização do solo, monitoramento de lençóis freáticos e sistemas eficientes de captação e tratamento do chorume, para garantir a proteção contínua dos recursos hídricos subterrâneos.

Figura 3 - Terra Indígenas e Projetos de Assentamentos do município de Boa Vista



Elaborado por Thiago Martins Silva (2023)

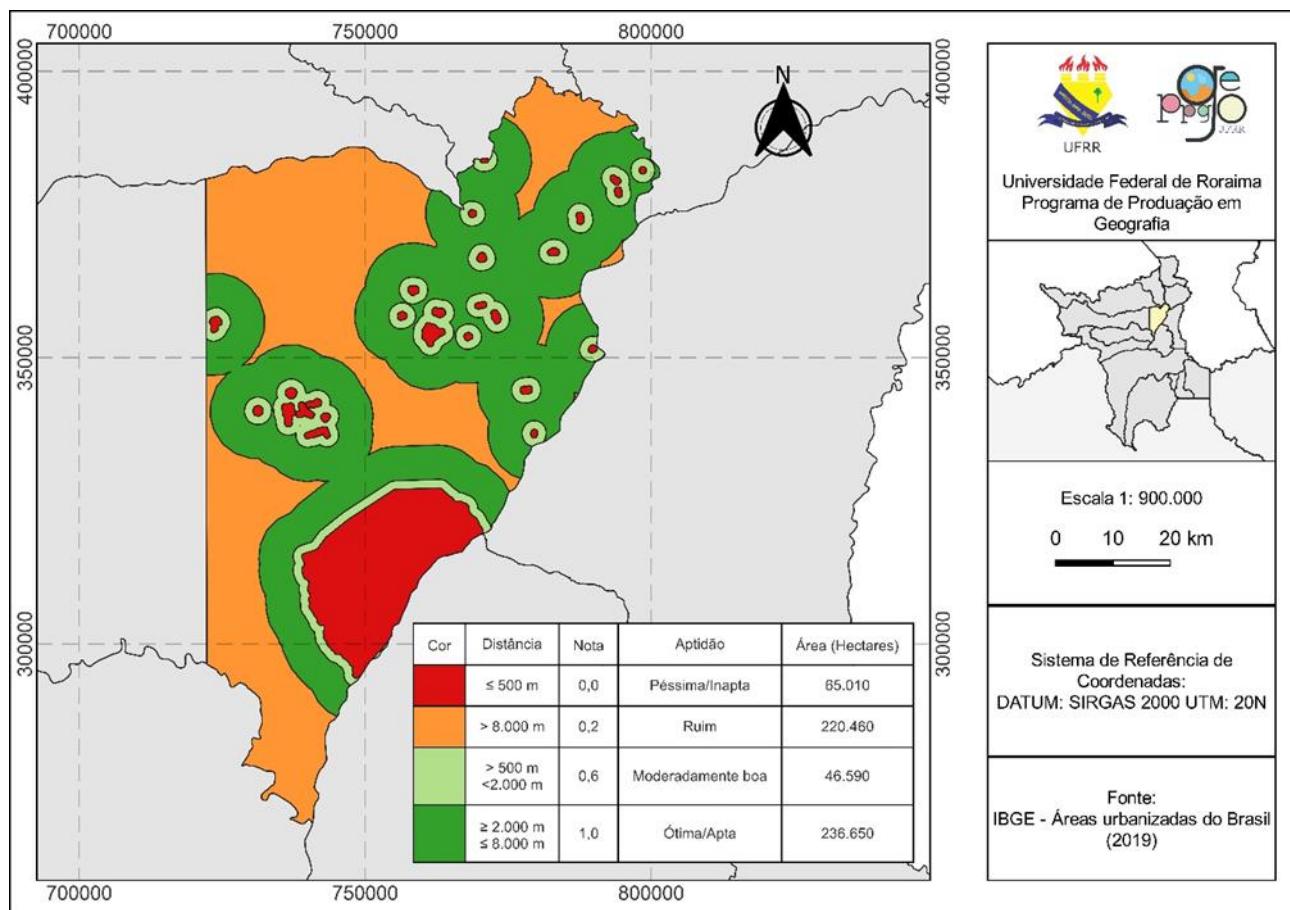
Figura 4 - Aptidão dos recursos hídricos



Elaborado por Thiago Martins Silva (2023)

Em relação à proximidade com os núcleos populacionais, verifica-se que as áreas consideradas inaptas — aquelas situadas a 500 metros ou menos — correspondem a um total de 65.010 hectares, representando aproximadamente 11% da área analisada. Por outro lado, as áreas situadas entre 500 e 8.000 metros dos centros geradores, que somam aproximadamente 283.240 hectares, foram classificadas como mais adequadas para a implantação do empreendimento (Figura 5). Essa faixa de distanciamento é considerada ideal, pois equilibra dois fatores fundamentais: a necessidade de manter uma distância segura dos centros urbanos e a importância de reduzir os custos logísticos associados ao transporte de resíduos.

A localização estratégica desses espaços próximos às áreas urbanas, porém fora da zona de risco direto, representa uma oportunidade favorável para o município. Esse cenário indica que há uma disponibilidade significativa de áreas com potencial para instalação de aterros sanitários, desde que sejam observadas as normativas técnicas vigentes, como as estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 404/2008 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que impõem critérios rigorosos de distanciamento e proteção das comunidades.

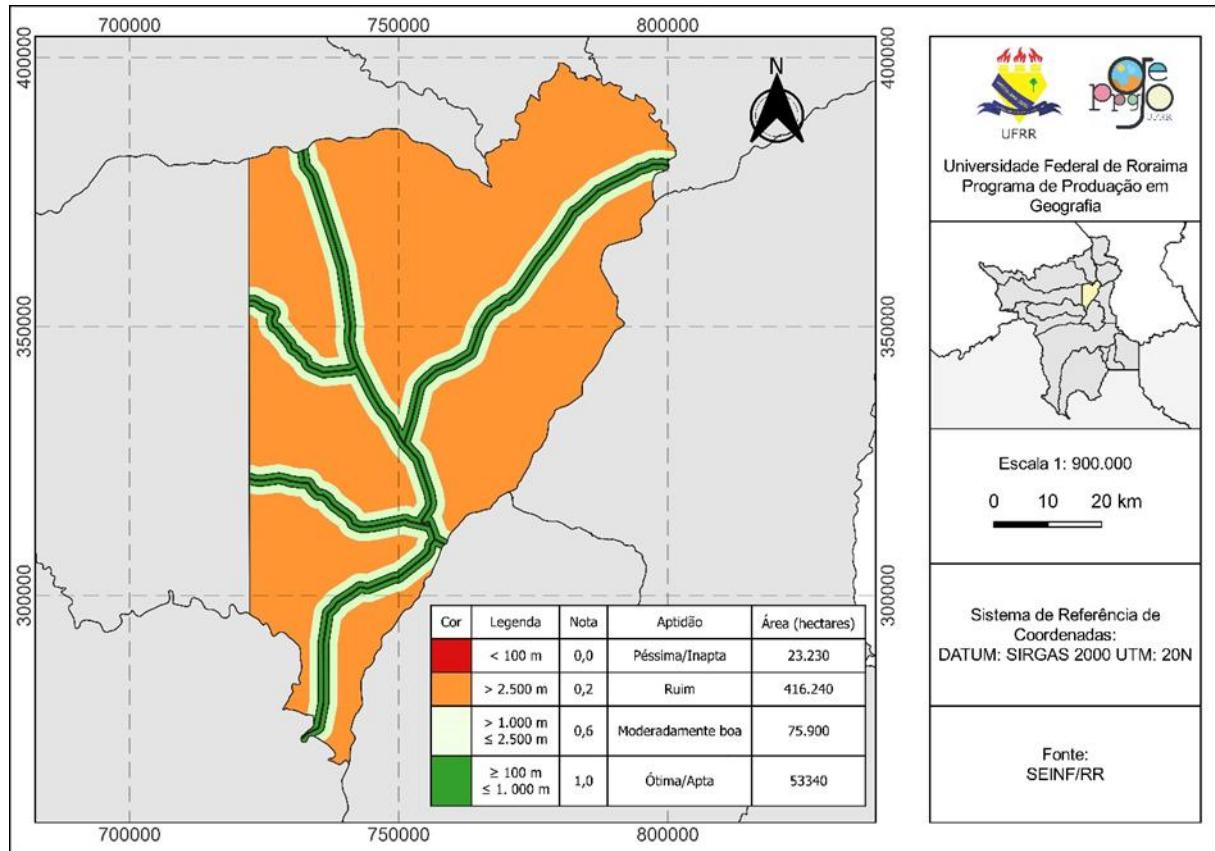
Figura 5 - Mapa de aptidão do critério distância dos núcleos populacionais

Elaborado por Thiago Martins Silva (2023)

O acesso ao aterro sanitário deve ser garantido por estradas em boas condições de trafegabilidade, a fim de minimizar os custos com a manutenção dos veículos responsáveis pelo transporte dos resíduos sólidos. Além disso, é fundamental considerar a distância entre o empreendimento e as principais vias de acesso, uma vez que a proximidade excessiva de rodovias pode comprometer o tráfego, especialmente pela possível dispersão de resíduos leves nas imediações.

Assim sendo, de acordo com a metodologia adotada, cerca de 53.340 ha foram considerados ótimos/aptos para receber o aterro, ao mesmo tempo, outros 75.900 ha se caracterizaram como moderadamente bons, no total elas somam 129.240 ha de espaços potenciais, tendo em vista a distância máxima surgerida. No entanto, observa-se que as áreas classificadas como inaptas ou ruins superam esse valor, representando mais de 77% da área total analisada — o que evidencia que a maior parte do território avaliado tem restrição no que se refere ao tema (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de aptidão de distância das vias de acesso



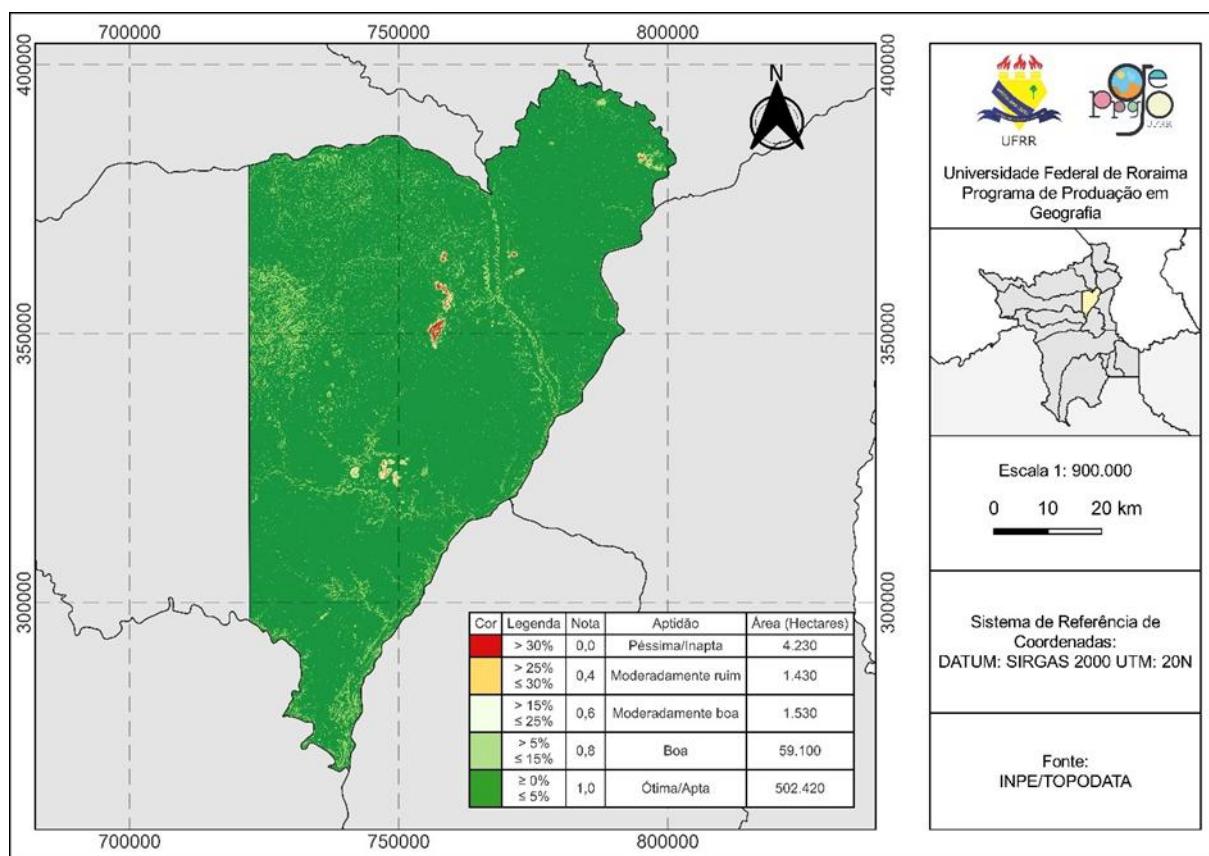
Elaborado por Thiago Martins Silva (2023)

Em relação ao critério de declividade, os resultados demonstram que esse fator não se configura como uma restrição significativa para a instalação de aterros sanitários no município de Boa Vista. A análise morfométrica do terreno revela que a maior parte do território apresenta baixos índices de declividade, reflexo direto da predominância de superfícies aplainadas que caracterizam a geomorfologia local, uma vez que a geomorfologia do município é caracterizada por um mosaico de aplainamento em quase todo território, salvo por alguns testemunhos geográficos, como a Serra da Moça, Nova Olinda e Lua. As áreas inaptas ou moderadamente ruins representam apenas 1%, enquanto as ótimas/aptas são correspondem mais de 500.000 ha, cerca de 88%, conforme Figura 7.

Assim sendo, a análise da declividade reforça o potencial do município de Boa Vista para a instalação de um aterro sanitário, ao indicar que o relevo, salvo exceções pontuais, não constitui um fator limitante. Esse cenário contribui para ampliar o número de áreas tecnicamente viáveis e deve ser considerado de forma integrada com os demais critérios,

compondo uma análise espacial abrangente e fundamentada.

Figura 7 - Mapa de declividade do município de Boa Vista



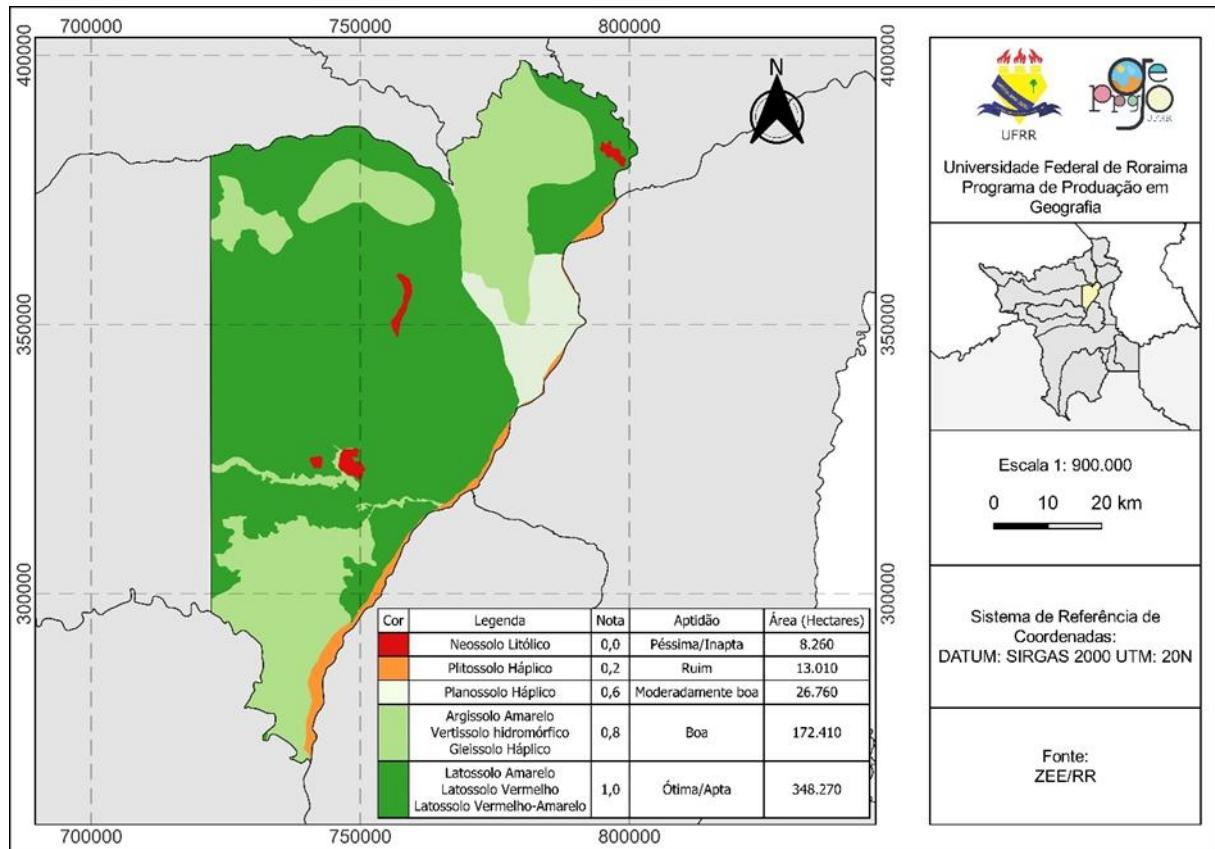
Elaborado por Thiago Martins Silva (2023)

A viabilidade e a aptidão dos solos são fatores determinantes para a implantação e funcionamento adequado de aterros sanitários. Isso se deve ao fato de que a decomposição dos resíduos sólidos gera o chorume, um líquido altamente poluente que pode infiltrar-se no solo e contaminar os lençóis freáticos. Por esse motivo, tanto a literatura especializada quanto as normas técnicas recomendam que os aterros sejam instalados preferencialmente em solos de baixa permeabilidade, os quais atuam como uma barreira natural, ajudando a filtrar o lixiviado e atenuar seu potencial contaminante.

Nesse contexto, o município de Boa Vista apresenta cerca de 8.260 hectares classificados como inaptos, com solos inadequados para a construção de um aterro sanitário. Adicionalmente, 13.010 hectares foram avaliados como de baixa aptidão e 26.760 hectares como moderadamente adequados. Em contrapartida, os solos considerados aptos — classificados como bons e ótimos — totalizam aproximadamente 520.680 hectares, representando áreas com alto potencial para a instalação do empreendimento (Figura 8).

Quando distribuídos em porcentagem, observa-se que mais de 90% das áreas do município de Boa Vista são boas ou ótima/aptas, quando levado em consideração o critério aptidão, apenas 4% das áreas não apresentam a viabilidade para implantação do empreendimento.

Figura 8 - Mapa do critério aptidão dos solos



Elaborado por Thiago Martins Silva (2023)

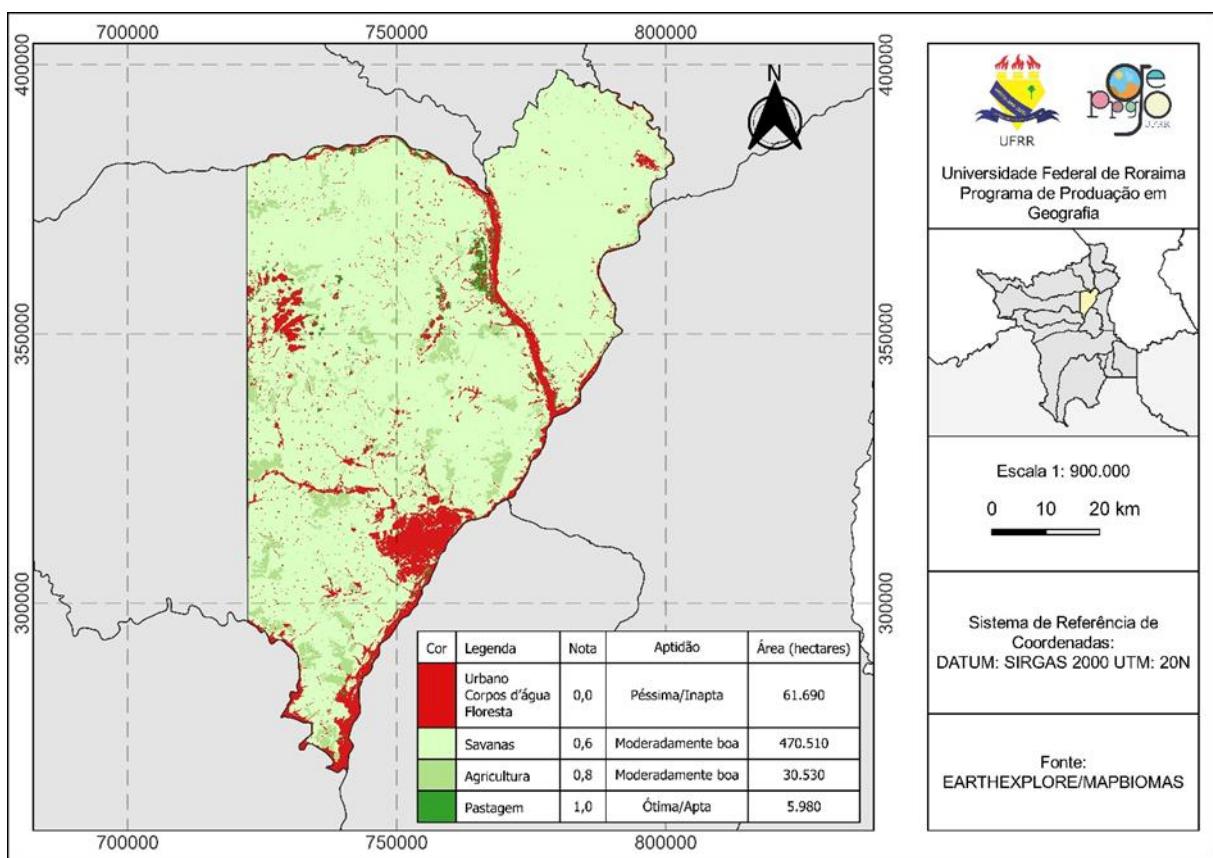
Durante a elaboração do mapa de cobertura da terra do município de Boa Vista, foram identificadas as seguintes classes de uso e ocupação: áreas urbanas, corpos d'água, florestas, savanas, agricultura e pastagens (Figura 9). As áreas urbanas, que totalizam aproximadamente 11.930 hectares, foram consideradas inaptas para a instalação de aterros sanitários, recebendo nota zero devido às restrições impostas pela ocupação humana. Da mesma forma, os corpos d'água, que ocupam cerca de 15.860 hectares, também foram classificados como áreas inaptas, uma vez que representam zonas de proteção ambiental e risco de contaminação.

As savanas, por sua vez, correspondem a cerca de 470.510 hectares e constituem a principal cobertura vegetal do município. Foram avaliadas como moderadamente adequadas para a instalação do empreendimento, recebendo nota 0,6. Em contraste, as áreas de floresta,

que abrangem aproximadamente 39.900 hectares, foram classificadas como inaptas devido à sua proximidade com recursos hídricos sensíveis e à necessidade de preservação ambiental.

Nos últimos anos, o avanço do setor agropecuário, especialmente impulsionado pela expansão da cultura da soja, resultou em um aumento significativo das áreas agrícolas, que atualmente somam cerca de 30.530 hectares. Essas áreas foram consideradas boas para a instalação do aterro (nota 0,8), com base nos critérios definidos na metodologia. Já as áreas de pastagem, totalizando 5.980 hectares, foram avaliadas como altamente aptas para a locação do empreendimento, recebendo a nota máxima.

Figura 9 – Aptidão das classes de cobertura da terra



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

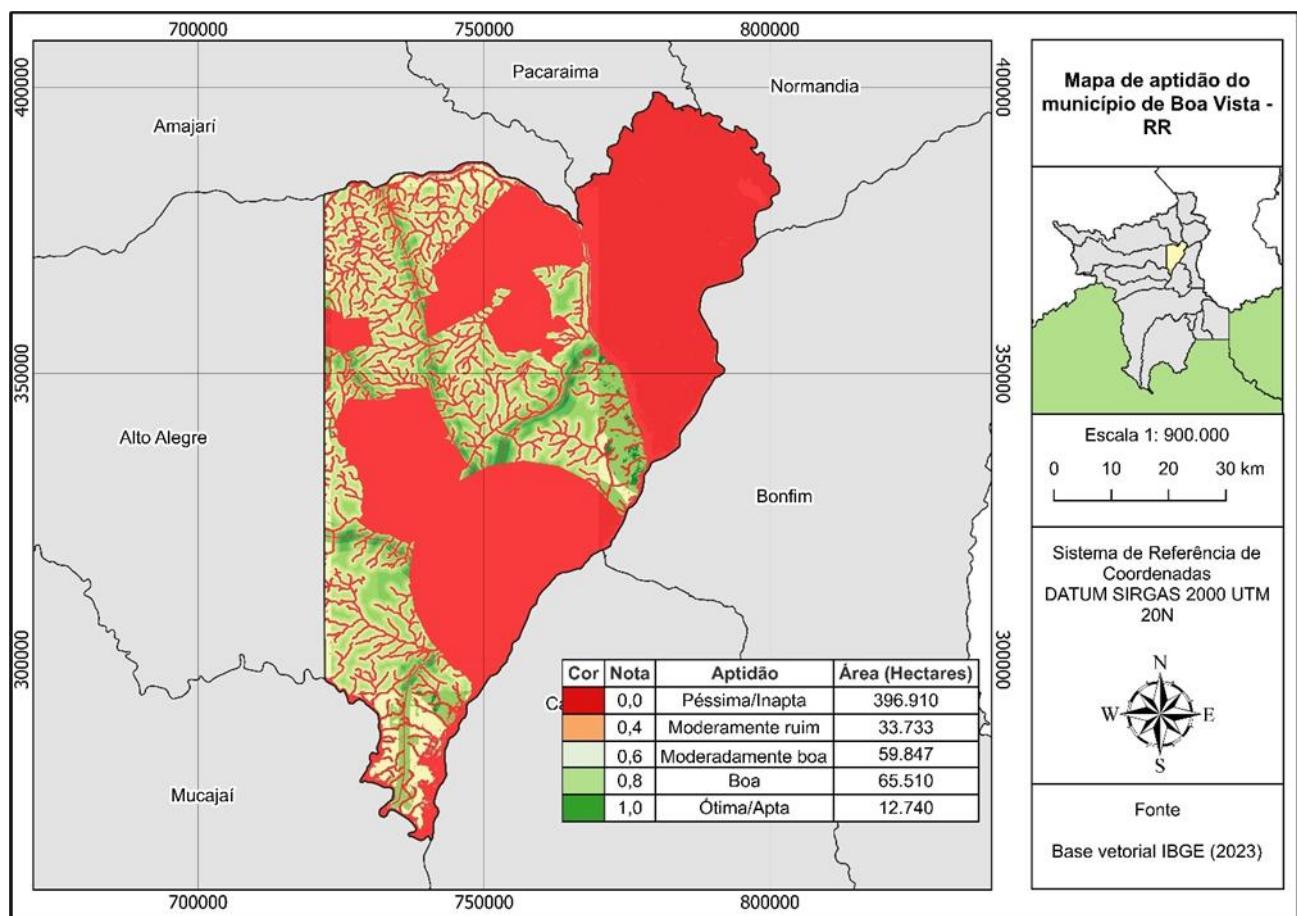
O município de Boa Vista apresenta uma expressiva limitação territorial para a implantação de um aterro sanitário, com cerca de 70% de sua área classificada como inapta, o que corresponde a aproximadamente 396.910 hectares. Esse elevado índice de inaptidão está diretamente relacionado a fatores legais, ambientais e operacionais, como a presença de terras indígenas, áreas institucionais, zonas urbanas consolidadas, zonas de segurança aeroportuária e uma extensa rede hidrográfica, que impõe restrições significativas ao uso do solo para esse tipo

de empreendimento.

Adicionalmente, as áreas classificadas como moderadamente ruins somam 33.733 ha, representando cerca de 6% da área total analisada (Figura 10). Esses espaços, embora não totalmente inviáveis, requerem intervenções mais robustas e maior cautela quanto aos impactos ambientais e à viabilidade técnica, o que pode elevar significativamente os custos de implantação e operação.

Por outro lado, as regiões identificadas como mais aptas para a instalação do aterro encontram-se majoritariamente nas proximidades das áreas urbanas e ao longo das principais rodovias, o que é favorável sob a perspectiva logística e operacional. No entanto, essas áreas somam apenas 14% do território municipal, refletindo uma disponibilidade bastante limitada de espaços com características técnicas ideais. Dentre elas, apenas 2% da área total do município, cerca de 12.740 ha, foram classificado como de alta aptidão (ótima).

Figura 10 – Aptidão do município de Boa Vista – RR



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta investigação revelam uma expressiva restrição territorial para a implantação de um aterro sanitário no município de Boa Vista, Roraima. A análise espacial demonstrou que apenas uma fração limitada, correspondente a 14% do território municipal, apresenta condições favoráveis, com meros 2% classificados como áreas ótimas ou aptas, totalizando aproximadamente 12.740 hectares.

Essa constatação sublinha a significativa escassez de áreas com baixa restrição legal, ambiental ou técnica no município. Diante desse cenário, torna-se imperativo que qualquer processo decisório concernente à instalação de um aterro sanitário seja pautado por critérios rigorosos de viabilidade, priorizando aquelas áreas que minimizem os impactos socioambientais, ofereçam maior segurança jurídica e apresentem as melhores condições técnicas para a operação.

A metodologia empregada, baseada na integração de geotecnologias e do método Processo Analítico Hierárquico (AHP), demonstrou-se eficaz na combinação de fatores ambientais, sociais e econômicos, convertidos em critérios de aptidão e restrição. Essa abordagem possibilitou a geração de um mapa de áreas potenciais, um produto de significativa relevância para o planejamento territorial municipal. A identificação precisa dessas áreas, embora restritas, oferece um subsídio técnico crucial para orientar futuras decisões, mitigando riscos socioambientais e contribuindo para uma gestão de resíduos sólidos mais sustentável e eficiente em Boa Vista. A continuidade de estudos complementares, como a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e a incorporação de processos participativos, é fundamental para assegurar a legitimidade e a sustentabilidade de qualquer empreendimento nessa natureza.

REFERÊNCIAS

ACIOLY, A. V. Sig aplicado à escolha de áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário no município de Breves (PA). 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará – UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, PA, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896**. Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

AZEVEDO, H. S; SILVA, T. F; SILVA, K. a; Análise da aptidão de áreas para implementação de aterro sanitário no município de Tauá (CE) com uso de sig. 14f.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) -Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Crateús, 2024. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/78575>. Acesso em: 18 mar. 2025.

BRASIL. ANAC. **Aeródromos – Cadastro de aeródromos privados – Formato CSV.** Org. Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC (Ministério da Infraestrutura). Brasília, DF. Formato Csv. 2019a. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/aerodromos/lista-de-aerodromos-publicos-v2>. Acesso em: 24 mar. 2023.

_____. IBGE. **Áreas Urbanizadas.** 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html>. Acesso em: 14 mar. 2023.

_____. IBGE. **Bases cartográficas contínuas - Brasil.** 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloadsgeociencias.html?caminho=cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2021/. Acesso em: 14 mar. 2022.

_____. IBGE. **Cidades e Estados.** Boa Vista – RR 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rr/boa-vista.html>. Acesso em: 19 mar. 2025.

_____. CONAMA. **Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008.** Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 12 nov. 2008. Edição n. 220, seção 1, p. 93. ISSN 1677-7042.

_____. CONAMA. **Resolução nº 4, de 9 de outubro de 1995.** Estabelece as Áreas de Segurança Portuária – ASAs. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 11 dez. 1995. Seção 1, página 20388.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02, ago. 2010.

FELICORI, T. C. et al. Identificação de áreas adequadas para construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. Autores Felicori, T. C.; Marques, E. A. G.; Silva, T. Q.; Porto, B. B.; Bravin, T. C.; Santos, K. M. C. **Revista Sanitária e Ambiental** (versão digital). Rio de Janeiro, RJ, v. 21, n. 3, p. 547-560, jul.-set. 2016.

FRASSON, A. R.; WATZLAWICK, L. F.; MADRUGA, P. R. de A.; SCHOENINGER, E. R. Avaliação de áreas propícias à instalação de aterros sanitários utilizando técnicas de geoprocessamento em sistemas eletroquímicos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. v. 3, n. 1, 88 p., 2001.

GOEZ, Lailde Linhares. **AVALIAÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERRAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SENADOR CANEDO EM GOIÁS.** 2015. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, GOIÂNIA, 2015.

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. **EcoGestão Brasil**, v. 7, n. 16, p. 1-xx, 2023.

MARQUES, G. N. **Seleção de áreas para aterros sanitários baseada em mapeamento geotécnico e Analytic Hierarchy Process – AHP.** 2002. 217f. Dissertação (Mestrado em Geotecnologia), Universidade de São Paulo, 2002.

MORALES BF, COSTA AL, NOGUEIRA RB, ARRAES CL 2020. Definição de alternativa locacional para implantação de aterro em Itacoatiara–AM pela integração de critérios restritivos e técnicas de geoprocessamento. **Brazilian Journal of Development** 6(12):99709-99729.

MELO, D. A. **Aterros de resíduos:** o uso de ferramentas de avaliação com apoio decisório para a reabilitação ambiental; teoria e prática. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020. 329p.

NASCIMENTO, V. F. Proposta para Indicação de Áreas para a Implantação de Aterro Sanitário no Município de Bauru-SP, Utilizando Análise Multi-Critério de Decisão e Técnicas de Geoprocessamento. 2012. 228 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2012.

PAIVA, G. V; BATISTA, L. F. A; DAL BOSCO, T. C. Identificação de áreas com potencial para implantação de aterro sanitário consorciado nos municípios de Centenário do Sul, Florestópolis e Porecatu. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 119-139, jan./jun. 2024

PERRONI, H. P. **Contribuição metodológica para análise preliminar de potenciais áreas para aterro sanitário com auxílio do software QGIS:** estudo de caso: município de Vargem Grande do Sul – SP. 2021. 185 f. Especialização (Especialização em Conformidade Ambiental) – Pós-Graduação Lato Sensu Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais, Escola Superior da CETESB, São Paulo, 2021.

RORAIMA. **Plataforma Interativa de Mapas do Zoneamento Ecológico-Econômico.** 2022. Disponível em: <https://seadi.rr.gov.br/zee-dados-geoespaciais/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

SANTOS, J. S; GIRARDI, A. G. Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5491-5498.

USGS. **EarthExplorer.** 2022. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 14 jun. 2022.