



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

MARCELO FERREIRA DE FREITAS

ATERROS SANITÁRIOS NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ACRE:
UMA ANÁLISE DA ESTIMATIVA DE RESÍDUOS COLETADOS
E DE ÁREAS POTENCIAIS À SUA INSTALAÇÃO

CRUZEIRO DO SUL
2024

MARCELO FERREIRA DE FREITAS

ATERROS SANITÁRIOS NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ACRE:
UMA ANÁLISE DA ESTIMATIVA DE RESÍDUOS COLETADOS E DE ÁREAS
POTENCIAIS À SUA INSTALAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sonaira Souza da Silva.

CRUZEIRO DO SUL
2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

- F866a Freitas, Marcelo Ferreira de, 1986 -
Aterros sanitários nos municípios do Estado do Acre: uma análise da estimativa de resíduos coletados e de áreas potenciais à sua instalação / Marcelo Ferreira de Freitas; orientadora: Profa. Dra. Sonaira Souza da Silva. – 2024.
122 f. : il.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Cruzeiro do Sul, 2024.
Inclui referências bibliográficas, apêndice e anexos.
1. Aterro sanitário - Acre. 2. Resíduo sólido. 3. Geoprocessamento. I. Silva, Sonaira Souza da (orientadora). II. Título.

CDD: 363.7



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO INTITULADA "ATERROS SANITÁRIOS NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ACRE: UMA ANÁLISE DA ESTIMATIVA DE RESÍDUOS COLETADOS E DE ÁREAS POTENCIAIS À SUA INSTALAÇÃO" DE **MARCELO FERREIRA DE FREITAS**, DISCENTE DO CURSO DE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS (ppgca), REALIZADA NO DIA 07 DE MARÇO DE 2024, ÀS 14:07H, NO FORMATO REMOTO PELO GOOGLE MEET (meet.google.com/tjw-ozmn-prk). A BANCA EXAMINADORA FOI PRESIDIDA PELA ORIENTADORA DRA SONAIRA SOUZA DA SILVA E CONSTITUÍDA PELOS PROFESSORES DOUTOR EDSON ALVES DE ARAUJO, DOUTOR ANTONIO WILLIAN FLORES DE MELO E DOUTOR JULIO CÉSAR PINHO MATTOS. CONCLUÍDOS OS TRABALHOS DE APRESENTAÇÃO E ARGUIÇÃO, OS MEMBROS DA BANCA CONSIDERARAM A DISSERTAÇÃO: **APROVADA** (OS COMENTÁRIOS E INDICAÇÕES DA BANCA PARA MELHORIA DO DOCUMENTO DEVE SER CUMPRIDO NO PRAZO DE 30 DIAS). A SESSÃO FOI ENCERRADA ÀS 16:30H, E PARA CONSTAR EU, SONAIRA SOUZA DA SILVA, ORIENTADORA, LAVREI A PRESENTE ATA, QUE DEPOIS DE LIDA E APROVADA FOI ASSINADA POR MIM E PELOS DEMAIS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA.

DRA SONAIRA SOUZA DA SILVA, ORIENTADORA E PRESIDENTE DA BANCA EXAMINADORA
DR EDSON ALVES DE ARAUJO, MEMBRO DA BANCA
DR ANTONIO WILLIAN FLORES DE MELO, MEMBRO DA BANCA
DR JÚLIO CÉSAR PINHO MATTOS, MEMBRO DA BANCA

Cruzeiro do Sul, 18 de março de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Sonaira Souza da Silva, Professora do Magisterio Superior**, em 19/03/2024, às 08:25, conforme horário de Rio Branco - AC, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edson Alves de Araujo, Professor do Magisterio Superior**, em 19/03/2024, às 08:30, conforme horário de Rio Branco - AC, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Willian Flores de Melo, Professor do Magisterio Superior**, em 19/03/2024, às 09:22, conforme horário de Rio Branco - AC, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ufac.br/sei/valida_documento ou click no link [Verificar Autenticidade](#) informando o código verificador **1219220** e o código CRC **81F78283**.

Rod. BR-364 Km-04 - Bairro Distrito Industrial
CEP 69920-900 - Rio Branco-AC
- <http://www.ufac.br>

Referência: Processo nº 23107.022893/2022-75

SEI nº 1219220



Documento assinado digitalmente
JULIO CESAR PINHO MATTOS
Data: 26/03/2024 21:07:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DEDICATÓRIA

A Deus que me tirou da zona de conforto e despertou em mim o desejo pelo mestrado e à minha família, meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me fazer querer cursar Ciências Ambientais, por me permitir ser aprovado no processo seletivo, nas disciplinas, avaliações e na realização das atividades complementares. Pelo cuidado, provisão, força, direção e perseverança, sem o qual não poderia ter nem iniciado esse trabalho, a Ele a Glória. Foram alguns anos, aguardando o melhor momento e um programa de pós graduação que eu tivesse afinidade e então, não por coincidência ou ocasião do destino, mas pela vontade de Deus pude participar do PPGCA/Campus Floresta: é Deus quem efetua em nós, tanto o querer, quanto o efetuar segundo a sua boa vontade (*Filipenses 2:13*).

À minha esposa Ívina Zuleide Gonçalves de Sousa Freitas e aos meus filhos Maria Isabel de Sousa Freitas e João Gabriel de Sousa Freitas pelo apoio, incentivo, compreensão, pelas alegrias e pelos momentos difíceis e períodos em que suportaram minha ausência, os quais juntos são minha base, os quais amo muito, e sem os quais não teria finalizado o programa.

À minha mãe Zuleide Gomes Ferreira de Freitas, meu pai Marciano Rodrigues de Freitas, minha sogra Lenina Gonçalves de Araújo Sousa, meu sogro Iroélio Alves de Sousa, minha cunhada Ilnaiara, meu cunhado Herison e a bisá Madalena, que em certos momentos abdicaram um ao outro ou do seu tempo para estarem com minha esposa e filhos, para que eu pudesse concluir esse sonho.

À toda minha família por sempre acreditarem em mim e estarem a meu lado, nas pessoas dos meus irmãos Márcio, Márcia e Marcela; dos meus sobrinhos e sobrinhas Ana Luiza, Ester, Sara, Yasmin, Vinícius, Emanuel, Miguel e Heitor.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Sonaira Sousa da Silva, pela forte atuação em prol do meio ambiente. Pela paciência, apoio, socorro, pelos riquíssimos ensinamentos e percepções, pela excelente condução na realização desse trabalho e apoio em todas as etapas desse processo, a qual expresso minha gratidão.

À Universidade Federal do Acre por manter esse programa tão importante para a região e ao PPGCA incluindo a coordenação, os professores e toda equipe de trabalho por proporcionar essa experiência tão rica, na qual pude extrair muito conhecimento e aprendizado e do qual tenho orgulho de fazer parte (certamente recomendo!)

À Promotora Marcela Cristina Ozório, Coordenadora do Núcleo de Apoio Técnico e ao Chefe da Coordenação Técnico-Científica, Arthur César Pinheiro Leite. À Procuradora Rita de Cássia Nogueira Lima e à Vângela Maria Lima do Nascimento, Coordenadora e Chefe do Centro de Apoio Operacional de Defesa Meio Ambiente, Patrimônio Histórico e Cultural e

Habitação e Urbanismo e aos colegas de trabalho, com os quais pude trabalhar e aprofundar conhecimentos sobre a temática de Resíduos Sólidos.

Ao Promotor Luis Henrique Correa Rolim, coordenador de trabalho durante o período de realização da Pós-graduação, por compreender minhas ausências justificadas, entendendo a significância do trabalho, nas pessoas das quais agradeço também à minha instituição de trabalho, Ministério Público do Estado do Acre (MPAC), por me possibilitar maior interação com a temática e compreender a realidade do Estado e dos municípios quanto à gestão dos Resíduos Sólidos, despertando o desejo na realização desta pesquisa, direcionada por Deus.

Ao amigo Clatevir, egresso do Curso de Ciência Ambientais e doutorando em Produção Vegetal, que realizou importante trabalho na temática de resíduos sólidos, pelo apoio e orientação nas dúvidas, procedimentos e decisões acerca deste mestrado.

Aos colegas de curso, em especial aos da turma 2022, pelo companheirismo e união desde o início na realização das atividades e avaliações, pelas colocações e relatos de experiências em seus ambientes de trabalho, que foram importantes na construção do saber coletivo, aos quais tenho também gratidão de ter feito parte.

Aos professores Edson Alves de Araújo (UFAC/Campus Floresta), Antônio Willian Flores do Nascimento (UFAC/Campus Floresta) e Júlio Cesar Pinho Mattos (externo) que participaram nas avaliações do projeto, qualificação e defesa final da dissertação, por suas relevantes contribuições, que certamente aprimoraram esse trabalho.

“‘Poder tudo em Deus’ não reflete somente a força para vencermos, mas também para suportarmos as circunstâncias até que venha a vitória”.
(Pr. Luciano Subirá)

RESUMO

No Acre, quase a totalidade dos municípios dispõem de lixões ou aterros controlados e somente a capital Rio Branco possui unidade de tratamento adequada de resíduos sólidos. Esta pesquisa teve como objetivo favorecer a disposição adequada dos resíduos sólidos através do estudo da massa e do volume total de resíduos coletados no Estado e dos potenciais locais para implantação dos aterros sanitários nos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves. Para tal, a metodologia utilizada abordou as técnicas de geoprocessamento associadas ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) e ao método booleano, enfocando: (a) a identificação dos prováveis cenários de consórcio para a gestão compartilhada dos resíduos entre os entes municipais; (b) estimativa do volume de resíduos sólidos coletados e área necessária à construção dos aterros sanitários municipais, de forma isolada e consorciada, abrangendo todos os municípios do Estado; e (c) análise das áreas com aptidão à instalação dos aterros sanitários para os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves de forma isolada e consorciada. Os resultados gerados permitiram as seguintes conclusões: (a) O município com maior volume de resíduos coletados foi Rio Branco com 5.021.415 m³ e o menor Santa Rosa com 60.343 m³; (b) Quinze aterros foram enquadrados como pequeno porte, considerando o volume produzido. (c) O município de Mâncio Lima apresentou o maior índice de áreas muito favoráveis à instalação dos aterros (0,89%) que representam 504,37 ha e Rodrigues Alves o menor (62%), com percentual de áreas muito favoráveis de (0,01%), representando 4,92 ha; (d) Em Cruzeiro do Sul, o percentual de proibições foi superior a 90%, não apresentando áreas muito favoráveis. (e) Para a análise dos três municípios em conjunto a extensão das áreas muito favoráveis ao aterro foi na ordem de 717 ha. Conclui-se que as ferramentas utilizadas foram eficazes quando utilizadas na seleção prévia de áreas aptas à fase de estudos *in loco* e na tomada de decisão quanto à participação no consórcio.

Palavras-chave: aterro sanitário, resíduo sólido, consórcio, geoprocessamento, análise multicritério.

ABSTRACT

In Acre, almost all municipalities have controlled dumps or landfills and only the capital Rio Branco has an adequate solid waste treatment unit. This research aimed to promote the adequate disposal of solid waste through the study of the mass and total volume of waste collected in the State and potential locations for the implementation of sanitary landfills in the municipalities of Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima and Rodrigues Alves. To this end, the methodology used addressed geoprocessing techniques associated with the Geographic Information System (GIS) and the Boolean method, focusing on: (a) the identification of likely consortium scenarios for shared waste management between municipal entities; (b) estimate of the volume of solid waste collected and the area necessary for the construction of municipal landfills, in an isolated and consortium manner, covering all municipalities in the State; and (c) analysis of areas suitable for the installation of sanitary landfills for the municipalities of Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves in an isolated and consortium manner. The results generated allowed the following conclusions: (a) The municipality with the highest volume of waste collected was Rio Branco with 5,021,415 m³ and the smallest Santa Rosa with 60,343 m³; (b) Fifteen landfills were classified as small, considering the volume produced. (c) The municipality of Mâncio Lima had the highest rate of areas very favorable to the installation of landfills (0.89%), representing 504.37 ha and Rodrigues Alves the lowest (62%), with a percentage of very favorable areas of (0.01%), representing 4.92 ha; (d) In Cruzeiro do Sul, the percentage of prohibitions was greater than 90%, not presenting very favorable areas. (e) For the analysis of the three municipalities together, the extension of the areas very favorable to landfill was in the order of 717 ha. It is concluded that the tools used were effective when used in the prior selection of areas suitable for the on-site study phase and in making decisions regarding participation in the consortium.

Keywords: landfill, solid waste, consortium, geoprocessing, multi-criteria analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Estimativa da composição gravimétrica média dos Resíduos Sólidos Urbanos coletados no Brasil	34
FIGURA 2 – Panorama da região Norte em relação aos tipos de unidades de tratamento de resíduos.....	35
FIGURA 3 – Tipos de unidades de disposição dos resíduos dos municípios do Acre.	36
FIGURA 4 – Representação de dados vetoriais e matriciais.....	38
FIGURA 5 – Esquema demonstrando a sobreposição de camadas.....	39
FIGURA 6 – Municípios do Estado do Acre objeto do estudo.	43
FIGURA 7 – Esquema resumido das análises.....	51
FIGURA 8 – Comparativo dos cenários de estimativa de geração de resíduos em 2041.	55
FIGURA 9 – Comparativo das áreas totais demandadas para os aterros, para cada município, considerando a profundidade de 5m das valas.	58
FIGURA 10 – Comparativo das áreas totais demandadas para os aterros para cada município, considerando a profundidade de 1m das valas.	58
FIGURA 11 – Categorias de porte dos aterros sanitários em razão da quantidade de municípios enquadrados.	59
FIGURA 12 – Categorias de porte dos aterros sanitários em razão da massa de resíduos coletada.....	59
FIGURA 13 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 1 em razão da profundidade das valas (m).....	61
FIGURA 14 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 2, em razão da profundidade das valas (m).....	62
FIGURA 15 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 3 em razão da profundidade das valas (m).....	62
FIGURA 16 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 4 em razão da profundidade das valas (m).....	62

FIGURA 17 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 5 em razão da profundidade das valas (m).....	63
FIGURA 18 – Categorias de porte dos aterros sanitários em razão da massa de resíduos produzida.	63
FIGURA 19 – Resultado do processamento para um provável consórcio entre os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves.....	64
FIGURA 20 – Resultado do processamento na área de estudo do Município de Mâncio Lima.	66
FIGURA 21 – Resultado do processamento na área de estudo do município de Cruzeiro do Sul.	67
FIGURA 22 – Resultado do processamento na área de estudo do município de Rodrigues Alves.	68
FIGURA 23 – Relação entre a massa de resíduos diária coletada com as áreas favoráveis à instalação dos aterros.....	69
FIGURA 24 – Cursos e corpos d’água presentes na região.	69
FIGURA 25 – Áreas naturais protegidas.....	70
FIGURA 26 – Áreas de risco e áreas sujeitas às inundações.	70
FIGURA 27 – Áreas de segurança aeroportuária.....	71
FIGURA 28 – Área de restrição das rodovias.....	71
FIGURA 29 – Área de restrição em razão dos núcleos populacionais.	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Tipos de unidades de processamento de RSU em operação, em 2020.....	32
TABELA 2 – Disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil em 2022.....	33
TABELA 3 – Valores de massa de resíduos coletada e da taxa de cobertura, por faixa populacional.	34
TABELA 4 – Enquadramento final das áreas.	52
TABELA 5 – Estimativa da população total para em 2022 e 2041, por município.....	53
TABELA 6 – Estimativa da geração de resíduos dos municípios do Estado do Acre, por cenário.	54
TABELA 7 – Estimativas de massa de resíduos, do volume total acumulado e de área necessária à implantação dos aterros com base nos dados do PGIRS ACRE.....	55
TABELA 8 – Estimativa da massa de resíduos, volume acumulado e área necessária à implantação dos aterros sanitários nos municípios do Estado do Acre, com base no Cenário 2.	56
TABELA 9 – Projeção da área necessária à implantação dos aterros para atender aos consórcios.	60
TABELA 10 – Percentual de áreas para o consórcio entre Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves.	65
TABELA 11 – Perfil das áreas no município de Mâncio Lima.	66
TABELA 12 – Perfil das áreas no município de Cruzeiro do Sul.....	67
TABELA 13 – Perfil das áreas no município de Rodrigues Alves.	68

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Fonte dos dados.	47
QUADRO 2 – Critérios de restrição e classificação para a escolha do local.	48

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Estimativa da geração de resíduos sólidos no Estado do Acre até 2041 seguindo a projeção do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Acre – Cenário 1.	87
APÊNDICE B – Estimativa da geração de resíduos sólidos no Estado do Acre até 2041 seguindo a projeção do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Acre a partir de 2022.	88
APÊNDICE C – Cálculo das estimativas da geração de resíduos dos municípios do Estado do Acre, para os Cenários 2 e 3.	89
APÊNDICE D – Estimativa da geração e volume de resíduos para o Acre com base nos dados do Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, sem a implementação das metas de redução.	90
APÊNDICE E – Estimativa da geração e volume de resíduos para o Acre com base nos dados do Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, com a implementação total das metas de redução, a partir de 2009.	91
APÊNDICE F – Estimativa da geração e volume de resíduos para o Acre com base nos dados do Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, com a implementação das metas de redução a partir de 2022.	92
APÊNDICE G – Estimativa da geração e volume de resíduos do município de Acrelândia.	93
APÊNDICE H – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Assis Brasil.	94
APÊNDICE I – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Brasília.	95
APÊNDICE J – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Bujari.	96
APÊNDICE K – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Capixaba.	97
APÊNDICE L – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Cruzeiro do Sul.	98
APÊNDICE M – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Epitaciolândia.	99
APÊNDICE N – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Feijó.	100
APÊNDICE O – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Jordão.	101
APÊNDICE P – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Mâncio Lima.	102
APÊNDICE Q – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Manoel Urbano.	103

APÊNDICE R – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Marechal Thaumaturgo.....	104
APÊNDICE S – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Plácido de Castro.....	105
APÊNDICE T – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Porto Acre.	106
APÊNDICE U – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Porto Walter.	107
APÊNDICE V – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Rio Branco.	108
APÊNDICE W – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Rodrigues Alves.....	109
APÊNDICE X – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Santa Rosa do Purus.....	110
APÊNDICE Y – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Sena Madureira.	111
APÊNDICE Z – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Senador Guimard.....	112
APÊNDICE AA – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Tarauacá.	113
APÊNDICE BB – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Xapuri....	114
APÊNDICE CC - Mapa das regiões favoráveis à instalação do aterro sanitário para atender ao consórcio entre os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves.	115
APÊNDICE DD - Mapa das regiões favoráveis à instalação do aterro sanitário para atender ao município de Cruzeiro do Sul.....	116
APÊNDICE EE – Mapa das regiões favoráveis à instalação do aterro sanitário para atender ao município de Mâncio Lima.....	117
APÊNDICE FF – Mapa das regiões favoráveis à instalação do aterro sanitário para atender ao município de Rodrigues Alves.	118

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Quadro de população residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios - 2010.	120
ANEXO 2 – Resolução n.º 3, de 26 de agosto de 2019, publicada no D.O.U n.º 166, ano 157.	121
ANEXO 3 - Portaria n.º PR-268, de 26 de agosto de 2021, publicada no D.O.U n.º 163, ano 159.	122

LISTA DE ABREVIATURAS

abr.	Abril
ago.	Agosto
dez.	Dezembro
<i>et al.</i>	<i>Et alii (e outros)</i>
fev.	Fevereiro
f.	Folha
hab.	Habitante
jan.	Janeiro
jun.	Junho
jul.	Julho
mai.	Maiο
mar.	Março
n. ^o	Número
nov.	Novembro
org.	Organizador
out.	Outubro
p.	Página
set.	Setembro
ton.	Tonelada
v.	Volume

LISTA DE SIGLAS

ABCON	Associação Brasileira de Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANA	Agência Nacional de Águas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ASA	Área de Segurança Aeroportuária
ATT	Área de Triagem e Transbordo
CEMAF	Conselho Estadual de Meio Ambiente e Floresta do Acre
CINRESOAC	Consórcio Intermunicipal de Coleta, Destinação e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos das regionais do Alto Acre, Baixo Acre, Purus, Tarauacá-Envira e Juruá do Estado do Acre
CIRSOP	Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COVID-19	<i>Corona Virus Disease</i> (Doença do Coronavírus)
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISWA	<i>International Solid Waste Association</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
MPAC	Ministério Público do Estado do Acre
NBR	Norma Brasileira de Referência
PGIRS	Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
QGIS	<i>Quantum Geographic Information System</i>
RECESA	Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
RCC	Resíduos da Construção Civil
RDO	Resíduos Domiciliares

RPU	Resíduos Sólidos Públicos
RSS	Resíduos dos Serviços de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMA	Secretária de Meio Ambiente do Estado do Acre
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINDCON	Sindicato Brasileiro das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNIS-RS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Módulo Resíduos Sólidos
VANT	Veículo aéreo não tripulado

LISTA DE SÍMBOLOS

R\$	Reais
US\$	Dólares
%	Percentual
cm.s ⁻¹	Centímetro por segundo
M	Metro
Km	Quilômetro
Kg	Quilograma
ha	Hectare
G	Taxa de crescimento geométrico
T	Tempo
P ₀	População em anos anteriores
P ₁	População em anos posteriores
P _N	População no ano n
P _A	População no ano atual
M _R	Massa de resíduos
G _N	Geração <i>per capita</i>
C	Taxa de cobertura de coleta
m ³	Metro Cúbico
V _R	Volume de resíduos
C _P	Grau de compactação
V _{TA}	Volume total acumulado
Σ	Somatório
V _T	Volume total
h	Altura
A _T	Área operacional ou área necessária à implantação do aterro
m ²	Metro quadrado
A _C	Área de confinamento
.shp	Arquivo shapefile
>	Maior
<	Menor
=	Igual

*	Multiplicação
/	Divisão
P	Peso atribuído
+	Soma

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	24
2 REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	27
2.2 CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS SANITÁRIOS	29
2.3 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, REGIÃO NORTE E ESTADO DO ACRE	31
2.4 CONSÓRCIOS PÚBLICOS PARA IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS.....	37
2.5 GEOPROCESSAMENTO APLICADO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS	38
3 OBJETIVO GERAL	41
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
4 PERGUNTAS QUE NORTEIAM A PESQUISA.....	42
5 ASPECTOS METODOLÓGICOS OU MÉTODOS	43
5.1 ÁREA DE ESTUDO	43
5.2 ESTRUTURA DA PESQUISA	44
5.2.1 Identificação dos cenários de consórcio.....	44
5.2.2 Cálculo da área necessária à implantação dos aterros.....	45
5.2.3 Delimitação das áreas com melhor aptidão à implantação dos aterros.....	46
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
6.1 ÁREA NECESSÁRIA À INSTALAÇÃO DOS ATERROS	53
6.2 ÁREA DOS ATERROS PARA OS CONSÓRCIOS	60
6.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM APTIDÃO AOS ATERROS NOS MUNICÍPIOS DE CRUZEIRO DO SUL, MÂNCIO LIMA E RODRIGUES ALVES	64
7 CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICES	86
ANEXOS	119

1 INTRODUÇÃO

A disposição adequada dos resíduos e a escolha da área para construção dos aterros têm se mostrado um grande desafio, sobretudo, nos municípios da Amazônia Legal, pela falta de infraestrutura e a grande quantidade de cursos d'água e áreas de preservação existentes (Sodré *et al.*, 2020; Cardoso; Blanco; Friaes, 2021; Aguiar *et al.*, 2021).

Dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) remontam que 39% do total de resíduos sólidos urbanos coletados são depositados de forma inadequada no país ABRELPE (2022). Tal tipo de destinação tem afetado a saúde de 77,5 milhões de pessoas, resultando em bilhões de dólares com custos para tratamento de saúde e mitigação da contaminação ambiental.

Nos Estados da Amazônia Legal a produção de resíduos sólidos urbanos foi estimada em torno de 4,4 (quatro vírgula quatro) milhões de toneladas, por ano, entretanto, até 2017, havia o registro de apenas 44 (quarenta e quatro) aterros sanitários. A maior parte das disposições, segundo Aguiar *et al.* (2021), era de lixões ou não informado.

No Estado do Acre, 20 (vinte) dos 22 (vinte e dois) municípios ainda dispõem de lixões ou aterros controlados, apesar de passados mais de 10 (dez) anos da instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual estabeleceu que a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deveria ser implantada em até quatro anos, ou seja, até gosto de 2014. Em 2020, uma mudança no prazo para a disposição final correta e segura dos resíduos sólidos foi definida pela Lei n.º 14.026/2020, prorrogando o prazo para até 2024.

A falta de saneamento traz influência em áreas importantes como a educação e a saúde pública, afeta no trabalho, na renda e na desvalorização fundiária, sem contar os impactos psicológicos de se viver próximo aos lixões: verifica-se que pessoas que residem próximas tem renda seis vezes menor devido às circunstâncias e oportunidades (Freitas; Magnabosco, 2021). Lima (2021) depreendeu em seu estudo que a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), Lei n.º 11.445/2011 (Brasil, 2011), impulsionou os municípios acreanos a elaborarem seus Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB).

O ganho com a expansão do saneamento tem impactos significativos. Para se ter uma ideia, a Associação Brasileira das Concessionárias privadas de serviços público de água e esgoto (ABCON) e o sindicato nacional das concessionárias privadas de serviços públicos e água e esgoto (SINDCON) estimaram uma economia na ordem de R\$ 5,949 (cinco vírgula

novecentos e quarenta e nove) bilhões com custos na área da saúde decorrentes da expansão do saneamento no Brasil, entre os anos 2016 a 2036 (Abcon; Sindcon, 2019).

Destaca-se que o lançamento de resíduos *in natura* a céu aberto, como forma de destinação ou disposição final é caracterizado como crime pela Lei n.º 9.605/1998 (Brasil, 1998). Antes mesmo dessa normativa, a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), já caracterizava como poluição o ato de lançar matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais, como ocorrem nos lixões (Brasil, 1981).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apresenta três tipos de unidades de disposição final no solo: lixões, aterros controlados e aterros sanitários (SNIS, 2021). Além destes, há outros tipos de disposição final dos resíduos como o coprocessamento de resíduos em substituição às matérias-primas e/ou combustível na indústria de cimento (Arujo, 2020) e a incineração que consiste no tratamento térmico objetivando a redução do volume, da massa e a recuperação energética dos resíduos sólidos. No entanto, gera questionamentos sobre os impactos ambientais resultantes de suas emissões (Cardozo, 2021).

Os lixões são desprovidos de qualquer tipo de controle ambiental, quanto à saúde e à segurança, onde são dispostos materiais de todas as origens e periculosidades. No aterro controlado são empregados certos cuidados, sobretudo, com a segurança dos trabalhadores e no trânsito de pessoas, mas apesar de caracterizar-se como estágio intermediário, ainda não é o tipo de disposição mais adequada (SNIS, 2021).

Por outro lado, o aterro sanitário trata-se de uma obra de engenharia que envolve as áreas civil, ambiental e sanitária, no qual abrange uma série de sistemas de proteção e monitoramento para o recebimento dos resíduos sólidos de forma adequada e segura no solo (Silva; Tagliaferro, 2021) e, portanto, uma forma de disposição final considerada ambientalmente adequada, dentre as três alternativas.

Cabe ao Poder Público municipal a prestação dos serviços, porém exige que as esferas Estadual e Federal também estejam comprometidas para uma execução sustentável (Acre, 2012). Existe uma fragilidade técnica e financeira do executivo municipal, conforme apontada pelo Ministério Público do Estado do Acre (MPAC) que precisam ser sanadas (MPAC, 2019). Ainda que a PNRS tenha definido as ações a serem exercidas em nível nacional, estadual, intermunicipal, microrregional e municipal, a maior parte dos encargos logísticos e de planejamento dessas atividades recaem sobre as esferas mais baixas.

Nesse contexto, a formalização de consórcios, pode ser uma alternativa para apoiar os governos municipais com menor capacidade técnica e financeira (Ferreira; Juca, 2017;

Casellato, 2023), principalmente, em pequenos municípios distantes dos grandes centros urbanos. Além das questões de gestão e financeira, é um modelo que visa reduzir a geração de resíduos e inclusão de políticas para catadores e/ou estações de reciclagem a fim de gerar trabalho e renda local (Ferreira; Juca, 2017).

Acrescenta-se às deficiências, a falta de legislação destinada ao licenciamento dos aterros sanitários. Quanto a isso, o Estado do Acre, em 2022, obteve um avanço com a expedição da Resolução n.º 03, de 19 de outubro, aprovada pelo Conselho de Meio Ambiente e Floresta (CEMAF) (Acre, 2022), estabelecendo os critérios e procedimentos de licenciamento para implantação de aterros sanitários de pequeno porte em valas de trincheira no Estado.

A escolha de uma área adequada para o aterro sanitário depende de inúmeras variáveis, dentre elas: a declividade, o tipo de solo, hidrografia, rodovias, unidades de conservação, a proximidade de núcleos populacionais, dos aeroportos e das áreas de risco de deslizamentos e inundações, acrescentando-se à lista, as peculiaridades do Acre, inserido na região Amazônica.

Nesse sentido, este presente estudo objetivou comparar diferentes cenários de geração de resíduos e de área útil necessária à instalação de aterros sanitários com vida útil de 20 anos. Além disso, propõe a aplicação das técnicas de geoprocessamento associada à análise multicritérios para verificar a viabilidade da metodologia e a identificação de possíveis áreas para implantação dos aterros e a verificação dos prováveis cenários de geração de resíduos e de áreas aptas à instalação dos aterros, de forma consorciada, que atenda especificamente aos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves, no Juruá.

Serão aplicados ao estudo, as técnicas de geoprocessamento associadas ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) e ao método booleano, cuja análise pode servir como subsídio para definição da melhor opção de gestão ambientalmente adequada dos resíduos ou a escolha da área ideal, caso os municípios optem por essa modalidade na gestão dos resíduos sólidos. O resultado, entretanto, não é a escolha final da área, a qual, anterior à sua implantação, deverá passar por análises quanto a viabilidade econômica, a titularidade das áreas, as legislações municipais específicas, a efetividade do consórcio e a realização de estudos *in loco* para verificar a profundidade do lençol freático.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste tópico, serão apresentadas aspectos normativos e um panorama da gestão dos resíduos no Brasil.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A relação ser humano e natureza desde os primórdios esteve voltada à questão da utilização dos recursos para sobrevivência material dos povos, sem haver maiores preocupações com os excedentes do que estavam sendo gerados. A partir da Revolução Industrial até hoje, observa-se que a utilização dos recursos deu lugar à cultura do consumismo, caracterizado pela utilização predatória, para manter a produção e o consumo de bens e serviços. Esse padrão, no entanto, desencadeou um sério problema ambiental devido à grande quantidade de resíduos gerados sem a destinação final adequada (Costa; Diz; Oliveira, 2018).

De modo semelhante Sambuichi *et al.* (2014) relatam que o modo de vida atual da sociedade tem gerado consequências significativas ao planeta, com reflexos negativos sobre o clima, a biodiversidade, a disponibilidade dos recursos hídricos e a qualidade ambiental. Tais mudanças resultam em efeitos deletérios ao próprio ser humano, sobretudo, às populações mais vulneráveis que são as primeiras a sentir os impactos dessa degradação, mas também podem colocar em risco à sobrevivência das populações futuras.

A Resolução Conama n.º 404/2008 (CONAMA, 2008) destaca que a incorreta disposição dos resíduos sólidos agrava a degradação ambiental, comprometendo a qualidade de vida sendo, portanto, ameaça à saúde pública. Segundo Martins e Ribeiro (2021) muitas doenças decorrem de problemas relacionados dessa degradação e é da salubridade do meio ambiente que se tem a manutenção da vida humana em condições dignas e de qualidade.

Um estudo da ABRELPE com o International Solid Waste Association (ISWA) em 2015 estimou custos ambientais e de saúde na ordem de US\$ 420 e US\$ 370 milhões de dólares por ano, respectivamente, em decorrência da atividade dos lixões (Mavropoulos, 2015). A correta destinação dos resíduos torna-se então fundamental na minimização desses óbices.

Diante do cenário cada vez mais agravante, o Presidente Luiz Inácio Lula da Silva promulgou a Lei n.º 12.305 em 02 de agosto de 2010 (Brasil, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre os princípios, objetivos e diretrizes relacionados à gestão dos resíduos e estabelecendo o prazo de 4 (quatro) anos para que os municípios implementassem a disposição final ambientalmente adequada dos seus rejeitos.

Assim, de acordo com a normativa, os resíduos sólidos são qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultado das atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe ou se estar obrigado a proceder. Dentre esses, tem-se os rejeitos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação, não apresentem outra opção senão a disposição final ambientalmente adequada (Brasil, 2010).

Mesmo antes da publicação dessa lei, a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei n.º 6.938/1981, já definia como poluição o lançamento de matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais e, logo, crime ambiental segundo a Lei de Crimes Ambientais. A lixiviação de fluidos oriundo dos resíduos é fortemente influenciada pelas condições dos materiais do subsolo sendo a principal fonte de contaminação deste (Costa *et al.*, 2018a).

Os prazos para atendimento à PNRS foram gradativamente postergados, ao que tudo indica, devido a realidade econômico-financeira enfrentada pela maioria dos municípios, conforme apontaram Nascimento *et al.* (2022). Mas, em 2020, o Novo Marco legal do Saneamento Básico, Lei n.º 14.026/2020, atualizou a política estabelecendo novos prazos para que os estados e municípios implementassem a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos para até 2024, desde que até o final de 2020 os entes dispusessem de seus Planos Intermunicipais ou Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) e de mecanismos de cobrança para garantir sua sustentabilidade econômico-financeira (Brasil, 2020).

Os planos são instrumentos indispensáveis ao país, estados e municípios pois trazem informações importantes para a gestão dos resíduos além de estabelecer metas a serem alcançadas. O diagnóstico contém a composição gravimétrica dos materiais, que corresponde ao percentual da massa de cada resíduo em relação a massa total gerada, tornando possível o adequado planejamento da disposição final para escolha das melhores alternativas disponíveis e aplicáveis, de acordo com o tipo e quantidade de cada componente (Brasil, 2022d).

Há, nesse sentido, um grande desafio a ser enfrentando para atendimento aos limites temporais propostos para que a disposição dos rejeitos venha a resultar em menor impacto ao meio ambiente, refletindo em melhor qualidade de vida da população. Uma das formas de disposição final correta e segura são os aterros sanitários, projetados para que haja menos emissão de biogás para a atmosfera e a formação excessiva de lixiviados (Costa *et al.*, 2018b).

A operação de um aterro sanitário, entretanto, é uma atividade de extrema oneração aos cofres públicos municipais, segundo Barbosa *et al.* (2020). A saída para aprimorar a gestão pode se dar através da formação de consórcios públicos que permitem a associação de municípios no desenvolvimento de ações conjuntas (SNIS, 2021).

Além disso, a própria Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) estabeleceu instrumentos e processos que podem auxiliar os entes públicos no gerenciamento e redução do volume de resíduos que irão para a disposição final, sendo eles:

- a) Coleta Seletiva: coleta de resíduos sólidos previamente separados conforme sua constituição ou composição;
- b) Logística Reversa: conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a devolução dos resíduos sólidos ao setor empresarial, de modo que possam ser reaproveitados em seu ciclo, em outros ciclos produtivos ou outra destinação final ambientalmente adequada;
- c) Reciclagem: processo de alteração dos resíduos sólidos que envolve a transformação de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas que irão gerar insumos ou novos produtos;
- d) Reutilização: aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua alteração biológica ou físico química;
- e) Educação Ambiental: componente essencial e permanente da educação nacional para transmissão de valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas à conservação do meio ambiente (Brasil, 1999).

2.2 CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS SANITÁRIOS

O Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Acre (PGIRS ACRE) apresenta a classificação dos aterros, segundo o seu porte, da seguinte forma (Acre, 2012):

- (a) Aterros Sanitários de pequeno porte: que recebem um volume de massa de resíduos sólidos de até 20 ton./dia;
- (b) Aterro sanitário de médio porte: que recebem um volume de massa de resíduos sólidos entre 20 até 100 ton./dia;
- (c) Aterros sanitários de grande porte: que recebem um volume de massa de resíduos sólidos acima de 100 ton./dia.

Na escolha do local do aterro sanitário ao licenciamento, conforme a Norma Brasileira de Referência (NBR) 8419/1992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (ABNT, 1992), deve-se levar em conta critérios básicos como o zoneamento ambiental urbano, os acessos, a vizinhança, a titulação da área, as bacias e sub-bacias hidrográficas, como também aspectos específicos relativos à localização, caracterização geológica e geotécnica.

Precisa haver, nesse sentido, uma distância adequada do aterro ao ponto de coleta dos resíduos, de forma que o transporte venha causar menos efeitos e a comunidade não sofra influência da atividade, pois a etapa de transporte dos resíduos impacta o meio ambiente pela emissão de gases de efeito estufa advindos dos caminhões (Morais *et al.*, 2019). Em média, na coleta e transporte são gastos de 40 a 70% dos recursos financeiros. Acioly (2016) considerou em seu estudo a distância de até 20 km da sede municipal, em razão da economia e agilidade na prestação dos serviços de coleta e transporte.

De forma menos burocrática, a Resolução Conama n.º 404/2008 (CONAMA, 2008) traz, em seu art. 4º, as exigências mínimas necessárias ao licenciamento ambiental dos aterros de pequeno porte sendo dispensada a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

As diretrizes para localização, projeto implantação e encerramento são previstas na NBR 15.849/2010 (ABNT, 2010). Na NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997) são elencados os critérios à instalação de aterro de produtos não perigosos. Já a Resolução Conama n.º 04/1995 (CONAMA, 1995) estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuárias (ASA) em um raio de 13 a 20 km (a depender do tipo aeródromo) em que não são permitidas atividades de natureza perigosa como foco de atração de pássaros.

No Acre, a Resolução CEMAF n.º 03/2022, de 19 de outubro de 2022, estabeleceu os requisitos, critérios, e procedimentos de licenciamento para a impermeabilização de áreas destinadas à implantação de aterros sanitários de pequeno porte em valas de trincheira sendo este, um tipo de instalação para disposição de resíduos sólidos urbanos confinados em todos os lados, em escavação no solo, com profundidade limitada e largura variável (Acre, 2022).

Quanto ao solo, Borba *et al.* (2020) verificaram que o latossolo vermelho possui característica argilosa, com predominância de microporos, apresentando condições naturais de preservação do meio ambiente subterrâneo e sua permeabilidade, quando compactado, apresenta valores similares aos das normas que tratam dos aterros. Indicam, ainda, que os solos argilosos retêm mais água e, dessa forma, é baixa a permeabilidade pelo perfil.

Nascimento (2012) classificou os latossolos como melhores para a instalação dos aterros, seguido dos argissolos. Em relação à declividade cita que as áreas com declividade entre 2 e 4% são mais fáceis de serem operadas do que as que apresentam declividade entre 25 e 30%. Para a NBR 13.896/1997 as áreas propícias à instalação dos aterros sanitários devem estar entre 1 a 30% (ABNT, 1997).

Em síntese, são levados em consideração os seguintes critérios, na definição da área de instalação dos aterros sanitários:

- a) Declividade maior que 1% e menor que 30%, pois áreas mais planas resultam em menores custos para implantação dos aterros;
- b) A existência de depósito de material homogêneo com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm.s⁻¹ e uma zona não saturada com espessura superior a 3m.
- c) Distância mínima de 200m de qualquer curso d'água;
- d) Existência de vegetação que favoreça a redução das erosões, da formação de poeira e o transporte de odores;
- e) Facilidade e boas condições de acesso em qualquer condição climática;
- f) Áreas que possam ser usadas por um longo período de tempo, que possibilitem vida útil mínima de 10 anos e demande poucas obras para o início da operação;
- g) Distância superior a 500m de núcleos populacionais;
- h) O aterro não deve estar inserido em áreas sujeitas às inundações recorrentes em um período de 100 anos;
- i) Distância mínima de 1,5m entre a altura máxima do lençol freático e a superfície inferior do aterro, considerando o maior período de precipitação do ano;
- j) Áreas que não estejam inseridas no raio de 20km de aeroportos e de 13km de aeródromos.

Além destes, o projeto do aterro precisa considerar aspectos como: a minimização dos impactos ambientais, elaboração de cronograma físico-financeiro e a aceitação maximizada da população. Deve-se também levar em consideração o zoneamento urbano e ambiental, excluindo as unidades de conservação e regiões de crescimento populacional.

2.3 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, REGIÃO NORTE E ESTADO DO ACRE

Em 2020 a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) chegou a aproximadamente 82,5 milhões de toneladas no ano, resultado da influência direta da pandemia do coronavírus (COVID-19) devido às novas dinâmicas sociais inerente ao período, concentrando-se o consumo nas residências. Regionalmente, o Sudeste figurou com a maior geração de resíduos

representando quase 50% da produção e a região Norte, a menor, representando 7,4% do total, cerca de 6 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2021).

Em 2022, com o retorno gradual à rotina essa geração anual caiu para 81,8 milhões de toneladas ao ano e o brasileiro reduziu sua produção de resíduos por dia a 1,043 kg devido à retomada da geração de resíduos nas empresas, escolas e escritórios e redução nos serviços *delivery*. Quanto à coleta, em 2022, o país alcançou 93% de cobertura registrando um total de 76,1 milhões de toneladas recolhidas (ABRELPE, 2022).

Da massa de RSUs são movimentados cerca de 10,9 milhões de toneladas em 202 unidades de transbordo, sobretudo nas macrorregiões Sudeste e Sul, onde é realizada a transferência de resíduos de um veículo de coleta para outro de maior capacidade, para posterior envio a uma unidade de processamento. Quanto a essas, há 5.018 unidades de processamento de resíduos sólidos em operação que recebem milhões de toneladas de resíduos sólidos, sendo que 30,8% são lixões, correspondendo a 1.545 unidades, e apenas 13% são Aterros Sanitários, ou seja, 652 unidades no país, conforme TABELA 1, abaixo:

TABELA 1 – Tipos de unidades de processamento de RSU em operação, em 2020.

Tipos de unidades	Valor absoluto	Valor relativo (%)	Tipos de unidades	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Lixão	1.545	30,8	Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos (ATT)	64	1,3
Unidade de triagem (galpão ou usina)	1.325	26,4	Unidade de manejo de galhadas e podas	47	0,9
Aterro sanitário	652	13,0	Área de reciclagem de RCC	44	0,9
Aterro controlado	617	12,3	Unidade de tratamento por microondas ou autoclave	21	0,4
Outro	315	6,3	Unidade de tratamento por incineração	16	0,3
Unidade de transbordo (RDO+RPU)	202	4,0	Vala específica de RSS	16	0,3
Aterro e RCC (aterros inertes)	78	1,6	Queima em forno de qualquer tipo	2	0,0
Unidade de compostagem (pátio ou usina)	74	1,5			

Fonte: Adaptado de SNIS (2022).

Legenda: RDO – resíduos domiciliares; RPU – Resíduos Sólidos Públicos; RCC – Resíduos da Construção Civil; ATT – Área de Transbordo e Triagem; RSS – Resíduos dos Serviços de Saúde.

Os locais de disposição inadequada dos resíduos, tais como os aterros controlados e os lixões, que continuam em operação no país, representam 39% do total de resíduos coletados, como se observa na TABELA 2, a seguir:

TABELA 2 – Disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil em 2022.

Região	Disposição adequada		Disposição inadequada	
	ton./ano	%	ton./ano	%
Norte	1.870.470	36,6%	3.240.105	63,4
Nordeste	6.214.527	37,2	10.491.191	62,8
Centro-Oeste	2.532.762	43,5	3.288.281	56,5
Sudeste	29.773.638	74,3	10.298.552	25,7
Sul	6.020.694	71,6	2.388.097	28,4
Brasil	46.412.091	61,0	29.706.226	39,0

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2022).

As informações sobre saneamento básico do Brasil são consolidadas no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o maior sistema de informações do país, que faz o levantamento diretamente com os municípios e prestadores de serviços, mantendo série histórica de dados sobre o saneamento. Em 2022, o SNIS Módulo Resíduos Sólidos (SNIS-RS) reuniu informações de 5.060 municípios, que representam 90,8% do total de municípios do Brasil, o maior alcance desde o início do levantamento (SNIS, 2023).

Onofre (2011) considerou os dados do SNIS de geração de resíduos por faixa populacional, como parâmetro, sendo utilizado para avaliar a compatibilidade das estimativas de geração de resíduos encontrados no estudo. Já Dias *et al.* (2012) usou a massa de resíduos efetivamente coletada e informada pelas prestadoras de serviço de limpeza urbana de Belo Horizonte e de Porto Alegre para validação do modelo desenvolvido em sua pesquisa destinado a estimar a geração de resíduos a partir da renda *per capital* mensal média das cidades. Almeida *et al.* (2016) adotou os valores de geração *per capita*, por faixa populacional, para determinar a quantidade de resíduos gerada no município de estudo.

Para Aguiar *et al.* (2021) o SNIS trata-se de uma plataforma que contém dados sobre a prestação de serviços de água, esgoto e resíduos sólidos urbanos, cujos indicadores são usados para fins de medição e comparação dos serviços, no entanto, pode haver inconsistência nas informações prestadas, em razão de que nem todos os Estados e municípios fazem a alimentação dos dados. Segundo os autores, menos da metade dos municípios da Amazônia realizam o registro no sistema, quer seja prestador público ou privado. Pelos dados analisados, inferiram que a geração de resíduos sólidos urbanos na Amazônia é desigual, em razão da densidade demográfica e da extensão territorial dos entes.

Quanto à quantidade de resíduos produzida, a massa média coletada de resíduos domiciliares no país em relação à população total registrada foi de 0,98 kg/hab.dia com 90,4% da população total atendida com coleta direta e indireta de resíduos domiciliares, em 2022

(SNIS, 2023). O relatório apresenta também informações sobre os valores estimados de geração de resíduos e da taxa de cobertura por faixa populacional, observados na TABELA 3.

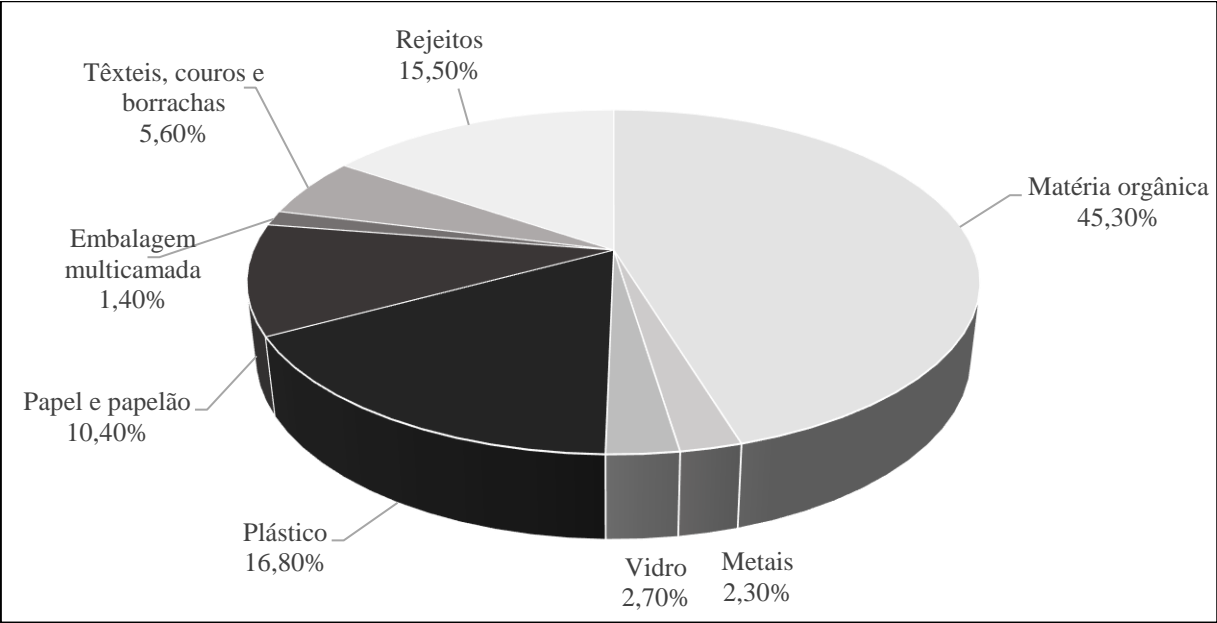
TABELA 3 – Valores de massa de resíduos coletada e da taxa de cobertura, por faixa populacional.

Variáveis	Faixa 1 30 mil habitantes	Faixa 2 Entre 30 mil e 100 mil habitantes	Faixa 3 Entre 100 mil e 250 mil habitantes	Faixa 4 Entre 250 mil a 1 milhão de habitantes
Massa coletada, <i>per capita</i> , de RSU (kg/hab.dia)	0,88	0,97	0,95	1,01
Taxa de cobertura (%)	75,0	85,9	95,1	98,2
Percentual de municípios que participantes do SNIS (%)	89,2	96,1	100	100

Fonte: Snis (2023).

Em termos legais, nos últimos anos o país alavancou na gestão dos resíduos com a edição do Decreto n.º 10.936/2022 (Brasil, 2022a), que regulamentou a Política Nacional de Resíduos Sólidos e com a criação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), por meio do Decreto n.º 11.043/2022 (Brasil, 2022b), instrumento norteador que traz as estratégias, diretrizes e metas para o setor, a serem desenvolvidas em um horizonte de 20 anos (SNIS, 2021). De acordo com o plano, o maior percentual de resíduos gerados é de matéria orgânica, que corresponde à 45,30% do valor total, conforme se observa no FIGURA 1 (Brasil, 2022c).

FIGURA 1 – Estimativa da composição gravimétrica média dos Resíduos Sólidos Urbanos coletados no Brasil



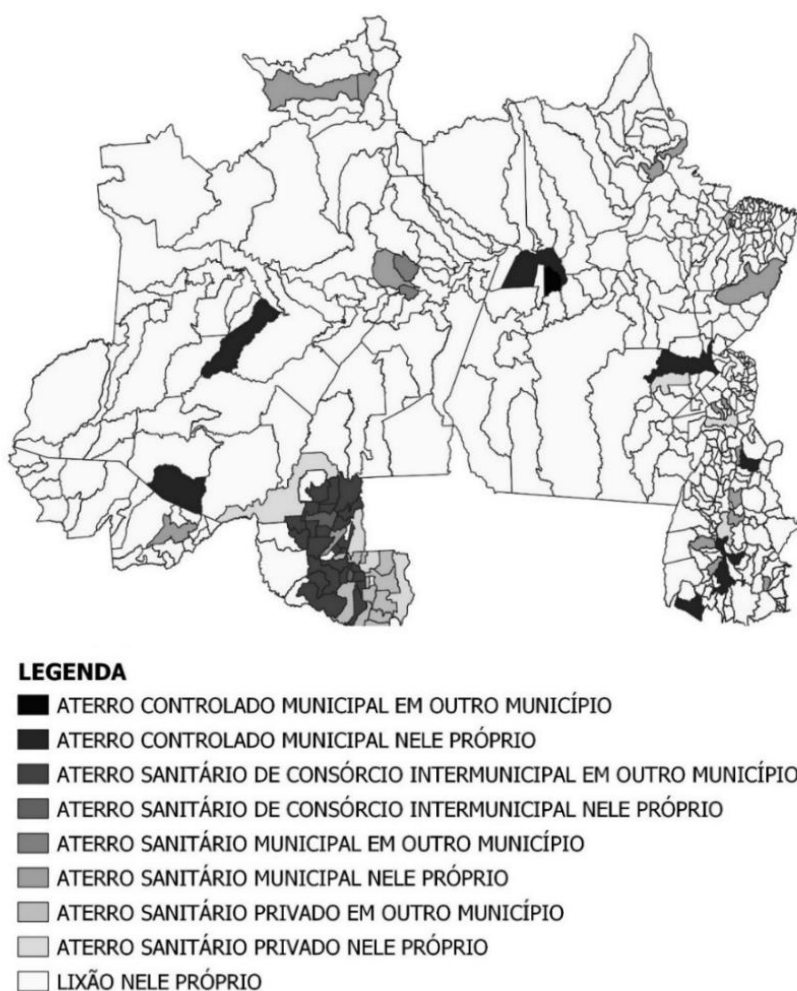
Nota: Extraído e adaptado de Brasil (2022c).

Fonte: ABRELPE (2020).

Tais leis dão mais clareza e objetividade reforçando as diretrizes da política e viabilizando a transição de um sistema ainda linear de gestão de resíduos, para uma gestão com maior foco na circularidade, agregando valor ao processo, que tem potencial para movimentar a economia, atraindo mais recursos e promovendo a geração de emprego e renda em todas as regiões do país, não esquecendo a proteção do meio ambiente e da saúde (SNIS, 2021).

A FIGURA 2, abaixo, apresenta o mapa com panorama da região Norte em relação aos tipos de unidades de disposição e tratamento dos resíduos sólidos.

FIGURA 2 – Panorama da região Norte em relação aos tipos de unidades de tratamento de resíduos.



Fonte: Adaptado de ABETRE, 2022.

Quanto à região Norte, de acordo com o diagnóstico do SNIS, foram 88,9% dos municípios que participaram da pesquisa, relacionada à gestão dos resíduos sólidos. A massa média de resíduos sólidos urbanos coletada em relação à população total foi estimada em 1,08 kg/hab., em 2022, para a região (SNIS, 2023).

No Acre, a estimativa da massa de resíduos para compor o Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos considerou as faixas populacionais estabelecidas no SNIS, observadas na TABELA 3. A metodologia aplicada envolveu a participação de representantes do setor de resíduos e dos municípios acreanos, através de reuniões técnicas, seminários, oficinas comunitárias, consultas e audiências públicas (Acre, 2012).

O Plano foi aprovado, em 2012, e norteia as ações na temática com o estabelecimento das metas para redução da geração de resíduos sólidos de 5%, entre os anos 2015 a 2020, e de 10%, entre 2020 a 2029, tendo como base o volume gerado em 2009 (Acre, 2012). O mais recente diagnóstico do SNIS alcançou dados de 100% dos municípios acreanos, apresentando como indicadores a massa média de resíduos coletados em 1,03 kg/hab.dia e o índice de cobertura de 0,741%, em relação à população total (SNIS, 2023).

Quanto às formas de disposição final no Estado, apenas a capital Rio Branco dispõe de unidade de tratamento adequada para destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos. Os demais municípios ainda não se adequaram à Política Nacional de Resíduos Sólidos depositando seus resíduos de forma inadequada ou possuindo ainda os aterros controlados e lixões, conforme ABETRE (2022), demonstrado na FIGURA 3:

FIGURA 3 – Tipos de unidades de disposição dos resíduos dos municípios do Acre.



Fonte: Adaptado de ABETRE (2022).

Em 2022, houve um avanço na gestão dos resíduos do Acre através da instituição da Resolução CEMAF n.º 03, aplicável aos aterros de pequeno porte. A norma simplifica os procedimentos para instalação dos aterros a serem dispostos em valas de trincheira em consonância com a Resolução Conama n.º 404/2008 (CONAMA, 2008) e a NBR 15.849/2010

(ABNT, 2010), para disposição de resíduos em escavação no solo, representando em importante instrumento ao processo de licenciamento dessas unidades.

2.4 CONSÓRCIOS PÚBLICOS PARA IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS

A atividade dos aterros é bastante complexa e onerosa, uma alternativa viável pode ocorrer através da gestão compartilhada dos resíduos com outros municípios. A formalização de parcerias com fornecedores locais também pode gerar renda para os moradores e priorizar os processos de reciclagem, ressocialização, compostagem e agricultura familiar que resultarão em menor volume de lixo comum encaminhado ao aterro (ABCON; SINDCON, 2022).

Em sua pesquisa, Nascimento *et al.* (2022), evidenciaram que a implantação de consórcio intermunicipal de RSU entre as cidades de Três Corações, Cambuquira e Campanha geraria uma economia de R\$ 43.890.580,08 ao longo da vida útil do aterro e, portanto, a solução mais eficiente aos resíduos, propondo que mais municípios venham a estudar essa opção.

Morais *et al.* (2019) estimaram que a maior parte dos municípios do Estado de São Paulo estavam situados entre 1 a 3 km de distância dos aterros. De outro modo, havia 67 municípios cujos centros urbanos estavam a mais de 50 km de distância dos aterros, em rota linear. Outro estudo cita que os aterros sanitários localizados nas cidades de Chapecó, Rio Negrinho e Mafra no Estado do Santa Catarina atendem a 17 localidades paranaenses e esses percorrem uma distância média de aproximadamente 182 km (Franco *et al.*, 2022).

No Brasil há atualmente 252 consórcios públicos intermunicipais para o manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos com a participação de 1.491 municípios. Na região Norte, são apenas 11 consórcios formalizados que abrangem 53 municípios. O modelo é fomentado pelo Novo Marco Legal do Saneamento, que faculta a gestão associada para prestação dos serviços públicos e o desenvolvimento de soluções compartilhadas (SNIS, 2023).

Quanto a isso, em 2023, os representantes dos 22 (vinte e dois) municípios do Estado do Acre assinaram o Protocolo de Intenções para a formalização de um consórcio público de modo que todos os entes disponham de uma unidade adequada para a disposição final dos seus rejeitos, o que culminou com a criação do Consórcio Intermunicipal de Coleta, Destinação e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos das regionais do Alto Acre, Baixo Acre, Purus, Tarauacá-Envira e Juruá do Estado do Acre (CINRESOAC).

2.5 GEOPROCESSAMENTO APLICADO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Entende-se por geoprocessamento como sendo o conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais relacionados à coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados para obter informações espaciais ou georreferenciadas, que tenham como característica principal o atributo localização, ligadas a um ponto específico do globo terrestre, por meio de coordenadas (Zaidan, 2017).

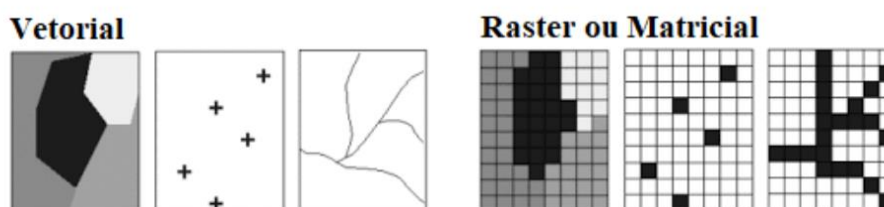
Nas grandes metrópoles, o aumento na urbanização acaba reduzindo a disponibilidade de áreas para instalação dos aterros, já nos pequenos municípios essa limitação está relacionada aos custos de implantação e operação (Luz *et al.*, 2017). No Estado do Acre, constituído em grande parte por rios, áreas protegidas e de preservação, essa escolha pode ser bem difícil.

Nesse contexto, Figueredo Neto *et al.* (2018) mencionam a importância do uso de ferramentas de geoprocessamento para auxílio em qualquer estudo de cunho ambiental. Mais especificamente, Carrilho, Candido e Souza (2018) e Dias e Andrade (2020) relataram sua eficácia e o baixo custo na determinação de áreas com possível aptidão ao aterro sanitário.

Em seu estudo Boin *et al.*, (2022) consideraram as variáveis socioeconômicas e legais, as vias de acesso e o uso e ocupação da terra conexos aos aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos, hidrológico e climático para identificação de áreas potencialmente favoráveis à destinação ambientalmente adequada do resíduo sólido.

Os dados espaciais utilizados na representação das variáveis ambientais podem ser do tipo raster (ou matricial), constituídos por uma matriz de *pixels* com valores específicos e que demonstram uma condição da área coberta, como exemplos as imagens de satélite ou as obtidas por meio de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). Já os vetores representam a posição e direção por meio de três elementos gráficos: ponto, linha e polígono, FIGURA 4.

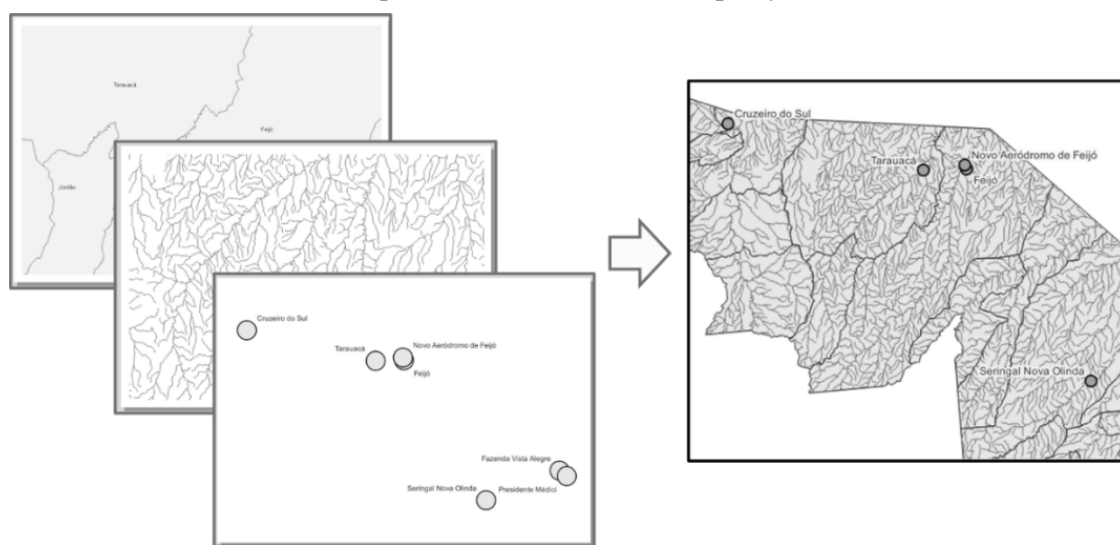
FIGURA 4 – Representação de dados vetoriais e matriciais.



Fonte: Extraído de Andrade, Hott e Magalhães Junior (2022).

No Sistema de Informações Geográficas, é possível a conversão dos dados matriciais em vetoriais e vice-versa (Andrade; Hott; Magalhães Junior, 2022). Segundo Acioly (2016), o uso do geoprocessamento possibilita a seleção de áreas economicamente viáveis sem haver a necessidade inicial de deslocamentos, auxiliando no planejamento da ocupação do solo a ser utilizado pela autoridade municipal. No SIG, as informações são estruturadas em planos de informação conhecidos como camadas. Para Majid e Mir (2021), essa técnica de sobreposição é uma das mais poderosas e comumente usadas em SIG, FIGURA 5.

FIGURA 5 – Esquema demonstrando a sobreposição de camadas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Somado às técnicas de geoprocessamento, pode ser empregado o método booleano convencional adotado por Dias e Andrade (2020) ou análise de multicritérios, que caracteriza as áreas como aptas ou não aptas, com base em critérios pré-estabelecidos. A análise multicritérios envolve a aplicação de um conjunto de técnicas para auxiliar a tomada de decisão acerca de uma questão complexa (Costa *et al.*, 2018a).

Tal combinação é eficaz na escolha de potenciais locais à instalação de um aterro sanitário, como apoio aos gestores nas tomadas de decisão e na gestão e uso do solo. Além da incorporação das perspectivas legal, ambiental e técnica e de informações de ordem social e econômica, são indispensáveis a realização de visitas de campo que devem estar associadas à capacidade de análise empírica dos gestores públicos (Damasceno *et al.*, 2018).

Nessa linha, Morales *et al.* (2020) constataram o uso eficiente do geoprocessamento para a definição da melhor alternativa locacional de implantação do aterro sanitário no

município de Itacoatiara, Amazonas, pois possibilitou a integração de múltiplos critérios e a representação destes em mapas temáticos, a serem utilizados no apoio à tomada de decisão.

Boin *et al.* (2022) realizaram estudo para identificar a melhor área para o Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista (CIRSOP), formado por 10 (dez) municípios utilizando técnicas de geoprocessamento e o método booleano, tendo a metodologia apresentado resultado coerente e condizente com o esperado.

Outro estudo nesse sentido foi realizado por Damasceno *et al.* (2018) que abrangeu os municípios de Atalaia do Norte, Benjamin Constant e Tabatinga inclusos no Estado do Amazonas onde foram identificadas 47 (quarenta e sete) áreas potenciais à instalação de um aterro para atender a região dos três municípios, mostrando-se a metodologia eficaz e como importante instrumento na seleção das áreas.

3 OBJETIVO GERAL

Favorecer a disposição adequada dos resíduos sólidos através do estudo da massa e do volume total de resíduos coletados no Estado e dos potenciais locais para implantação dos aterros sanitários nos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos têm-se:

- a) Conhecer as estimativas de população total dos municípios acreanos e do Estado do Acre no intervalo de 20 anos;
- b) A utilização de método para comparar 2 (dois) cenários de geração de resíduos visando a identificação da melhor opção para estimativa dos valores das áreas necessárias à implantação dos aterros, por municípios e por consórcios;
- c) Avaliar a viabilidade da utilização das ferramentas de geoprocessamento associadas à análise multicritério na geração de mapas das áreas aptas à construção dos aterros sanitários acreanos, com o cruzamento dos parâmetros físicos, sociais e ambientais;
- d) Subsidiar a etapa de estudos *in loco* com a geração dos mapas das áreas aptas à construção dos aterros nos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves;
- e) Auxiliar na tomada de decisão quanto a melhor alternativa para disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

4 PERGUNTAS QUE NORTEIAM A PESQUISA

A pesquisa será norteada para responder as seguintes perguntas:

- a) Qual a área necessária à construção de um aterro sanitário que atenda as demandas de cada município do Estado do Acre, para um tempo de funcionamento de 20 (vinte) anos?
- b) Qual a área necessária à construção de um aterro sanitário que atenda as demandas dos consórcios acreanos, para um tempo de funcionamento de 20 (vinte) anos?
- c) Existe no Estado do Acre áreas ambientalmente favoráveis à instalação dos aterros sanitários? Tais espaços comportam a área mínima necessária ao funcionamento do empreendimento?

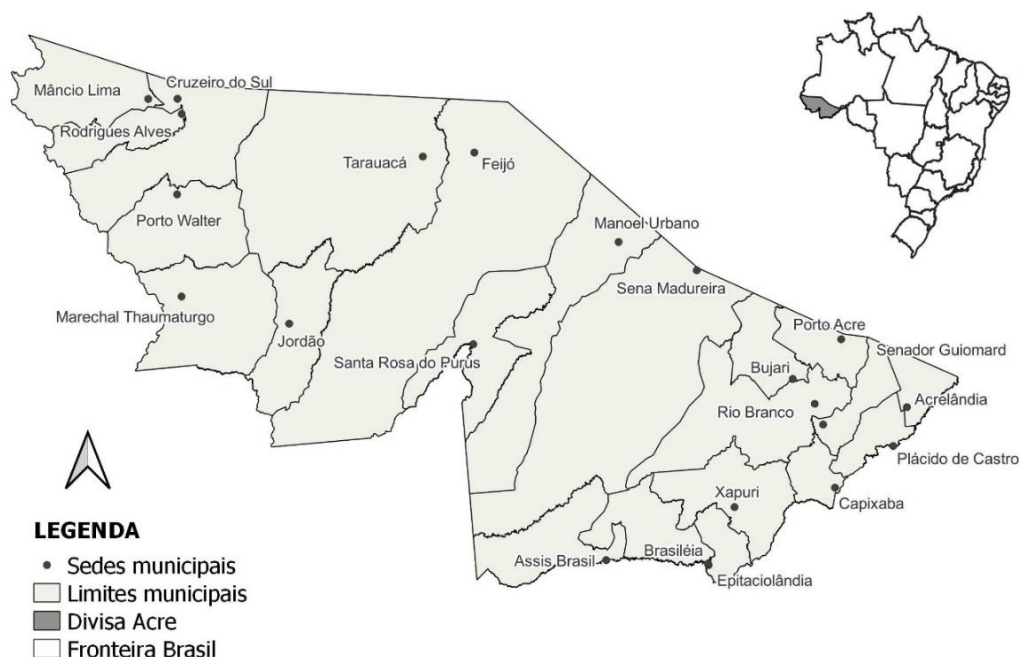
5 ASPECTOS METODOLÓGICOS OU MÉTODOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

A presente pesquisa foi dividida em três etapas metodológicas: (1) a identificação dos prováveis cenários de consórcio para a gestão compartilhada dos resíduos entre os entes municipais; (2) a segunda consistiu na estimativa do volume de resíduos sólidos coletados e da área necessária à construção dos aterros sanitários municipais, de forma isolada e também consorciada, abrangendo, assim, todos os municípios do Estado; (3) a terceira etapa envolveu a análise das áreas com aptidão à instalação dos aterros sanitários utilizando técnicas de geoprocessamento e análise multicritério, a qual foi direcionada especificamente aos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves de forma isolada e consorciada.

Quanto ao Estado do Acre, FIGURA 6, segundo o censo 2022, tem uma população estimada em 2022 de 830.018 habitantes distribuídos em uma área de 16,4 milhões de hectares (IBGE, 2023). O clima acreano é do tipo equatorial e úmido com ocorrência de dois tipos de regiões fitoecológicas: a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Aberta. Destaca-se que 45,84% do território é ocupado por áreas naturais protegidas, que somam 5,13 milhões de hectares de Unidades de Conservação e mais 2,39 milhões de Terras Indígenas (Acre, 2017).

FIGURA 6 – Municípios do Estado do Acre objeto do estudo.



Fonte: Fronteira do Brasil, Divisa do Acre, limites municipais (IBGE, 2021) e sedes municipais (ANA, 2016).

Nota: Elaborado pelo autor com uso do Software QGis versão 3.28.5. Sistema de Referência de Coordenadas: Projeção Equivalente de Albers.

A noroeste do Acre há uma área de maior vulnerabilidade geológica que compreende os arenitos inconsolidados da Formação Cruzeiro do Sul (Acre, 2010), que engloba o município de Cruzeiro do Sul e adjacências. Os solos da região passaram por um intenso processo de intemperismo resultando em solos quimicamente pobres, profundos, bem drenados, de textura franco-argilo-arenosa a arenosa, com fração de areia fina dominante (Silva *et al.*, 2021).

Segundo Acre (2010), a regional Juruá, onde estão inseridos os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves, possui grande diversidade de solos desde os mais jovens, como os Vertissolos, até os mais intemperizados, como os Latossolos. Predominam os Argissolos, que representa 65%, e Luvisolos, 19%. Neossolos Flúvicos e Gleissolos estão presentes sobretudo em Cruzeiro do Sul e Mâncio Lima, em grandes áreas de várzeas.

Em termos de gerenciamento dos resíduos sólidos, 95% dos municípios dispõem seus resíduos em lixões ou aterros controlados e apenas a capital Rio Branco, possui Unidade de Tratamento específica. O Estado dispõe do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos aprovado em 2012 (Acre, 2012) e nove municípios (41%) possuem seus Planos de Gestão Integrada de Resíduos, além de dezesseis Planos de Saneamento Básico (MPAC, 2021).

Em 2023 foi formalizado em assembleia o Consórcio Intermunicipal de Coleta, Destinação e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos das regionais do Alto Acre, Baixo Acre, Purus, Tarauacá-Envira e Juruá do Estado do Acre envolvendo todos os municípios do Estado para fomentar a implementação da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

5.2 ESTRUTURA DA PESQUISA

Quanto à finalidade, classifica-se a pesquisa como aplicada visando o emprego dos resultados na prática. Sobre os procedimentos técnicos utilizados, caracteriza-se por ser bibliográfica e documental. As metodologias adotadas em cada etapa são detalhadas a seguir:

5.2.1 Identificação dos cenários de consórcio

A identificação dos cenários para formalização dos consórcios foi realizada considerando-se os municípios de cada regional administrativa do Estado do Acre, sendo elas: a Regional do Baixo Acre, a Regional do Alto Acre, a Regional do Purus, a Regional Tarauacá-Envira e a Regional Juruá considerando também que os municípios não apresentassem uma área de intersecção maior que 100 km.

5.2.2 Cálculo da área necessária à implantação dos aterros

O cálculo da área necessária ao aterro se baseou no trabalho realizado por Almeida (2016), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008) e Carrilho, Candido e Souza (2018), considerando o prazo de vida útil mínimo de 20 anos, em conformidade com o estabelecido pela Resolução Conama n.º 404/2008 e a Resolução CEMAF n.º 03/2022.

O volume de resíduos produzidos nos municípios está diretamente ligado ao total de habitantes que o ente possui. Nesse sentido, as estimativas de população, ano a ano, serão calculadas a partir das populações totais dos municípios obtidas no Censo 2010 (IBGE, 2011) associadas à taxa de crescimento geométrico, que será obtida com base nos valores populacionais de cada município do Estado do Acre, estimados para os anos 2019 e 2021 (Brasil, 2019, 2021), aplicando as fórmulas (1) e (2), a seguir:

$$g = (\sqrt[t]{P_1/P_0}) - 1 \quad (1)$$

$$P_N = P_A * (1 + g)^t \quad (2)$$

Em que:

g = taxa de crescimento geométrico; t = variação do tempo; P_0 = população em anos anteriores (hab.); P_1 = população em anos posteriores (hab.); P_N = População no ano “n” (hab.); P_A = População no ano atual (hab.);

No trabalho de Almeida (2016) a estimativa de geração de resíduos baseou-se na aplicação de valores de geração *per capita* por faixa populacional à fórmula 3, a seguir:

$$M_R = P_N * [G_N * C] \quad (3)$$

Em que:

M_R = Massa de resíduos (kg/dia); P_N = População no ano “n” (hab.); G_N = Geração *per capita* de resíduos (kg/hab.dia); C = Cobertura da coleta (%)

Adaptando essa metodologia para o presente estudo, a massa de resíduos coletada foi obtida aplicando-se a equação acima, sugerida por Monteiro *et al.* (2001) e Recesa (2008), adotando-se os valores definidos no SNIS 2023, por faixa populacional e da média do Estado do Acre, relativos à massa *per capita* diária de resíduos coletados.

Para o cálculo do volume de resíduos, adotou-se o grau de compactação de 800 kg/m³ utilizado por Almeida (2016). A partir dessa variável é possível estimar o volume total diário e por ano, acrescidos de 20%, em razão do material utilizado para cobertura das células.

$$V_R = M_R / C_P \quad (4)$$

$$V_T = [V_R + (0,2 * V_R)] * 365 \quad (5)$$

Em que:

V_R = Volume de resíduos (m³/dia); V_T = Volume total (m³/ano); C_P = Grau de compactação (kg/m³).

Aplicando a metodologia adotada por Carrilho, Candido e Souza (2018), a área do confinamento dos resíduos foi obtida utilizando o volume acumulado total para os 20 anos, que consiste no somatório dos volumes totais em cada ano, dividido pela profundidade das valas do aterro sanitário. Foram adotadas alturas das valas em 1, 2, 3, 4 até o limite de 5 metros de profundidade, estabelecidos pela Resolução CEMAF n.º 03/2022, para os aterros identificados como pequeno porte adotando os mesmos valores aos demais aterros, para fins de comparação.

$$V_{TA} = \sum V_{T(1-20)} \quad (6)$$

$$A_C = V_{TA} / h \quad (7)$$

Em que:

V_{TA} = Volume total acumulado (m³); A_C = Área do confinamento (m²); h = altura (m).

Por fim, a estimativa da área total necessária à implantação do aterro, foi calculada acrescentando-se 30% do valor destinado à área de confinamento dos resíduos, correspondendo a área operacional do empreendimento, de acordo com Marques (2011).

$$A_T = A_C + (A_C * 0,3) \quad (8)$$

Em que:

A_T = Área operacional ou área necessária à implantação do aterro em 20 anos (m²).

5.2.3 Delimitação das áreas com melhor aptidão à implantação dos aterros

Para esta etapa da pesquisa foi realizado estudo em área piloto compreendendo os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves com o intuito de verificar a eficácia do método. A escolha dos municípios foi devida ao fato de que Cruzeiro do Sul, com

população de 78.507 (setenta e oito mil quinhentos e sete) habitantes em 2010 (IBGE, 2011) era um dos municípios com maior população e com prazo até 2023 para implantação de solução ambientalmente adequada dos rejeitos.

A identificação das regiões com maior aptidão à instalação dos aterros para cada município, de forma isolada, foi realizada dentro de um raio de 20 km a partir dos seus núcleos populacionais. Na oportunidade, obteve-se os prováveis cenários de geração de resíduos e de regiões aptas à instalação do aterro para atender a um provável consórcio entre os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves em um raio de intersecção de 100 km.

Insta destacar a relevância das validações em campo e da experiência do profissional na área, mesmo com o mapeamento das áreas adequadas, conforme citaram Boin *et al.* (2022). Além das variáveis utilizadas, há outras que precisam ser avaliadas *in loco*, sendo o trabalho realizado por meio do geoprocessamento uma das etapas importantes, pois permite restringir ao máximo as opções disponíveis.

Em relação a seleção das áreas mais adequadas à instalação dos aterros, esta baseou-se nos estudos de Acioly (2016), Carrilho; Candido e Souza (2018), Dutra *et al.* (2020), Dias e Andrade (2020) em consonância com a NBR 13.896/1997 e, ainda, com as Resoluções Conama n.º 404/2008 (Conama, 2008) e Resolução Conama n.º 04/1995 (Conama, 1995). Variáveis semelhantes também foram utilizados por Alves (2019).

Para tanto, foi realizado levantamento junto às fontes citadas no QUADRO 1, após revisão da literatura, para a obtenção dos dados, mapas ou arquivos em formato shapefile (.shp), raster (.tif) ou do tipo coordenadas. Complementarmente, foram utilizadas imagens de satélite, planilhas e mapas para a aquisição e confirmação dos dados.

QUADRO 1 – Fonte dos dados.

Item	Fonte dos dados	Tipo
Altitude (Para declividade)	National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2024)	Raster (.tif)
Solos	Zoneamento Ecológico-Econômico da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA (ACRE, 2006)	Vetor (.shp)
Hidrografia	Zoneamento Ecológico-Econômico da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA (ACRE, 2006)	Vetor(.shp)
Rodovias	Zoneamento Ecológico-Econômico da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA (ACRE, 2006)	Vetor (.shp)
Áreas naturais protegidas	Zoneamento Ecológico-Econômico da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA (ACRE, 2006)	Vetor (.shp)

Núcleos populacionais	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2010, 2019)	Vetor (.shp)
Limites, divisas e fronteira	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2021)	Vetor (.shp)
Sedes municipais	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (ANA, 2016)	Vetor (.shp)
Aeroportos e aeródromos	Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC (ANAC, 2023)	Coordenadas (.xls)
Áreas de risco de deslizamentos	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/Serviço Geológico do Brasil/MME (CPRM, 2023)	Vetor (.shp)
Áreas sujeitas às inundações (incluindo Floresta Aluvial)	Zoneamento Ecológico-Econômico da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA (ACRE, 2006) Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM / Serviço Geológico do Brasil/MME (CPRM, 2023)	Vetor (.shp)

Fonte: elaborado pelo autor.

Associado às técnicas de geoprocessamento, aplicou-se o método booleano convencional adotado por Dias e Andrade (2020), pois possibilita comparar diferentes cenários utilizando diversas variáveis em conjunto, para auxiliar na tomada de decisão. Conforme Figueredo Neto *et al.* (2018), a metodologia é útil para classificar os locais favoráveis à construção dos aterros, pela multiplicação das camadas, possibilitando a análise multicritério.

Os parâmetros de restrição e valores de classificação indicados no QUADRO 2, correspondem aos critérios que serão utilizados na análise do presente estudo:

QUADRO 2 – Critérios de restrição e classificação para a escolha do local.

Atributos	Restrição	Valores de classificação			
		1	2	3	4
Declividade	<1% >30%	>1% e entre 25 e 30%	Entre 15 e 24%	Entre 5 e 14%	Entre 2 e 4%
Permeabilidade dos solos	-	-	Argissolo amarelo	Argissolo vermelho/ vermelho amarelo	Latossolo
Distância de cursos d'água	< 200m	-	-	Entre 200 a 500m	> 500m
Distância das rodovias	< 100m	> 2.500m	1.001 a 2.500m	Entre 101 e 300m	301 a 1.000m
Áreas naturais protegidas (Unidades de Conservação Federal, Estadual e Terras Indígenas)	Fora do perímetro	-	-	-	-

Distância dos Núcleos populacionais	< 500m	-	-	Entre 500 a 3.000m	> 3.000m
Área de segurança aeroportuária - Aeroportos	< 20.000m	-	-	-	-
Área de segurança aeroportuária- Aeródromos	< 13.000m	-	-	-	-
Áreas de risco (deslizamento, inundação e florestal aluvial)	Fora do perímetro	-	-	-	-
Distância das sedes municipais	> 20.000m	Entre 15.001 a 20.000m	Entre 10.001 a 15.000m	Entre 500 a 5.000m	Entre 5.001 a 10.000m
Distância das sedes municipais (consórcios)	> 100 km	Entre 500m e 25km	Entre 76 e 100km	Entre 51 e 75km	Entre 26 e 50km

Fonte: Acioly (2016), Carrilho, Candido e Souza (2018), Alves (2019), Dutra *et al.* (2020) e Dias e Andrade (2020).

O processamento dos dados foi realizado utilizando-se o software Qgis versão 3.28.5. Após levantamento, os dados em planilhas ou coordenadas foram transformados para o formato vetorial (.shp) e, em seguida, trabalhados utilizando a função recortar, para a obtenção de mapas vetoriais individualizados de cada critério, para a região de interesse, correspondendo aos limites dos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves. Já o mapa de declividade foi obtido através do modelo digital de elevação Alos Palsar, com a aplicação da função declividade, gerando um arquivo em formato raster (.tif).

Na sequência, todos os dados vetoriais foram convertidos ao formato raster aplicando-se valores de *pixels* igual a “0” às regiões sem restrições ou “1” às regiões que não podem receber os aterros, definidas no Quadro 2. As áreas comuns a cada uma das camadas são às áreas propícias ou aptas à instalação dos aterros (Dutra *et al.*, 2020). Para o cruzamento dessas variáveis e composição de uma única camada de restrições e de regiões aptas utilizou-se a “calculadora raster”, disponível no software, mediante a aplicação da seguinte função:

$$\text{Mapa de restrições} = (\text{critério de restrição 1}) * (\text{critério de restrição 2}) * (\text{critério de restrição 3}) * (\text{critério de restrição 4}) * (...) * (\text{critério de restrição n}) \quad (9)$$

De forma individualizada, a cada camada correspondente a um critério de seleção que possui valor de classificação (declividade, permeabilidade do solo, distância dos cursos d’água, distância das rodovias, distância dos núcleos populacionais e distância das sedes municipais)

foram aplicados os valores definidos no Quadro 2, utilizando as funções proximidade e *reclass*, resultando em novas camadas do tipo raster, com valores de *pixels* que variam de 1 a 4.

Para a aplicação da função *reclass* adotou-se as seguintes sintaxes:

Declividade:

2 thru 4 = 4

5 thru 14 = 3

15 thru 24 = 2

* = 1

Distância de cursos d'água:

200 thru 500 = 3

* = 4

Distância de rodovias

101 thru 300 = 3

301 thru 1000 = 4

1001 thru 2500 = 2

* = 1

Distância dos núcleos populacionais

500 thru 3000 = 3

* = 4

Distância das sedes municipais

500 thru 5000 = 3

5001 thru 10000 = 4

10001 thru 15000 = 2

* = 1

Ou

500 thru 25000 = 1

25001 thru 50000 = 4

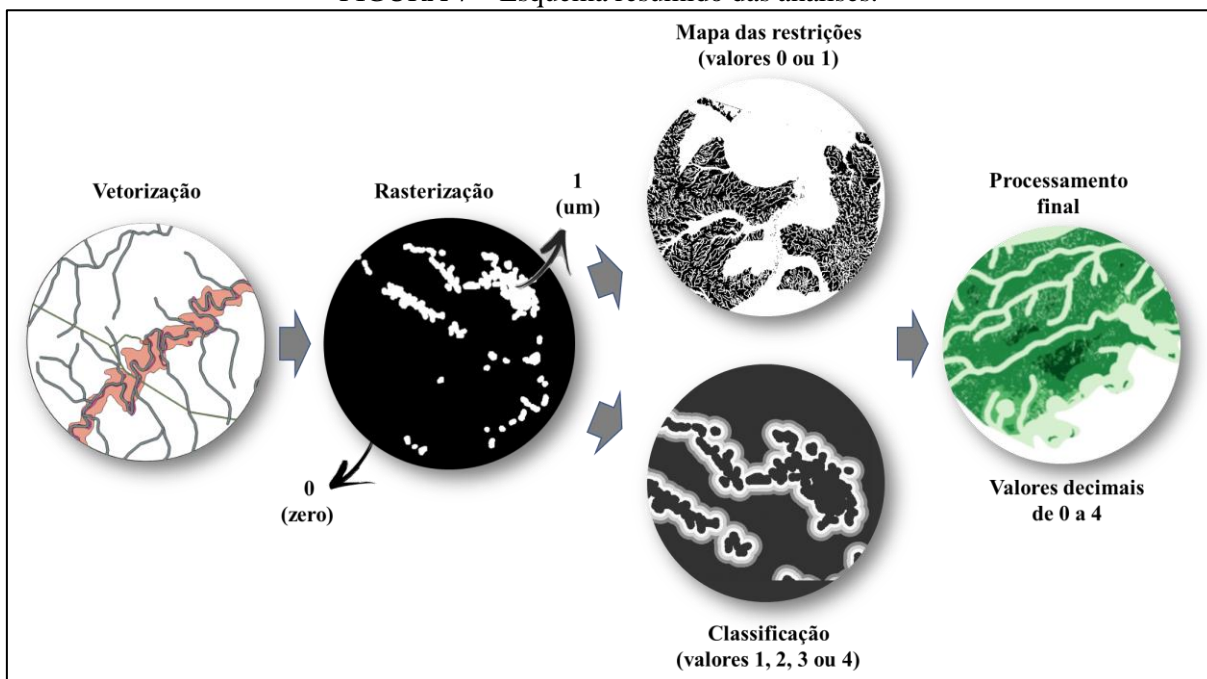
50001 thru 75001 = 3

* = 2

Para o critério de permeabilidade dos solos foram geradas camadas vetoriais individuais para cada tipo de solo fazendo-se a conversão para o formato raster, atribuindo os valores do QUADRO 2 aos pixels.

A FIGURA 7, a seguir, apresenta um esquema resumindo as análises que foram realizadas até a obtenção dos mapas de aptidão:

FIGURA 7 – Esquema resumido das análises.



Fonte: elaborado pelo autor.

O processamento final das variáveis na calculadora raster, utilizando a fórmula (10), resultou no mapa de áreas aptas à implantação dos aterros no qual os *pixels* da imagem possuem valores decimais que variam de 0 a 4, em razão do peso aplicado. Esse resultado possibilitou a delimitação e o cálculo do percentual das áreas pouco favoráveis, razoavelmente favoráveis, favoráveis e muito favoráveis sendo que as áreas muito favoráveis são as mais indicadas para a implantação dos aterros sanitários pois apresentam índice maior que 3 (três) e, portanto, atendem a maior parte dos critérios.

$$\text{Mapa das áreas aptas} = ((\text{reclassificação 1} * p^1) + (\text{reclassificação 2} * p^2) + (\text{reclassificação 3} * p^3) + (\text{reclassificação 4} * p^4) + (\text{reclassificação 5} * p^5)) * (\text{proibições} \neq 1) * (\text{limites}) \quad (10)$$

Em que:

p = peso atribuído ao critério, em valores decimais de 0,1 a 1. Para este estudo, foram adotados pesos iguais aos critérios classificáveis no valor de 0,17, à exceção do critério de permeabilidade do solo para o qual foi adotado valor igual a 0,15.

reclassificação = camadas classificadas, com a aplicação da função *reclass*.

proibições = camada de proibições.

limites = camada que contém os limites da área a ser analisada.

Na TABELA 4, a seguir, são apresentadas as classificações de acordo com os índices encontrados a partir da aplicação da fórmula:

TABELA 4 – Enquadramento final das áreas.

Classes	Índice
Áreas proibidas	0
Áreas pouco favoráveis	0,1 a 1,0
Áreas razoavelmente favoráveis	1,1 a 2,0
Áreas favoráveis	2,1 a 3,0
Áreas muito favoráveis	3,1 a 4,0

Fonte: classificação do autor.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ÁREA NECESSÁRIA À INSTALAÇÃO DOS ATERROS

Estimou-se a população total dos municípios do Estado do Acre para os próximos 20 (vinte) anos, a partir de 2022 até o ano 2041, que consiste no tempo de vida útil do aterro. A população inicial de 866.150 (oitocentos e sessenta e seis mil cento e cinquenta) habitantes em 2022, saltou para 1.132.160 (um milhão cento e trinta e dois mil cento e sessenta) habitantes, em 2041, representando um crescimento de 31%, conforme a projeção da TABELA 5.

TABELA 5 – Estimativa da população total para em 2022 e 2041, por município.

Municípios	P ₂₀₁₀ (hab.)	g	P ₂₀₂₂ (hab.)	P ₂₀₄₁ (hab.)
			$P_N = P_A * (1 + g)^t$	
Acrelândia	12.538	0,020	15.013	19.968
Assis Brasil	6.072	0,020	7.304	9.787
Brasiléia	21.398	0,020	25.873	34.948
Bujari	8.471	0,010	10.103	13.355
Capixaba	8.798	0,020	11.564	17.829
Cruzeiro do Sul	78.507	0,010	86.179	99.887
Epitaciolândia	15.100	0,020	18.120	24.183
Feijó	32.412	0,003	33.581	35.519
Jordão	6.577	0,020	8.198	11.619
Mâncio Lima	15.206	0,020	18.702	25.954
Manoel Urbano	7.981	0,010	9.287	11.806
Marechal Thaumaturgo	14.227	0,020	18.589	28.390
Plácido de Castro	17.209	0,010	19.327	23.226
Porto Acre	14.880	0,020	18.230	25.144
Porto Walter	9.176	0,020	11.812	17.617
Rio Branco	336.038	0,010	400.750	529.634
Rodrigues Alves	14.389	0,020	18.654	28.137
Santa Rosa do Purus	4.691	0,030	6.431	10.596
Sena Madureira	38.029	0,010	45.090	59.045
Senador Guiomard	20.179	0,010	22.502	26.740
Tarauacá	35.590	0,010	41.838	54.048
Xapuri	16.091	0,010	19.002	24.725
TOTAL	733.559		866.150	1.132.160

Legenda: P₂₀₁₀ = população urbana censo 2010; g = taxa de crescimento geométrica; P₂₀₄₁ = população urbana estimada para o ano 2041.

Fonte: IBGE (2011), BRASIL (2019, 2021).

Nota: Elaborado pelo autor.

Com os valores da população foi possível projetar a massa total de resíduos gerados por dia, para cada município. Os valores obtidos são apresentados no TABELA 6, a seguir:

TABELA 6 – Estimativa da geração de resíduos dos municípios do Estado do Acre, por cenário.

Cenários	M_R (kg/dia)
	$M_R = P * G_N \times C$
1 – Com base nas projeções do PGIRS Acre	921.292
2 – Massa de resíduos e taxa de cobertura do SNIS 2023, por faixa populacional	975.078
3 – Massa de resíduos e taxa de cobertura do SNIS, estimadas para o Acre	864.098

Nota: Memória de cálculo com todas as variáveis utilizadas encontra-se no APÊNDICE A à C.

Fonte: Acre (2012), Brasil (2019, 2021), IBGE (2011), SNIS (2023).

O Cenário 1 foi estimado projetando-se os dados até o ano 2041, seguindo a mesma lógica adotada no PGIRS ACRE, que estimou a geração de resíduos até o ano 2029 com e sem a implementação das metas de redução na geração de resíduos, obtendo-se a massa de resíduos gerados na ordem de 921.292 kg/dia de resíduos.

Se adotarmos esses valores como parâmetro de comparação das demais estimativas, considerando que os dados são específicos da região, validados e obtidos com ampla participação dos entes públicos e da sociedade em geral. Comparando com os cenários 2 e 3, respectivamente, teríamos uma diferença de 53.786 kg/dia (+5,8%) e 57.194 kg/dia (-6,2%) em relação ao Cenário 1, respectivamente. Nesse sentido, os dados apresentados no SNIS, tanto relativo ao Estado quanto por faixa populacional são eficazes para obtenção do volume de resíduos gerados, sendo que no Cenário 3 há uma estimativa de geração de resíduos para menos.

Destaca-se que uma estimativa apurada requer a utilização de dados precisos e mais específicos, por isso, é indispensável que os entes públicos e prestadores de serviços adotem essa rotina de geração de dados e façam a correta aferição e prestação das informações ao sistema. A exemplo, estudo de Silva *et al.* (2020) mostrou que fatores como a renda domiciliar e a geração de resíduos possuem alta correlação, representando potencial indicador para a estimativa de massa de resíduos. Tais informações são, portanto, úteis ao próprio ente público na estimativa de custos e tomada de decisão na gestão dos resíduos. O próprio SNIS menciona que os dados coletados junto aos prestadores dos serviços e entes públicos passam por um processo de análise automática e manual, para verificação das inconsistências, correções e validação das informações até a publicação final.

No Cenário 1, com a aplicação integral das metas previstas no PGIRS ACRE a partir do ano 2009, o valor estimado seria de 435.768,37 kg/dia, menos da metade do valor obtido sem a redução, Tabela 7. Atualmente, o plano vem passando por um processo de revisão previsto na legislação, e é provável que após essa fase sejam divulgados os valores reais alcançados. Se considerarmos, então, que as metas ainda não estão sendo cumpridas e tomando

como ponto de partida a geração em 2021, fazendo a projeção das metas para os próximos 20 anos, tem-se ao final um valor estimado em 664.751,40 conforme TABELA 7, abaixo:

TABELA 7 – Estimativas de massa de resíduos, do volume total acumulado e de área necessária à implantação dos aterros com base nos dados do PGIRS ACRE.

Estado	M _R (kg/dia)	V _{TA} (m ³)
TOTAL PGIRS (sem metas de redução)	921.292	9.594.247
TOTAL PGIRS/AC (com metas de redução a partir de 2022)	664.751	7.637.224
TOTAL PGIRS/AC (com metas de redução a partir de 2009)	435.768	5.006.474

Legenda: M_R = Massa de resíduos (kg/dia); V_{TA} = Volume total acumulado em 20 anos; A_T = Área necessário à implantação do aterro para os 20 anos; h = altura da vala do aterro.

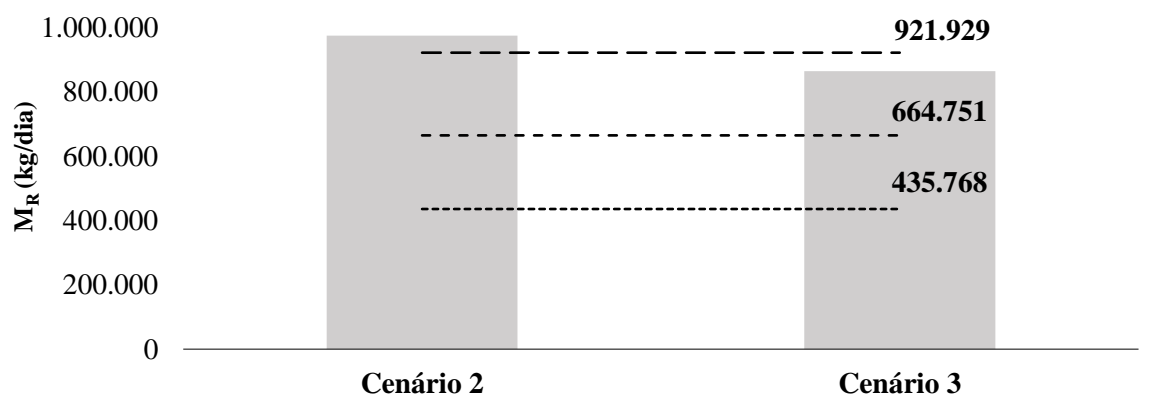
Nota: As projeções com base no PGIRS Acre encontram-se nos APÊNDICE D a F.

Nota: Elaborado pelo autor.

Fonte: Acre (2012).

A FIGURA 8, abaixo, apresenta um comparativo dos Cenários 2 e 3 com os valores constantes na Tabela 7, que são referentes ao Cenário 1.

FIGURA 8 – Comparativo dos cenários de estimativa de geração de resíduos em 2041.



----- PGIRS/AC com metas — — — PGIRS/AC sem metas - - - - PGIRS/AC com metas 2022

Fonte: elaborado pelo autor.

A aplicação do cronograma de metas previsto no PGIRS ACRE, no intervalo de 33 anos diminui a geração de resíduos em 43%. Em 20 anos, com a implementação das metas a partir de 2022, essa redução é de 28%. Há a necessidade de esforço na aplicação das metas e na implementação dos processos previstos na Política, tais como a coleta seletiva, a reciclagem, a reutilização, a compostagem e a logística reversa dos resíduos, de modo que o volume a ser destinado aos aterros seja mínimo (Silva, *et al.*, 2020, Silva *et al.*, 2012).

É necessário a sensibilização do setor público, as indústrias, os estabelecimentos comerciais e até mesmo a sociedade em geral para a adoção de medidas de redução e não geração dos rejeitos através da educação ambiental, por exemplo, de modo que as ações resultem em menores áreas, que demandem menos custos e reduzam a degradação ambiental pela atividade dos aterros, em consonância com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Barbosa *et al.*, 2020). Para que a redução estimada seja consolidada, análises de indicadores relacionados ao perfil social da população, tais como: renda, educação, faixa etária, infraestrutura, entre outros, são cruciais para direcionar a coleta e destinação eficiente dos resíduos sólidos (Silva *et al.*, 2012; Sulkowski; White, 2016; Lima *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2020).

TABELA 8 – Estimativa da massa de resíduos, volume acumulado e área necessária à implantação dos aterros sanitários nos municípios do Estado do Acre, com base no Cenário 2.

Municípios	M _R (kg/dia)	V _{TA} (m³)	A _T (ha)				
			1m	2m	3m	4m	5m
Acrelândia	13.179	125.599	16,33	8,16	5,44	4,08	3,27
Assis Brasil	6.460	61.348	7,98	3,99	2,66	1,99	1,60
Bujari	8.814	84.251	10,95	5,48	3,65	2,74	2,19
Capixaba	11.767	104.669	13,61	6,80	4,54	3,40	2,72
Epitaciolândia	15.961	151.865	19,74	9,87	6,58	4,94	3,95
Jordão	7.668	70.926	9,22	4,61	3,07	2,31	1,84
Mâncio Lima	17.130	160.013	20,80	10,40	6,93	5,20	4,16
Manoel Urbano	7.792	75.877	9,86	4,93	3,29	2,47	1,97
Marechal Thaumaturgo	18.737	167.399	21,76	10,88	7,25	5,44	4,35
Plácido de Castro	15.329	153.357	19,94	9,97	6,65	4,98	3,99
Porto Acre	16.595	155.468	20,21	10,11	6,74	5,05	4,04
Porto Walter	11.627	105.021	13,65	6,83	4,55	3,41	2,73
Rodrigues Alves	18.570	166.862	21,69	10,85	7,23	5,42	4,34
Santa Rosa do Purus	6.993	60.343	7,84	3,92	2,61	1,96	1,57
Xapuri	16.319	157.149	20,43	10,21	6,81	5,11	4,09
SUBTOTAL PEQUENO PORTE	192.941	1.800.147	234,01	117,01	78,00	58,50	46,81
Brasiléia	29.120	249.123	32,39	16,19	10,80	8,10	6,48
Cruzeiro do Sul	83.229	847.363	110,16	55,08	36,72	27,54	22,03
Feijó	29.595	315.151	40,97	20,48	13,66	10,24	8,19
Rio Branco	525.302	5.021.415	652,78	326,39	217,59	163,20	130,56
Sena Madureira	49.198	472.349	61,41	30,70	20,47	15,35	12,28
Senador Guiomard	20.657	206.394	26,83	13,42	8,94	6,71	5,37
Tarauacá	45.034	435.173	56,57	28,29	18,86	14,14	11,31
SUBTOTAL MÉDIO E GRANDE PORTE	782.135	7.546.968	981,11	490,55	327,04	245,28	196,22
TOTAL	975.078	9.347.115	1.215,12	607,56	405,04	303,78	243,02

Legenda: M_R = Massa de resíduos (kg/dia); V_{TA} = Volume total acumulado em 20 anos; A_T = Área necessário à implantação do aterro para os 20 anos; 1m a 5m referem-se à profundidade das valas do aterro, variável h.

Fonte: Acre (2022), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011), SNIS (2023).

Nota: elaborado pelo autor.

A estimativa da área necessária à implantação dos aterros sanitários nos municípios e nas regiões de consórcio, essa só é possível a partir do conhecimento do volume total acumulado de resíduos coletados para cada ente. Assim, considerando a similaridade dos cenários e considerando que as projeções do Cenário 1, são para o Estado de forma geral, não abrangendo os municípios de forma individualizada, optou-se por utilizar a estimativa com maior valor de massa e menor percentual de diferença em relação ao Cenário 1, para o cálculo das áreas totais requeridas por cada município para instalação dos aterros sanitários e, desse modo, estabelecer os valores por regiões de consórcios, TABELA 8 TABELA 8, acima. As memórias de cálculo com estimativa da população e do volume de resíduos acumulados nos 20 anos, considerando o Cenário 2, são apresentadas nos APÊNDICE G a BB.

Com base na massa diária coletada, os municípios de Acrelândia, Assis Brasil, Bujari, Capixaba, Epitaciolândia, Jordão, Mâncio Lima, Manoel Urbano, Marechal Thaumaturgo, Plácido de Castro, Porto Acre, Porto Walter, Rodrigues Alves, Santa Rosa do Purus e Xapuri se enquadraram em pequeno porte. Já os aterros sanitários de Brasiléia, Cruzeiro do Sul, Feijó, Sena Madureira, Senador Guimard e Tarauacá classificaram-se como médio porte e somente a capital Rio Branco, com aterro de grande porte, segundo as estimativas.

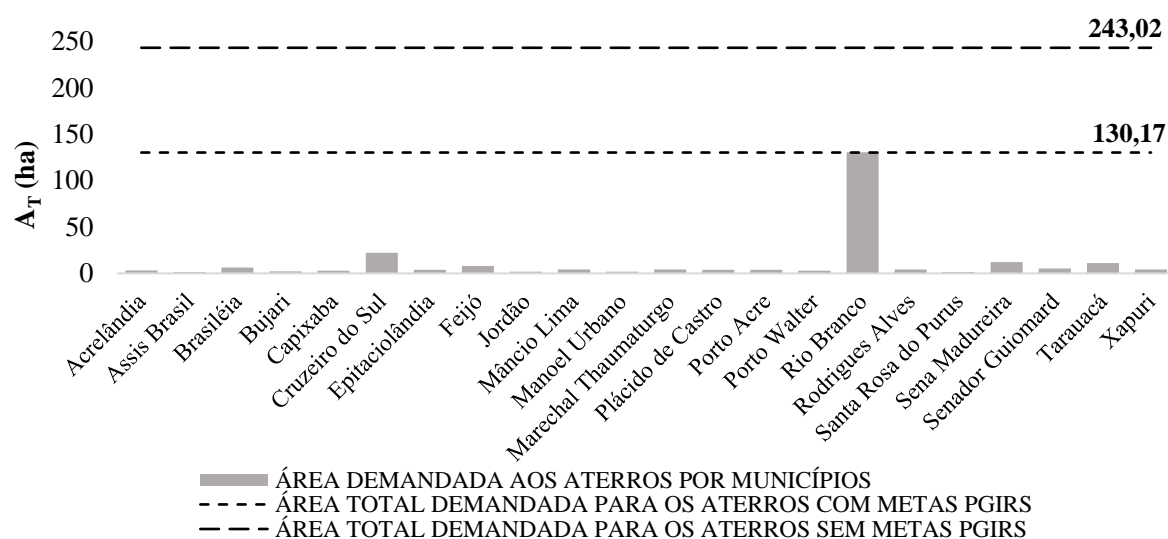
O volume total estimado de resíduos a serem dispostos nos aterros sanitários, acumulados ano a ano, foi de 9.347.115m³. Dessa forma, a área necessária a implantação dos aterros que atenda a todo o Estado, a depender dos aspectos físicos do local, como já mencionado, sobretudo, com relação à profundidade do lençol freático será de 1.215,12 ha considerando a pior das hipóteses, ou seja, valas com profundidade de um metro. Já com a altura máxima de cinco metros prevista na Resolução CEMAF, para aterros de pequeno porte, a área necessária ao aterro reduz consideravelmente para 243,02 ha, aos municípios atendidos pela Resolução. Para fins de comparação, foram adotadas as mesmas profundidades a todos os aterros, no entanto, aos municípios cujos aterros ficaram enquadrados como médio a grande porte, mediante estudos e viabilidade, os resíduos podem ser dispostos acima das valas em camadas, dessa forma, a altura máxima de recolhimento dos resíduos pode ser superior a cinco metros, reduzindo-se a área demandada para o aterro.

A escolha do local apropriado é essencial para mitigação dos níveis de degradação ambiental causado por aterros (Vilhena, 2018; Guevara *et al.*, 2017), pois quanto maior a profundidade do lençol freático mais profunda poderá ser a altura das valas destinadas aos resíduos e, por consequência, menor o espaço requerido. Nos casos em que há redução no

volume de resíduos a serem depositados com a implantação dos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, pode-se ter como resultado o aumento da vida útil do aterro.

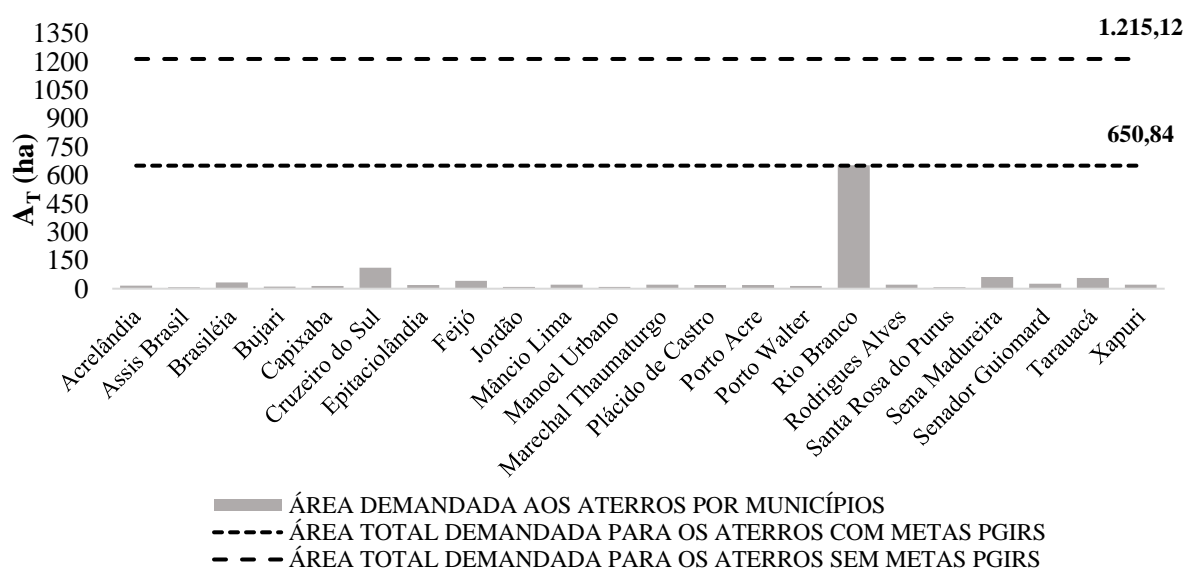
Devido ao tamanho das populações, a área demandada para os aterros é maior nos municípios de Rio Branco, Cruzeiro do Sul, Sena Madureira e Tarauacá tanto considerando valas de cinco ou de um metro, conforme FIGURAS 9 e 10:

FIGURA 9 – Comparativo das áreas totais demandadas para os aterros, para cada município, considerando a profundidade de 5m das valas.



Fonte: dados processados pelo autor.

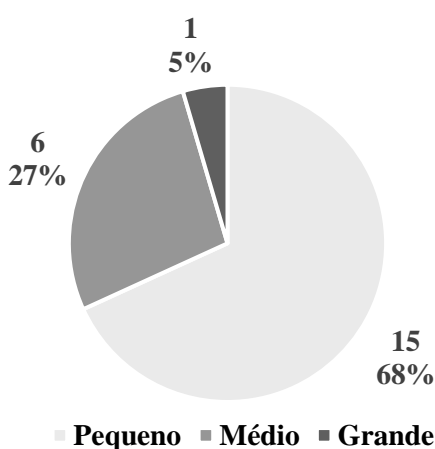
FIGURA 10 – Comparativo das áreas totais demandadas para os aterros para cada município, considerando a profundidade de 1m das valas.



Fonte: dados processados pelo autor.

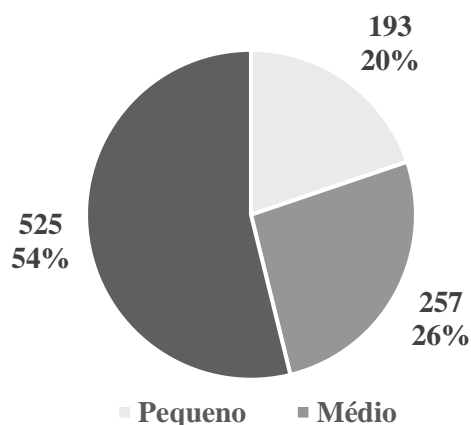
Nota-se que o município de Rio Branco, sozinho, é responsável por pouco mais da metade da área demandada aos aterros do Acre cuja área equipara-se à área total demandada pelo Estado, caso estivessem sendo aplicadas integralmente as metas de redução previstas no PGIRS ACRE, sendo o único município do que possui geração diária maior que 100 ton./dia. Em termos percentuais, a capital responde por 54% da área total requerida para os aterros, conforme FIGURAS 11 e 12.

FIGURA 11 – Categorias de porte dos aterros sanitários em razão da quantidade de municípios enquadrados.



Fonte: elaborado pelo autor

FIGURA 12 – Categorias de porte dos aterros sanitários em razão da massa de resíduos coletada.



Fonte: elaborado pelo autor

Verifica-se que a maior parte dos municípios, 68%, são de pequeno porte que, no entanto, são responsáveis por pouco mais de 1/5 de todo o resíduo coletado. Outros seis municípios de médio porte totalizam em conjunto 26% da massa coletada: Brasiléia, Cruzeiro

do Sul, Feijó, Senador Guiomard, Tarauacá e Xapuri. A categoria “Grande porte”, que tem como único município a capital Rio Branco, responde por 54% da massa coletada.

6.2 ÁREA DOS ATERROS PARA OS CONSÓRCIOS

O conhecimento acerca do volume total de resíduos produzidos é essencial para a implantação adequada dos aterros, possibilitando avaliar os custos, a disponibilidade de local e a viabilidade da participação e implantação do consórcio de modo que a operação destes não incorra em problemas futuros à gestão pública.

A demanda da área necessária à implantação dos aterros por regiões de consórcio só é possível conhecendo a geração e a demanda individual de cada ente. Em razão da proximidade dos municípios e considerando aqueles que podem ter a disposição em um raio de interseção de 100 km, tem-se as seguintes conformações de consórcio, conforme TABELA 9.

TABELA 9 – Projeção da área necessária à implantação dos aterros para atender aos consórcios.

Con-sórcio	Municípios	M _R (kg/dia)	V _{TA} (m³)	A _T (ha)				
				1m	2m	3m	4m	5m
1	Acrelândia	13.179	125.599	16,33	8,16	5,44	4,08	3,27
	Bujari	8.814	84.251	10,95	5,48	3,65	2,74	2,19
	Capixaba	11.767	104.669	13,61	6,80	4,54	3,40	2,72
	Plácido de Castro	15.329	153.357	19,94	9,97	6,65	4,98	3,99
	Porto Acre	16.595	155.468	20,21	10,11	6,74	5,05	4,04
	Rio Branco	525.302	5.021.415	652,78	326,39	217,59	163,20	130,56
	Senador Guiomard	20.657	206.394	26,83	13,42	8,94	6,71	5,37
TOTAL DO CONSÓRCIO 1		611.643	5.851.153	760,65	380,33	253,55	190,16	152,14
2	Assis Brasil	6.460	61.348	7,98	3,99	2,66	1,99	1,60
	Brasiléia	29.120	249.123	32,39	16,19	10,80	8,10	6,48
	Epitaciolândia	15.961	151.865	19,74	9,87	6,58	4,94	3,95
	Xapuri	16.319	157.149	20,43	10,21	6,81	5,11	4,09
TOTAL DO CONSÓRCIO 2		67.860	619.485	80,54	40,26	26,85	20,14	16,12
3	Manoel Urbano	7.792	75.877	9,86	4,93	3,29	2,47	1,97
	Sena Madureira	49.198	472.349	61,41	30,70	20,47	15,35	12,28
TOTAL DO CONSÓRCIO 3		56.990	548.226	71,27	35,63	23,76	17,82	14,25
4	Feijó	29.595	315.151	40,97	20,48	13,66	10,24	8,19
	Tarauacá	45.034	435.173	56,57	28,29	18,86	14,14	11,31
TOTAL DO CONSÓRCIO 4		74.629	750.324	97,54	48,77	32,52	24,38	19,5
5	Cruzeiro do Sul	83.229	847.363	110,16	55,08	36,72	27,54	22,03
	Mâncio Lima	17.130	160.013	20,80	10,40	6,93	5,20	4,16
	Rodrigues Alves	18.570	166.862	21,69	10,85	7,23	5,42	4,34
TOTAL DO CONSÓRCIO 5		118.929	1.174.238	152,65	76,33	50,88	38,16	30,53

Legenda: M_R = Massa de resíduos (kg/dia); V_{TA} = Volume total acumulado em 20 anos; A_T = Área necessário à implantação do aterro para os 20 anos; h = altura da vala do aterro.

Nota: As projeções de geração de resíduos com base no PGIRS Acre encontram-se nos APÊNDICE G a BB.

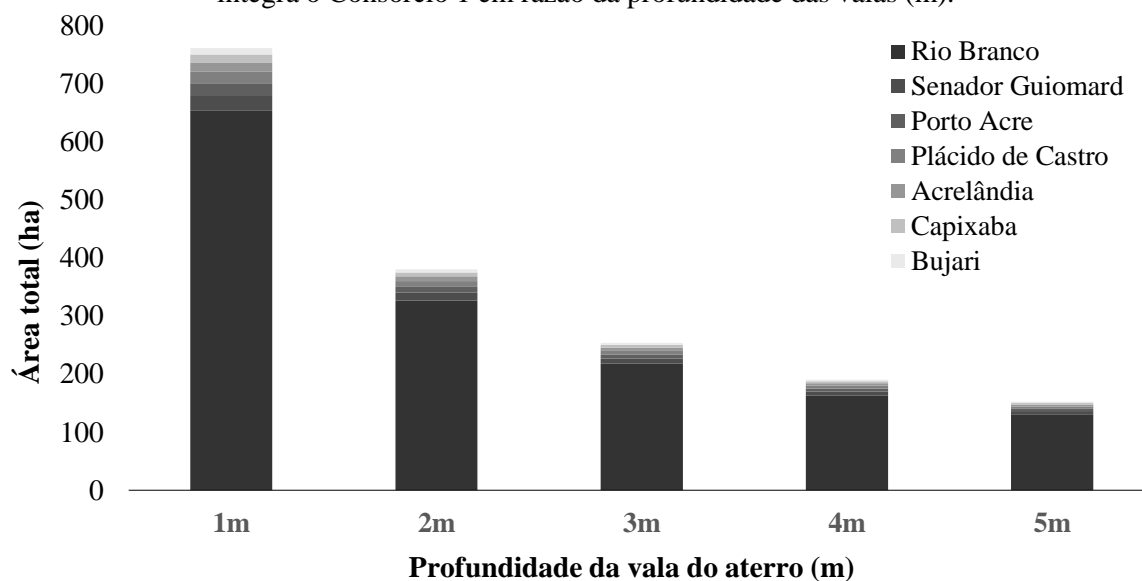
Fonte: Acre (2022), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011), SNIS (2023).

O Consórcio 1 que atende aos municípios de Acrelândia, Bujari, Capixaba, Plácido de Castro, Porto Acre, Rio Branco e Senador Guiomard é o que demanda maior área de aterro, sobretudo, em razão do volume de resíduos gerados pelo município de Rio Branco. Os demais Consórcios 2, 3, 4 e 5 que atendem a exatamente metade dos municípios do Estado, representam 33% da demanda de área em relação ao total. Não se enquadraram na formação dos consórcios, os municípios isolados do Estado do Acre: Jordão, Marechal Thaumaturgo, Porto Walter e Santa Rosa do Purus, devido as distâncias entre os municípios e condições de acesso.

O Consórcio 5, que irá atender a Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves, objetos de análise do tópico a seguir, demandou uma área mínima de 30,53 ha e máxima de 152,65, a depender da área escolhida e da profundidade das valas, para disposição de um volume acumulado de resíduos na ordem de 1.174.238m³. Para eficiência no gerenciamento, é necessário aprofundamento na temática considerando as dificuldades operacionais, mas associando fatores favoráveis à redução da geração, como por exemplo os ganhos financeiros que podem ser obtidos por meio da reciclagem, em razão do volume produzido no consórcio (Ventura; Suquizaqui, 2020; Fernandes *et al.*, 2020).

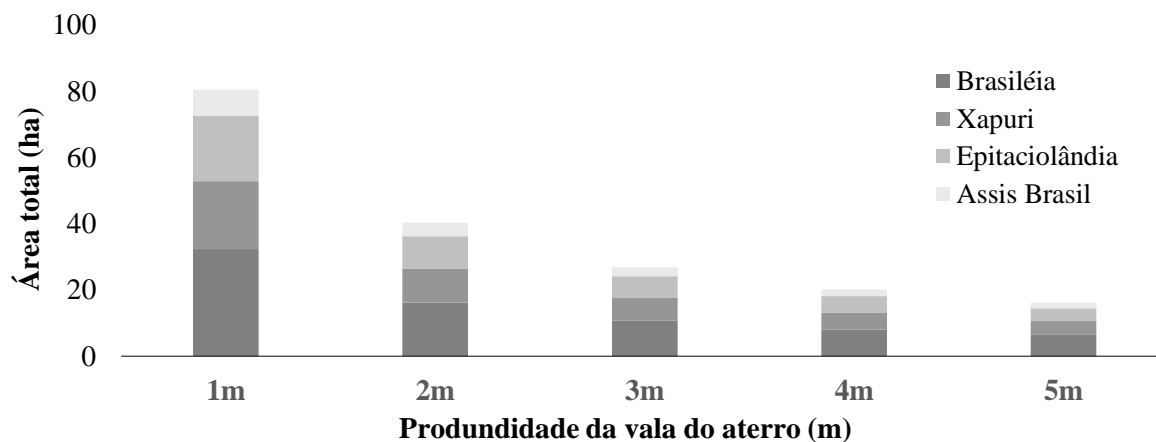
Como já mencionado anteriormente, os aterros de médio e grande porte podem ter alturas de disposição dos resíduos maiores que cinco metros, em conformidade com o projeto. Os municípios que apresentaram maior participação na demanda das áreas dos aterros no âmbito dos consórcios nos quais estão inseridos são: Cruzeiro do Sul, Rio Branco e Sena Madureira, FIGURAS 13 a 17.

FIGURA 13 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 1 em razão da profundidade das valas (m).



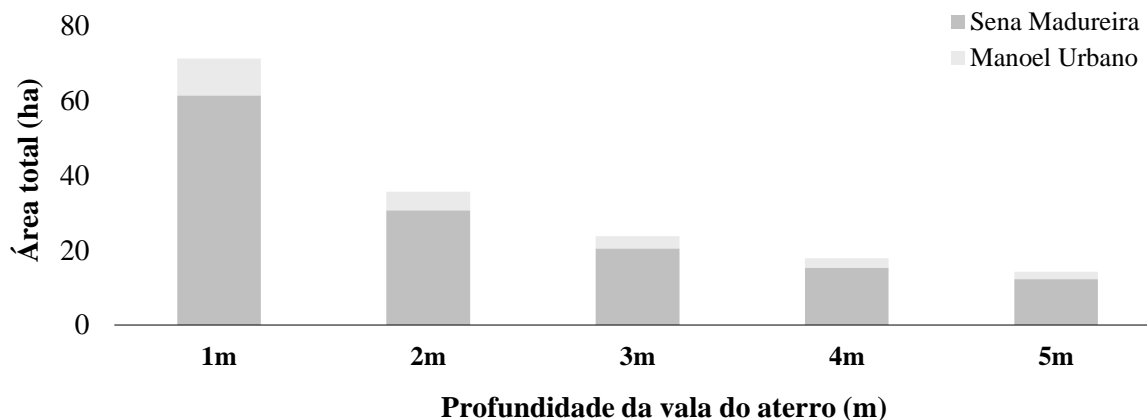
Fonte: elaborado pelo autor

FIGURA 14 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 2, em razão da profundidade das valas (m).



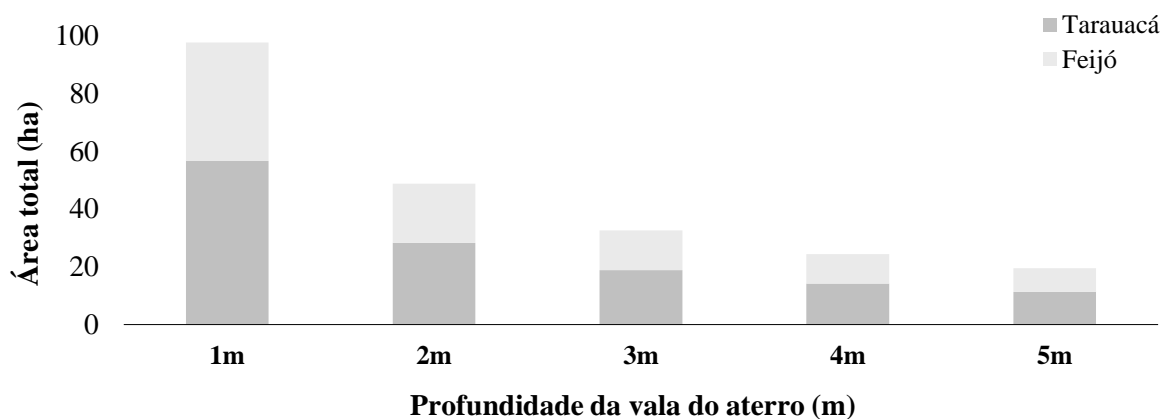
Fonte: elaborado pelo autor

FIGURA 15 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 3 em razão da profundidade das valas (m).



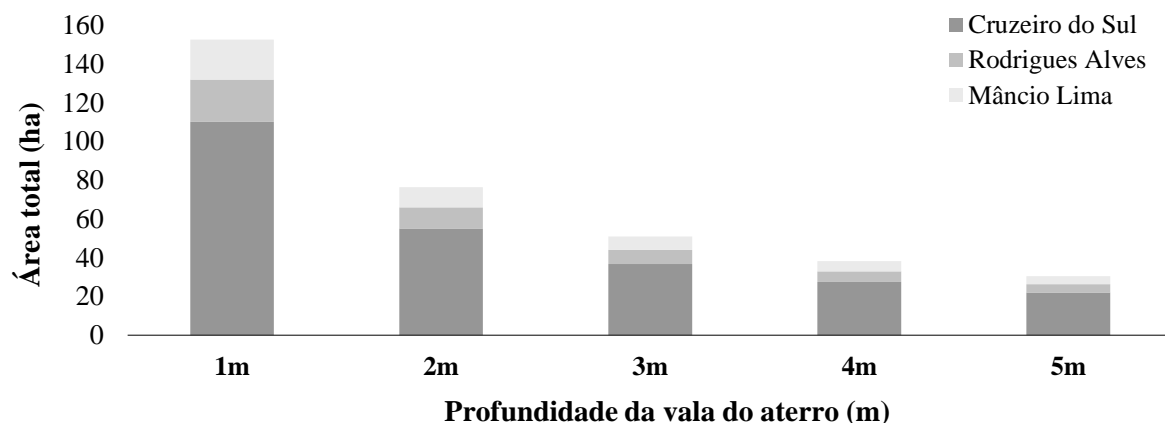
Fonte: elaborado pelo autor

FIGURA 16 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 4 em razão da profundidade das valas (m).



Fonte: elaborado pelo autor

FIGURA 17 – Comparativo das áreas dos aterros sanitários, demandada por cada município que integra o Consórcio 5 em razão da profundidade das valas (m).

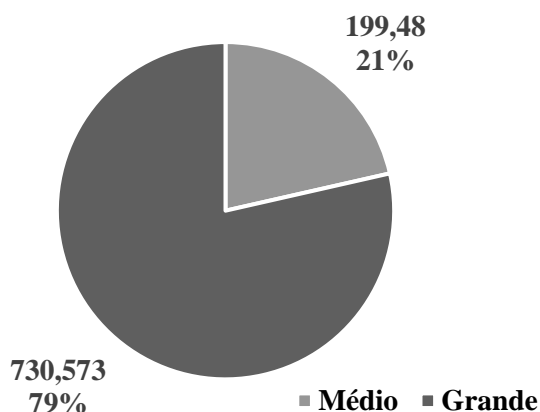


Fonte: elaborado pelo autor

No consórcio 1 é possível verificar a grande representatividade da capital Rio Branco e das cidades com maior população, como Sena Madureira e Cruzeiro do Sul em relação aos demais, FIGURAS 13, 15 e 17. Esta é uma questão importante na divisão de custos e participação no consórcio, pois municípios ou regiões com maior contribuição devem ter maior responsabilidade (Casellato, 2023). Para que consórcios, como esses, tenham sucesso em sua execução é essencial adotar ações que envolvam a sociedade como corresponsáveis no processo além da implementação de atividades auxiliares que resultem em ganhos financeiros, como reaproveitamento energético, biogás, reciclagem, reuso da água, entre outros (Dalmo *et al.*, 2019; Piterman *et al.*, 2016; Matos; Dias, 2011).

Já considerando a classificação pelo porte, são 2 (dois) aterros de grande porte (40%) e 3 (três) aterros de médio porte (60%). Em termos de massa, os aterros de grande porte respondem por quase 80% do total coletado, conforme FIGURA 18.

FIGURA 18 – Categorias de porte dos aterros sanitários em razão da massa de resíduos produzida.



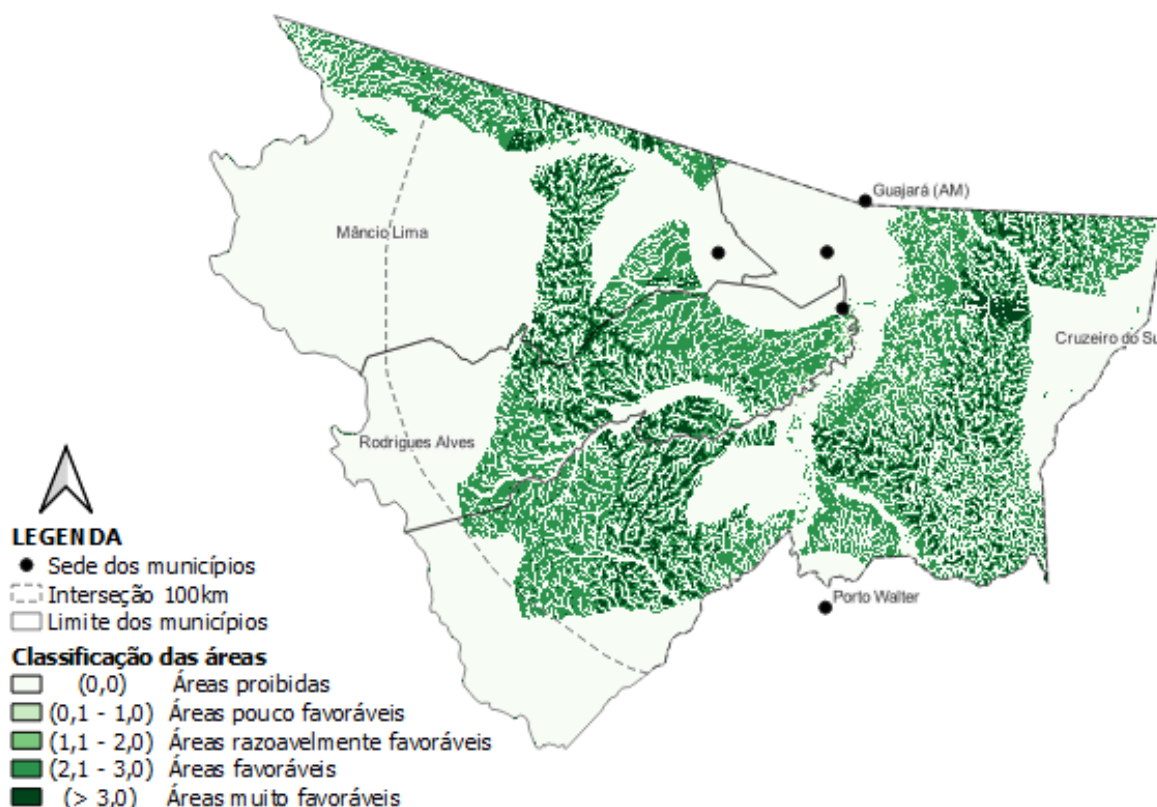
Fonte: elaborado pelo autor.

6.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM APTIDÃO AOS ATERROS NOS MUNICÍPIOS DE CRUZEIRO DO SUL, MÂNCIO LIMA E RODRIGUES ALVES

A seguir são apresentados os resultados da aplicação da análise multicritérios associadas às ferramentas de geoprocessamento, para geração dos mapas das áreas com melhor aptidão para a implantação dos aterros sanitários de forma isolada, a cada município, comparando com os resultados para um provável consórcio entre os entes.

A FIGURA 19 apresenta o resultado do processamento realizado com o uso do Software QGis 3.28.5 para os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves de forma conjunta, em consórcio.

FIGURA 19 – Resultado do processamento para um provável consórcio entre os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves.



Nota: imagem em tamanho ampliado no APÊNDICE CC.

Fonte: elaborado pelo autor.

Na TABELA 10 são demonstrados os percentuais das áreas proibidas e aptas para a construção dos aterros levando-se em considerando os critérios mencionados. As áreas e os percentuais foram calculados considerando um raio de interseção entre os 3 (três) municípios de no máximo 100 km e também considerando a extensão total dos entes em conjunto.

TABELA 10 – Percentual de áreas para o consórcio entre Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves.

Índice	Descrição	Interação 100 km		Área Total	
		ha	%	ha	%
0	Áreas proibidas	868.170,00	62,86	1.194.817,00	69,06
0,1 – 1,0	Áreas pouco favoráveis	-	-	-	-
1,1 – 2,0	Áreas razoavelmente favoráveis	110.815,00	8,02	116.128,00	6,71
2,1 – 3,0	Áreas favoráveis	401.519,00	29,07	418.438,00	24,19
3,1 – 4,0	Áreas muito favoráveis	717,00	0,05	717,00	0,04
TOTAL		1.381.221,00	100,00	1.730.100,00	100,00

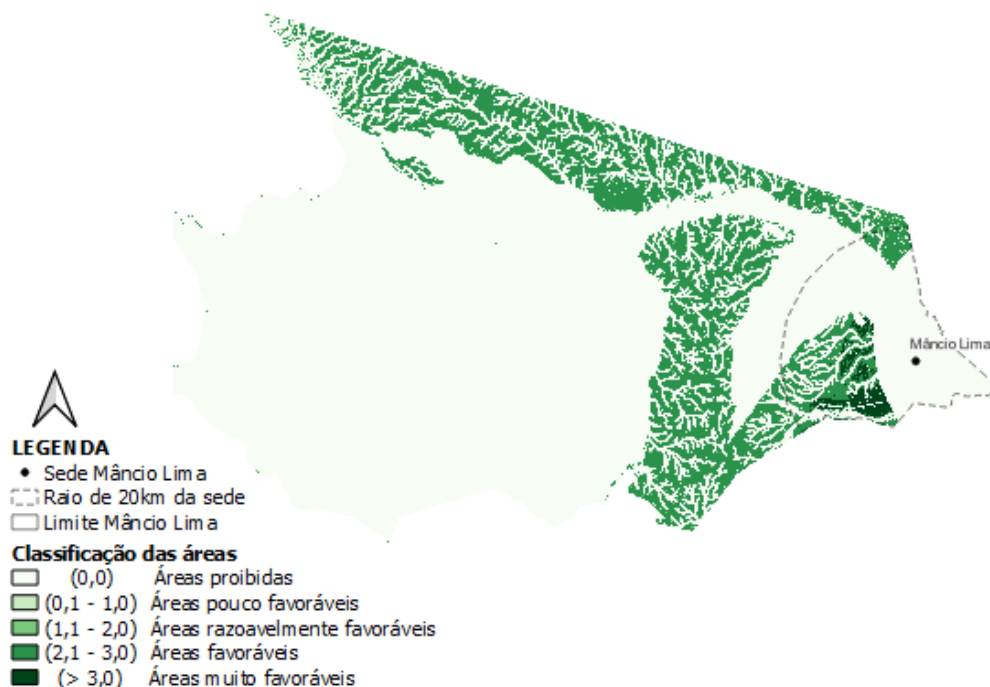
Fonte: processado pelo autor.

Observa-se que mais que 60% da área compreendida nesse intervalo de 100 km, são áreas proibidas pela legislação para instalação dos aterros sanitários e apenas 0,05% são áreas muito favoráveis, que atendem a maior parte dos critérios, representando 717 ha. Quando se considera a extensão total dos municípios, o percentual de áreas proibidas sobe para quase 70%. Já em relação as áreas muito favoráveis, o valor permanece o mesmo de 717 ha, indicando que as melhores áreas se concentram próximas aos municípios.

Apesar da pequena representatividade, o total de áreas classificadas como muito favoráveis, para essa metodologia, comporta perfeitamente a maior área máxima necessária ao consórcio, que é de 152,65 ha. Destaca-se que, análises mais aprofundadas precisam ser realizadas e são importantes para identificar se as áreas compatíveis são contíguas, verificar o tipo de uso atual do solo, as condições de acesso, bem como a realização dos estudos físicos, como de levantamento da profundidade do lençol freático, por exemplo. A apropriação dos dados e informações disponíveis para verificação da melhor alternativa a ser empregada também é essencial para garantia da saúde humana e qualidade ambiental.

As FIGURAS 20, 21 e 22, a seguir, se referem ao resultado das análises realizadas para os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves, de forma isolada sem a participação em consórcio. Para esses, foi avaliado o percentual de áreas aptas à implantação dos aterros considerando a extensão total de cada município e considerando uma distância máxima de 20km a partir de suas sedes municipais.

FIGURA 20 – Resultado do processamento na área de estudo do Município de Mâncio Lima.



Nota: imagem em tamanho ampliado no APÊNDICE EE.

Fonte: processado pelo autor.

TABELA 11 – Perfil das áreas no município de Mâncio Lima.

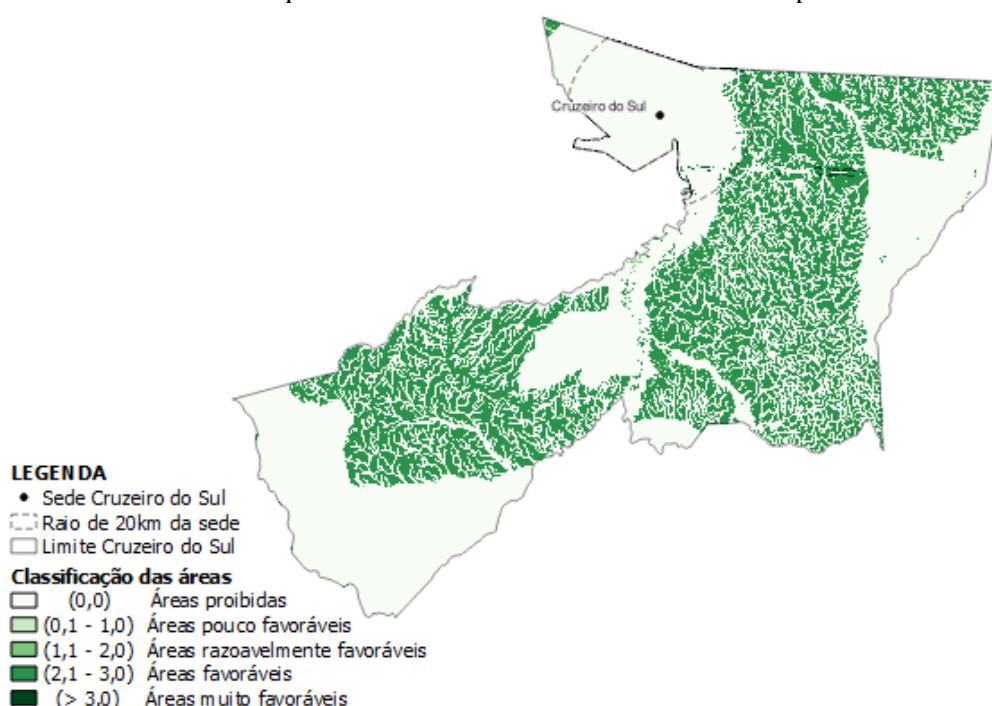
Índice	Descrição	Raio de 20 km		Área total	
		ha	%	ha	%
0	Áreas proibidas	42.791,52	75,1775	439.807,33	80,7704
0,1 – 1,0	Áreas pouco favoráveis	-	-	0,51	0,0001
1,1 – 2,0	Áreas razoavelmente favoráveis	2.554,38	4,4876	64.813,41	11,9029
2,1 – 3,0	Áreas favoráveis	11.070,35	19,4488	39.390,07	7,2340
3,1 – 4,0	Áreas muito favoráveis	504,37	0,8861	504,37	0,0926
TOTAL		56.920,62	100,0000	544.515,69	100,0000

Fonte: processado pelo autor.

Como se observa na FIGURA 2020 e TABELA 11 11, do total de 544.515,69 ha que dispõe o município de Mâncio Lima, cerca 75% das áreas são proibidas para a instalação do aterro, em um raio máximo de 20 km da sede de Mâncio Lima, considerada uma região mais indicada para a atividade em decorrência dos custos. No entanto, considerando a área total do município esse percentual sobe para 80% de áreas proibidas com apenas 0,09% desse total classificada como áreas muito favoráveis. A área máxima necessária à implantação do aterro corresponde a menos que 5% da área total muito favorável, que é de 504,37 ha.

A FIGURA 2121, abaixo, apresenta o resultado do processamento para o município de Cruzeiro do Sul.

FIGURA 21 – Resultado do processamento na área de estudo do município de Cruzeiro do Sul.



Nota: imagem em tamanho ampliado no APÊNDICE DD.

Fonte: processado pelo autor.

TABELA 12 – Perfil das áreas no município de Cruzeiro do Sul.

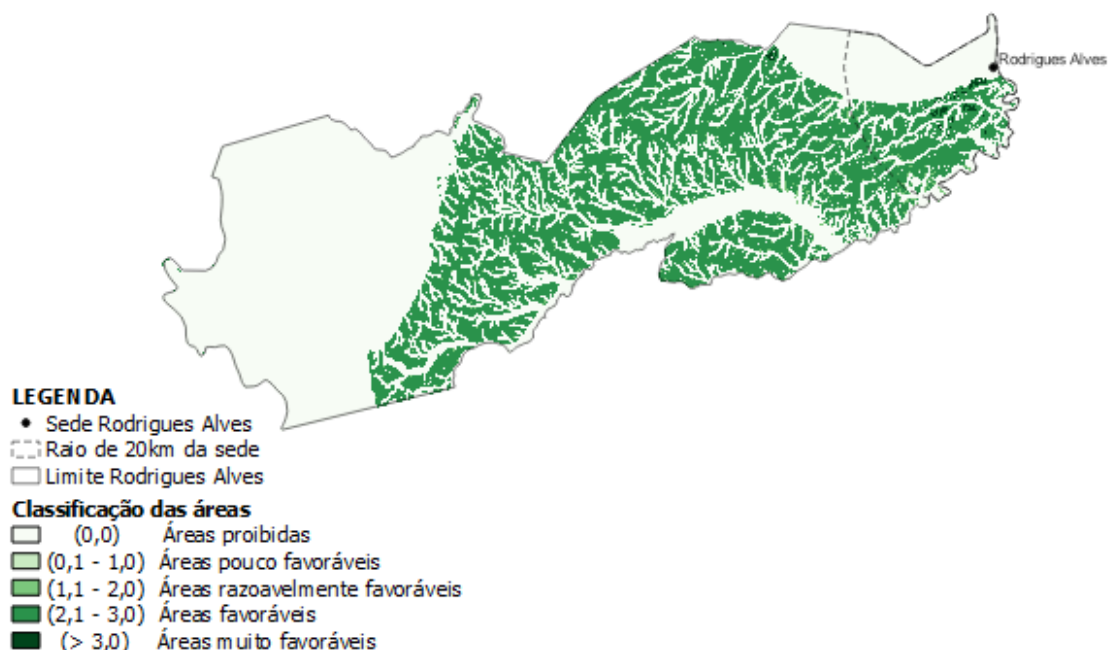
Índice	Descrição	Raio de 20 km		Área total	
		ha	%	ha	%
0	Áreas proibidas	81.137,875	94,1979	561.286,94	63,9315
0,1 – 1,0	Áreas pouco favoráveis	-	-	-	-
1,1 – 2,0	Áreas razoavelmente favoráveis	2.256,125	2,6193	222.994,16	25,3994
2,1 – 3,0	Áreas favoráveis	2.741,578	3,1829	93.669,45	10,6691
3,1 – 4,0	Áreas muito favoráveis	-	-	-	-
TOTAL		86.135,578	100,00	877.950,55	100,0000

Fonte: dados processados pelo autor.

Quanto ao município de Cruzeiro do Sul a situação evidenciada é diferente, na faixa de 20 km da sede do município, quase 95% são áreas proibidas para implantação dos aterros, sem contar que não foram identificadas áreas muito favoráveis para a implantação dos aterros sanitários no município de Cruzeiro do Sul, ou seja, aquelas que atendem em maior grau os critérios analisados, com índice acima de 3 (três) e por consequência as mais recomendadas. Apenas áreas razoavelmente favoráveis e favoráveis foram encontradas, com a metodologia empregada, conforme TABELA 12, acima. Em relação a área total do município, o percentual de áreas proibidas reduz para 63%. Dias e Andrade (2020) encontraram resultado semelhante em seu estudo, para o município de Diamantina, identificando que 99,11% das áreas do município são restritas à alocação dos aterros devido às condições ambientais e legais.

Nas FIGURA 22 e TABELA 13, abaixo, é apresentado o resultado do processamento para o município de Rodrigues Alves.

FIGURA 22 – Resultado do processamento na área de estudo do município de Rodrigues Alves.



Nota: imagem em tamanho ampliado no APÊNDICE FF.

Fonte: elaborado pelo autor.

TABELA 13 – Perfil das áreas no município de Rodrigues Alves.

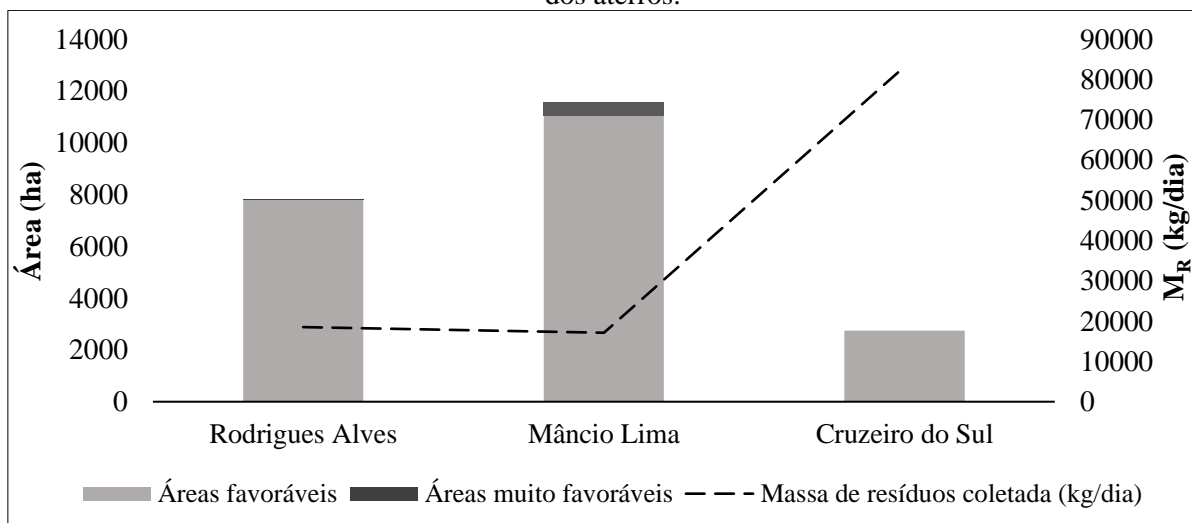
Índice	Descrição	Raio de 20 km		Área total	
		ha	%	ha	%
0	Áreas proibidas	21.873,02	62,1856	193.701,59	62,9705
0,1 – 1,0	Áreas pouco favoráveis	-	-	-	-
1,1 – 2,0	Áreas razoavelmente favoráveis	5496,05	15,6254	66.389,34	21,5825
2,1 – 3,0	Áreas favoráveis	7.799,77	22,1750	47.510,91	15,4453
3,1 – 4,0	Áreas muito favoráveis	4,92	0,0140	4,92	0,016
TOTAL		35.173,75	100,0000	307.606,77	100,0000

Fonte: processado pelo autor.

Como se observa na FIGURA 2222 e TABELA 1313, tanto em relação à área total quanto ao raio de 20 km, o percentual de áreas proibidas fica em torno de 60%. Há um total de 4,92 ha de áreas muito favoráveis à instalação dos aterros que comporta somente a demanda mínima da área para o aterro de 4,34 ha, para valas com profundidade de cinco metros.

No FIGURA 23 é possível comparar a relação entre a massa de resíduos coletada diariamente com a extensão de áreas favoráveis à instalação dos aterros:

FIGURA 23 – Relação entre a massa de resíduos diária coletada com as áreas favoráveis à instalação dos aterros.

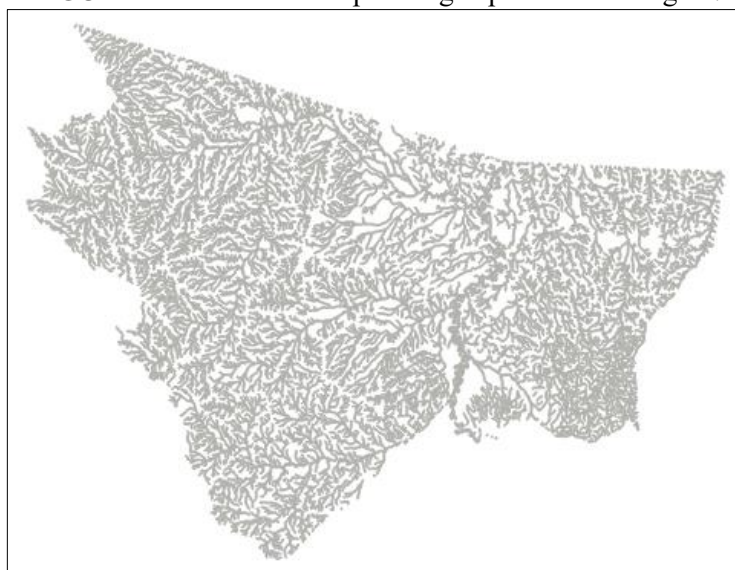


Fonte: elaborado pelo autor.

A Análise da figura demonstra que não há proporção em relação à massa diária de resíduos com a extensão total das áreas disponíveis aos aterros. Pelo contrário, o município de Cruzeiro do Sul, que apresenta maior massa é o menor em disponibilidade de áreas aptas aos aterros. O resultado condiz com as conclusões de Luz *et al.* (2017) de que o maior desafio dos grandes centros urbanos diz respeito à falta de espaços.

Nas FIGURAS 24 a 29 são apresentadas as representatividades de cada critérios de restrição à implantação dos aterros em relação a área total dos 3 (três) municípios.

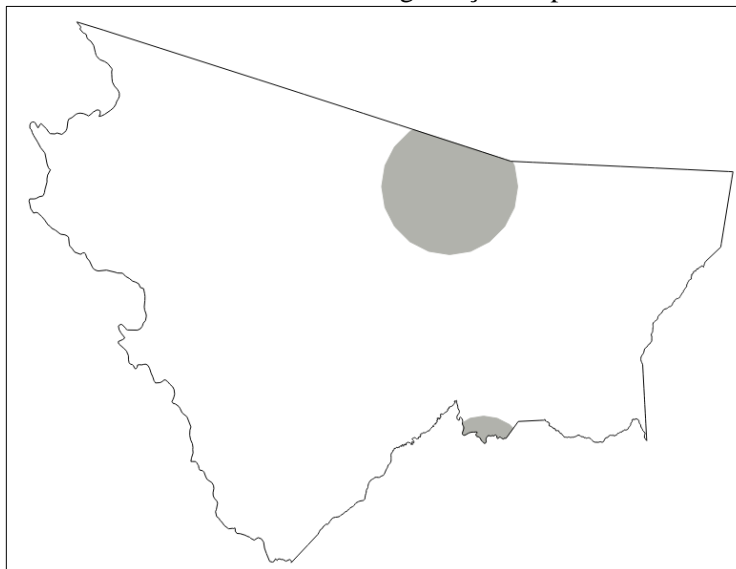
FIGURA 24 – Cursos e corpos d'água presentes na região.



Nota: elaborado pelo autor.

Cruzeiro do Sul e uma parte da região do aeródromo de Porto Walter, somam em conjunto 6,68% das restrições.

FIGURA 27 – Áreas de segurança aeroportuária.



Nota: elaborado pelo autor.

FIGURA 28 – Área de restrição das rodovias



Nota: elaborado pelo autor.

Com base nas FIGURAS 28 e 29, as áreas com restrições em razão das rodovias representam 0,17% das proibições. Já as áreas de restrição em razão dos núcleos populacionais correspondem a 0,55%.

FIGURA 29 – Área de restrição em razão dos núcleos populacionais.



Nota: elaborado pelo autor.

7 CONCLUSÃO

Desde a antiguidade o lixo tem sido considerado como problema para a sociedade. Com o advento da Política de Resíduos e das demais leis de proteção ambiental esse cenário vem aos poucos mudando com a agregação de valor e o reaproveitamento dos resíduos. Além disso, as estratégias para redução através da reciclagem, reutilização e dos demais instrumentos e processos previstos na Política, tais como: a compostagem, logística reversa e a coleta seletiva são de fundamental importância para aumentar a vida útil dos aterros, favorecendo a proteção ambiental e diminuição de custos.

Observa-se que há um grande caminho a ser percorrido na gestão dos resíduos sólidos do Estado do Acre, que conta apenas com uma unidade adequada ao tratamento de resíduos sólidos. A unidade, que atende a capital Rio Branco representa pouco mais da metade dos resíduos coletados em todo o Estado. Mas são ainda muitos passivos que precisam ser encerrados ou evitados, nos demais municípios, sendo urgente a concentração de esforços da gestão municipal e estadual, para a disposição adequada dos rejeitos, visando atender e estar adimplentes com a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Nas análises realizadas, os valores de massa de resíduos coletados apresentaram pequena diferença entre si, demonstrando que os 3 (três) cenários estudados são similares e, portanto, a adoção dos valores de geração *per capita* de resíduos e a taxa de cobertura, tanto para o Estado do Acre quanto por faixa populacional são fortes variáveis para a composição de cenários. A utilização dos dados de massa média *per capita* coletada, específica para o Estado do Acre, apresentou estimativa menor que a dos outros dois analisados.

Nesse sentido, a aferição, registro e validação dos dados de serviços públicos urbanos, mais especificamente, dos resíduos sólidos, são essenciais às projeções visando aprimorar o planejamento e a tomada de decisão na gestão dos resíduos, pois quanto maior a série histórica, maior a confiabilidade dos dados, por isso a alimentação do sistema precisa ser contínua. Os dados de volumetria e área necessária ao aterro auxiliam no conhecimento acerca da situação atual dos resíduos permitindo projetar ações para mudança no cenário.

Além disso, verificou-se que a projeção das metas de redução do PGIRS até 2041, ou seja, no intervalo de 33 anos reduziu a geração de resíduos em 43%. De outro modo, em 20 anos, com a implementação das metas somente a partir de 2022, essa redução é de 28%. Os resultados são significativos caso estejam sendo efetivamente implementados e podem resultar

ganhos tanto para a gestão pública, pela redução de custos, em maior facilidade na escolha do local do aterro e em melhorias de ordem social, de saúde e ambiental.

A extensão do aterro é fortemente influenciada pela profundidade das valas que receberão os rejeitos e estas, por sua vez, diretamente relacionada à profundidade do lençol freático. A correta e criteriosa escolha do local onde serão implantados os aterros sanitários, interfere significativamente na vida útil das áreas que serão utilizadas. Se bem executada, essa fase pode resultar em ganhos ao meio ambiente e a saúde humana pela diminuição da degradação ambiental e das áreas contaminadas.

São vários os critérios legais e ambientais para a escolha da área para implantação dos aterros sanitários e a utilização das ferramentas de geoprocessamento e da análise multicritério se mostrou uma ferramenta viável para delimitação de áreas aptas a fase de estudos *in loco* no Estado, podendo resultar em redução das idas a campo, pois restringe o universo de áreas passíveis de utilização. As informações obtidas não apenas apresentam um cenário para implantação dos aterros sanitários no Estado, mas podem ser úteis na definição da opção mais adequada aos entes, de disposição ambientalmente adequada dos rejeitos.

Por isso, os locais de instalação dos aterros ou mesmo outra forma de disposição adequada de rejeitos devem estar em consonância com as legislações ambientais e com as diretrizes de ordenamento territorial municipais, evitando a instalação em locais muito próximos aos destinados ao crescimento das cidades, haja vista o prazo de atividade dos empreendimentos e as mudanças que possam acontecer nesse longo intervalo de tempo.

Quanto a isso, a participação dos órgãos de fiscalização e das agências de regulação e dos órgãos ambientais no controle da atividade dos aterros e até mesmo dos lixões, ainda existentes, mostra-se primordial. Além dos lixões, a instalação da disposição final adequada dos rejeitos implica em novas áreas passíveis de degradação ambiental que precisarão de contínuo controle ambiental e observância às condicionantes de operação. Os órgãos de licenciamento e monitoramento precisam estar prontos para esse cenário, estando equipados e estruturados adequadamente para a nova demanda.

Outro aspecto verificado foi que os municípios que geram maior quantidade de rejeitos, nem sempre são os que possuem maior extensão territorial ou dispõem de áreas aptas para essa finalidade. Dessa forma, a gestão compartilhada, prevista na Política Nacional de Resíduos pode ser uma alternativa promissora aos gestores públicos para redução de custos e aumento do universo de área passíveis de receberem os aterros.

Caso venha a ser efetivamente implementado, o Consórcio 1 resultará em significativo ganho ao Estado, pois seus municípios respondem juntos por 63% do volume total de resíduos coletados, sem contar que a capital Rio Branco, que faz parte do consórcio já possui estrutura adequada e em funcionamento para receber os rejeitos, tornando mais ágil o processo, restando para tanto saber se o local comporta a demanda prevista.

As limitações, quando considerados os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves, em consórcio, são em grande parte referentes aos critérios ambientais de existência de áreas protegidas e a hidrografia da região. Dentre os 3 (três) municípios, Mâncio Lima foi o que apresentou o maior percentual de áreas muito favoráveis, totalizando 504,37 ha. Já Cruzeiro do Sul não apresentou regiões muito favoráveis aos aterros. Juntos, os três municípios somam 717 ha de áreas muito favoráveis, o que se justifica pelo fato de que em conjunto as distâncias entre os centros gerados e os locais de recebimento dos rejeitos podem ser maiores. A definição quanto às distâncias ideais deve ser precedida de estudo de viabilidade econômica observando os custos com a implantação da solução ambientalmente adequada de forma isolada, comparando com os custos gerados no caso da efetivação do consórcio.

REFERÊNCIAS

- ACIOLY, A. V. **Sig aplicado na pré-seleção de áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário no município de Breves (PA)**. Orientador: Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves. 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016. Disponível em: <https://ppgec.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2016/andrezavieira.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2022.
- ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Acre – ZEE/AC, 2ª fase**: base de dados geográficos (arquivos em formato *shapefile*). Rio Branco: SECTMA, 2006.
- ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre-ZEE/AC, Fase II, escala 1:250.000**: Documento síntese. Rio Branco: SEMA, 2010. 360 p. Disponível em: https://sema.ac.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/Documento_Sintese.pdf. Acesso em: 22 mai. 2024.
- ACRE. Secretaria de Meio Ambiente. **Plano estadual de gestão integrada de resíduos sólidos**. Rio Branco: SEMA, 2012. 188 p. Disponível em: <https://observatoriopnrs.files.wordpress.com/2014/11/acre-plano-estadual-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2022.
- ACRE. Secretaria de Planejamento. **Acre em números 2017**. Rio Branco: SEPLAN, 2017. 92 p. Disponível em: <http://acre.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/acre-em-numeros-2017.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.
- ACRE. CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E FLORESTA - CEMAF. Resolução n.º 03, de 19 de outubro de 2022. Estabelece os critérios de procedimentos de licenciamento para a implantação de Aterros Sanitários de pequeno porte em valas de trincheira com geomembrana em PEAD, visando a proteção e a conservação do solo e das águas. **Diário Oficial do Estado do Acre**: Rio Branco, n.º 13.406, p. 29-31, nov. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Cidades** (arquivo em formato *shapefile* das cidades do Brasil). 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/8db5549f-2b94-40f0-b968-6f940bad68fa>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. **Aeroportos e aeródromos**: lista de aeródromos civis cadastrados (arquivo em formato xls.). 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos>. Acesso em: 21 mai. 2024.
- AGUIAR, E. S. de; RIBEIRO, M. M; VIANA, J. H.; PONTES, A. N. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazonia brasileira. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 13, e20190263, 2021. DOI: 10.1590/2175-3369.013.e20190263. Acesso em: 16 ago. 2022.
- ALMEIDA, S. N. R. **Aplicação de geoprocessamento na identificação de áreas para implantação de aterro sanitário no município de Pombal – PB**. Orientadora: Érica Cristine Medeiros Machado. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) -

Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/851>. Acesso em: 21 jan. 2022.

ALVES, N. F. **Identificação de áreas para a implantação de aterro sanitário na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba com a utilização de geotecnologias**. Orientador: Claudionor Ribeiro da Silva. 2019. 117 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1291>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25300>. Acesso em: 26 jan. 2021.

ANDRADE, R. G; HOTT, M. C.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P de. Técnicas de geoprocessamento aplicadas à pecuária leiteira. In: HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P de M (org.). **Geotecnologias: aplicações na cadeia produtiva de leite**. Ponta Grossa: Atena, 2022. p. 15-19.

ARUJO, G. J. F. O coprocessamento na indústria de cimento: definição, oportunidades e vantagem competitiva. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, 08, n. 57, p. 52-61, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gerado-Araujo/publication/340371180_O_coprocessamento_na_industria_de_cimento_definicao_opo_rtunidades_e_vantagem_competitiva/links/5e8566ce4585150839b5a955/O-coprocessamento-na-industria-de-cimento-definicao-oportunidades-e-vantagem-competitiva.pdf. Acesso em: 17 mai. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO - ABCON; SINDICATO NACIONAL DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO - SINDCON. **Panorama da participação privada no Saneamento no Brasil 2019**. São Paulo: Stampato, 2019. 92p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO - ABCON; SINDICATO NACIONAL DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO - SINDCON. **Panorama da participação privada no Saneamento 2022**. São Paulo: 2022. 61p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020. 52 p. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020>. Acesso em: 29 dez. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. São Paulo: ABRELPE, 2021. 54 p. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 15 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: ABRELPE, 2022. 64 p. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 10 mai. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E EFLUENTES – ABETRE. **Atlas de destinação final Abetre**. Brasília: SINIR, 2022. Disponível em: sinir.gov.br/mapas/abetre. Acesso em: 12 mai. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR 8419**: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 7 p. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-8.419-NB-843-Apresentac%C3%A3o-de-Projetos-de-Aterros-Sanitarios-RSU.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR 13896**: aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12 p. 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: 25 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR 15849**: aterros sanitários de pequeno porte: diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 24 p.

BARBOSA, G. T; SOUZA, G. R.; RIBEIRO, A. G. C.; SANT'ANNA, L. T; FRANCO, C. S. Aterros sanitários municipais X consórcios públicos: a viabilidade econômica do CONSANE. **Sustentare**, Três Corações, v. 4, n. 1, p. 61-72, jan./jul. 2020. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/6171>. Acesso em: 25 jan. 2022.

BOIN, M. N.; NUNES, J. O. R.; TOMAZINI, L da S.; OKADO, M. N. A. Identificação das áreas potencialmente favoráveis para a destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 23, n. 85, p. 137-156, fev. 2022. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG238557409>. Acesso em: 04 jan. 2023.

BORBA, W. F. de; SILVA, J. L. S. da; KEMERICH, P. D. da C.; SOUZA, E. E. B.; FERNANDES, G. D.; Permeabilidade do solo em área de aterro sanitário. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 61, p. 272-285, abr. 2020. DOI [10.5752/p.2318-2962.2020v30n61p272](https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2020v30n61p272). Acesso em: 12 mai. 2023.

BRASIL. **Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 26 jan. 2022.

BRASIL. **Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 24 jan. 2022.

BRASIL. **Lei n.º 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 27 dez. 2023.

BRASIL. **Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n.º 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF: Presidência da República, 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 10 fev. 2024.

BRASIL. **Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 24 jan. 2022.

BRASIL. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Resolução n.º 3, de 26 de agosto de 2019. Divulga as estimativas da População para Estados e municípios com data de referência de 1º de julho de 2019. **Diário Oficial da União:** Seção 1, Brasília, DF, ano 157, n.º 166, p. 1-485, 28 ago. 2019.

BRASIL. **Lei n.º 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm. Acesso em: 24 jan. 2022.

BRASIL. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Portaria n.º PR-268, de 26 de agosto de 2021. Divulga as estimativas da População para Estados e municípios com data de referência de 1º de julho de 2021. **Diário Oficial da União:** Seção 1, Brasília, DF, ano 159, n.º 163, p. 1-144, 27 ago. 2021.

BRASIL. **Lei n.º 10.936, de 12 de janeiro de 2022.** Regulamenta a Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2022a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm. Acesso em: 27 dez. 2023.

BRASIL. **Lei n.º 11.043, de 13 de abril de 2022.** Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2022b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11043.htm. Acesso em: 27 dez. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares.** Brasília, DF: MMA, 2022c. 209 p. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf. Acesso em: 02 out. 2023.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Mapa para prevenção de desastres:** mapas de setorização de riscos geológicos. Brasília: SGB, 2023. Disponível em: <https://geoportal.sgb.gov.br/desastres/>. Acesso em: 21 mai. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução n.º 4, de 9 de outubro de 1995.** Estabelece as Áreas de Segurança Portuária – ASAs. Brasília, DF: CONAMA, 1995. 1 p. Disponível em:

<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0004-091095.PDF>. Acesso em: 24 jan. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução n.º 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. Brasília, DF: CONAMA, 2008. 3 p. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0404-111108.PDF>. Acesso em: 24 jan. 2022.

CARDOSO, E. C.; BLANCO, C. J. C.; FRIAES, E. P. P. Seleção de áreas para a construção de aterros em pequenos municípios da Amazônia. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 9, n. 18, p. 83-98, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/article/view/12815>. Acesso em: 16 ago. 2022.

CARDOZO, B. C.; MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A. Análise do monitoramento ambiental da incineração de resíduos sólidos urbanos na Europa e a necessidade de alterações na legislação brasileira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 123-131, jan./fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190040>. Acesso em: 17 mai. 2024.

CARRILHO, A. N.; CANDIDO, H. G.; SOUZA, A. D. Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 201-206, jan./fev. 2018. DOI: 10.1590/S1413-41522018142980. Acesso em: 12 jan. 2022.

CASELLATO, T. F. Consórcios Intermunicipais no Brasil contribuem para o gerenciamento adequado de resíduos sólidos? Uma revisão bibliográfica da produção brasileira. **Revista Brasileira de Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Florianópolis, v. 3, n. 5, p. 51-65, nov./dez. 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/376797954>. Acesso em: 15 fev. 2024.

COSTA, C. W.; LORANDI, R.; SERIKAWA, V. S.; FERRERA, T. S.; STANGANINI, F. N.; GONÇALVES NETO, P. S.; LOLLO, J. A. de. Análise multicritério aplicada à seleção de áreas para implantação de aterros sanitários na Bacia do Ribeirão do Meio (Leme, SP), em escala 1:50.000. **Sociedade e Natureza**, v. 30, n. 1, p. 205-227, jan./abr. 2018a. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-9>. Acesso em: 06 fev. 2024.

COSTA, M. D.; MARIANO, M. O. H.; ARAÚJO, L. B.; JUCÁ, J. F. T. Estudos laboratoriais para avaliação do desempenho de camadas de cobertura de aterros sanitários em relação à redução de emissões de gases e infiltrações. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 77-90, jan./fev. 2018b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018160393>. Acesso em: 25 jan. 2022.

COSTA, B. S.; DIZ, J. B. M.; OLIVEIRA, M. L. de. Cultura de consumismo e geração de resíduos. **Revista Brasileira de Estudos Políticos**, Belo Horizonte, n.º 116, p. 159-183, jan./jun. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbep/article/view/17607/14391>. Acesso em: 18 jul. 2022.

DALMO, F. C.; SIMÃO, N.; NEBRA, S.; SANTANA, P. M. Energy recovery from municipal solid waste of intermunicipal public consortia identified in São Paulo State. **Waste**

Management & Research, v. 37, n. 3, p. 301-310, dez. 2019. DOI: [0.1177/0734242X18815953](https://doi.org/10.1177/0734242X18815953). Acesso em: 15 fev. 2024.

DAMASCENO, P. I.; ENNES, C. R.; ALMEIDA, de T.; ZANDONADI, M. L.; CONTRERAS, F. Allocation of sanitary landfill in consortium: strategy for the Brazilian municipalities in the State of Amazonas. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 39, p. 1-13, dez. 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-018-7146-9>. Acesso em: 26 jun. 2022.

DIAS, D. M.; MARTINEZ, C. B.; BARROS, R. T. V.; LIBÂNIO, M. Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 325-332, jul./set. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000300009>. Acesso em: 03 fev. 2024.

DIAS, L. N. N.; ANDRADE, A. M. Uso de Geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de Aterro Sanitário no município de Diamantina (MG). **Revista Geográfica Acadêmica**, Roraima, v. 14, n. 2, p. 88-99, dez. 2020. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/6602>. Acesso em: 13 jan. 2022.

DUTRA, D. J.; ROCHA E SILVA, L. M.; VIMIEIRO, G. V.; COELHO, C. W. G. A. Seleção de área para construção de aterro sanitário no município de Esmeraldas, MG, a partir da utilização de ferramentas de geoprocessamento. **Revista Geográfica Acadêmica**, Roraima, v. 13, n. 2, p. 106-118, jan. 2020. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/5827>. Acesso em: 12 jan. 2022.

FERNANDES, A. S. A.; PINHEIRO, L. S.; NASCIMENTO, A. B. F. M.; GRIN, E. J. Uma análise dos consórcios intermunicipais para serviços de tratamento de resíduos sólidos a partir da ação coletiva institucional. **Revista de Administração Pública**, v. 54, n. 3, p. 501-523, mai./jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-761220190237x>. Acesso em: 15 fev. 2024.

FERREIRA, F. A. C.; JUCA, J. F. T. Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 513-521, maio/jun. 2017. DOI: [10.1590/S1413-41522017147551](https://doi.org/10.1590/S1413-41522017147551). Acesso em: 14 fev. 2024.

FIGUEREDO NETO, A. G. *et al.* Uso de Geotecnologias para designação de áreas propícias à construção de aterro sanitário no município de Teresina – PI. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 1., 2018, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: IBEAS, 2018. p. 1-10. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/XI-016.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2022.

FRANCO, D. G de B.; STEINER, M. T. A. Otimização do transporte de resíduos sólidos urbanos no Estado do Paraná: repensando a localização de aterros sanitários com base em modelagem matemática. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 987-999, set./out. 2022.

FREITAS, F. G.; MAGNABOSCO, A. L. **Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento no Estado do Acre**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2021. 70p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Localidades** (Arquivo em formato *shapefile* com o centróide do setor censitário de referência). Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/27385-localidades.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 12 jan. 2023.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2022.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Áreas urbanizadas 2019 – Brasil** (Arquivo em formato *shapefile* com a área urbanizada do Brasil). Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 18 fev. 2023.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha Municipal Digital da Divisão Político-Administrativa Brasileira** (Arquivo em formato *shapefile* da Fronteira do Brasil, Divisa do Estado do Acre e Limites Municipais). 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 14 ago. 2022.

BRASIL. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Panorama Censo 2022**. 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 15 mai. 2024.

GUEVARA, M. D. F.; MAJER, R. C.; PEREIRA, H. da S.; GREGOLIN, P. R.; PAZ, M. F. da; LEANDRA, D.; CORRÊA, L. B.; NADALETI, W. C.; CORRÊA, E. K. Escolha de áreas potenciais para localização de um aterro sanitário no município de Pelotas/RS utilizando Sistema de Informações Geográficas. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 2, p. 80-90, jul./dez. 2017. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b5c8/fc695d3c95de701e8eba771ed5c5ac35e91f.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2024.

LIMA, M. L. B.; FROTA, J. A.; ARAÚJO, F. S. M.; FONTENELE, R. E. S. Desenvolvimento sustentável e competitividade das nações: uma análise multivariada. **Revista Reuna**, Belo Horizonte, v. 22, n. 1, p. 41-62, jan./mar. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21714/2179-8834/2017v22n1p41-62>. Acesso em: 15 fev. 2024.

LIMA, C. C. **Diagnóstico da implementação dos serviços de saneamento básico no estado do Acre**: uma abordagem espacial entre os anos de 2006 e 2019. Orientadora: Jorcely Gonçalves Barroso. 2021. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Campus Floresta, Universidade Federal do Acre, Cruzeiro do Sul, 2021. Disponível em: <http://www2.ufac.br/ppgca/menu/dissertacoes>. Acesso em: 10 fev. 2024.

LUZ, E. da; MARION, F. A.; FRANÇA, M. M.; CONCEIÇÃO, P. S. da. Using Geographical Information System for identifying potential areas to sanitary landfill deployment consortium. **Ambiência**, v. 13, n. 2, p. 452-469, 2017. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/3867>. Acesso em: 19 jul. 2022.

MAJID, M.; MIR, B. A. Landfill site selection using GIS based multi criteria evaluation technique. A case study of Srinagar city, India. **Environmental Challenges**, v. 3, n. 100031, p. 1-14, abr. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266701002100010X>. Acesso em: 19 jul. 2022.

MARQUES, M. D. **Seleção de área para implantação de aterro sanitário simplificado: Estudo de caso para o município de Guapó – GO**. Orientador: Eraldo Henriques de Carvalho. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2011.

MARTINS, J. D. D.; RIBEIRO, M. de F. O consumismo como fator preponderante para o aumento da geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais na saúde pública. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 123-152, jan./abr. 2021. DOI: [10.7213/rev.dir.econ.soc.v12i1.27478](https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v12i1.27478). Acesso em: 18 jul. 2022.

MATOS, F.; DIAS, R. A gestão de resíduos sólidos e a formação de consórcios intermunicipais. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 4, n. 3, p. 501-519, set./dez. 2011. Disponível em: <http://www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/rama>. Acesso em: 15 fev. 2024.

MAVROPOULOS, A. **Saúde desperdiçada: o caso dos lixões**. ISWA, Abrelpe, 2015. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/saude-desperdicada-o-caso-doslixoes>. Acesso em: 25 janeiro de 2022.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO ACRE - MPAC. **Anuário da Gestão de Resíduos Sólidos do Estado do Acre 2019**. Rio Branco: MPAC, 2019. 28 p. Disponível em: <https://www.mpac.mp.br/wp-content/uploads/Anu%C3%A1rio-da-Gest%C3%A3o-de-Res%C3%ADuos-no-Estado-do-Acre-2019.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO ACRE - MPAC. Centro de Apoio Operacional de Defesa do Meio Ambiente, Patrimônio Histórico e Cultural e Habitação e Urbanismo. **Relatório de Atividades Caop-Maphu 2020**. Rio Branco: CAOP-MAPHU, 2021. 96 p. Disponível em: https://www.mpac.mp.br/wp-content/uploads/Relatorio_de_Atividades_CAOP-MAPHU_2020.pdf. Acesso em: 25 de jan. 2022.

MONTEIRO, J. H. P. *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Elaborado pelo IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Rio de Janeiro, 2001.

MORAIS, L. A.; NASCIMENTO, V. F.; GUASSELLI, L. A.; OMETTO, J. P. H. B. Estimativas das distâncias para disposição de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 4, p. 960-982, out./dez. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv71n4-48611>. Acesso em: 19 nov. 2022.

MORALES, B. F.; COSTA, A. L da; NOGUEIRA, R. B.; ARRAES, C. L. Definição de alternativa locacional para implantação de aterro sanitário em Itacoatiara – AM pela integração de critérios restritivos e técnicas de geoprocessamento. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 12, p. 99709-99729, dez. 2020. DOI: [10.34117/bjdv6n12-457](https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-457). Acesso em: 11 mai. 2023.

NASCIMENTO, V. F. **Proposta para indicação de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru-SP, utilizando análise multicritério de decisão e técnicas de geoprocessamento**. Orientador: Alexandre Marcos da Silva. 2012. 228 f. Dissertação (Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/2850a210-065f-4b14-aabf-a5ecfdaad461>. Acesso em: 13 fev. 2024.

NASCIMENTO, E. C.; RODRIGUES, A. F.; NEDER, C. V. G.; ANDRADE, F. R. de. O consórcio intermunicipal entre as soluções de disposição de resíduos sólidos urbanos: um estudo econômico aplicado no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** [online], v. 9, n. 21, p. 497-508., abr. 2022. DOI: [10.21438/rbgas\(2022\)092132](https://doi.org/10.21438/rbgas(2022)092132). Acesso em: 09 fev. 2023.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. **Programa Earth Science Data Systems (ESDS):** imagens do satélite Alos Palsar. Alaska: ASF, 2024. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acesso em: 21 mai. 2024.

ONOFRE, F. L. **Estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares**. Orientador: Gilson Barbosa Athayde Júnior. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5448>. Acesso em: 03 fev. 2024.

PITERMAN, A.; REZENDE, S. C.; HELLER, L. Capital social como conceito-chave para a avaliação do sucesso de consórcios intermunicipais: o caso do CISMAE, Paraná. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 825-834, out./dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016131791>. Acesso em: 15 fev. 2024.

REDE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL - RECESA. Esgotamento sanitário. **Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos: Guia do profissional em treinamento: nível 2** / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte - MG, 2008.

SAMBUICHI, R. H. R. [org.]; SILVA, A. P. M.; OLIVEIRA, M. A. C; SAVIAN, M. **Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas**. Brasília: Ipea, 2014. 273 p.

SILVA, H.; BARBIERI, A. F.; MONTE-MÓR, R. L. Demografia do consumo urbano: um estudo sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 421-449, jul./dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-30982012000200012>. Acesso em: 14 fev. 2024.

SILVA, R. C. P da; COSTA, A. R. S.; EL-DEIR, S. G.; JUCÁ, J. F. T. Setorização de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares por técnicas multivariadas: estudo de caso da cidade do Recife, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 821-832, nov./dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020200205>. Acesso em: 14 fev. 2024.

SILVA, W. K. A. S; TAGLIAFERRO, E. R. Aterro sanitário: a engenharia na disposição final de resíduos sólidos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 12216-12236,

fev. 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-037. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/24153>. Acesso em: 25 jan, 2021.

SILVA, C. P.; ARAÚJO, E. A.; SILVA, J. de F.; MOREIRA, W. C de L.; NEGRI, F. R.; OLIVEIRA, W. M. S. Caracterização de perfis geológicos desenvolvidos em geoambientes da Formação Cruzeiro do Sul, Amazônia Sul-Occidental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 16, n. 1, p. 115-127, jan./abr. 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**: visão geral. Brasília, DF: SNS, 2021. 59 p. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/residuos-solidos>. Acesso em: 15 jan. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**: infraestrutura. Brasília, DF: SNS, 2022. 51 p. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/residuos-solidos>. Acesso em: 10 mai. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**: visão geral. Brasília, DF: SNS, 2023. 140 p. Acesso em: 01 fev. 2024.

SODRÉ, G. R. C.; FREITAS, S. J. N. de; RODRIGUES, J. B.; IGAWA, T. K; AMORIM, I. L. S.; CABRAL, A. C. L. C. Avaliação sustentável para instalação de aterro sanitário em uma cidade da Amazônia Oriental. **Natura and Conservation**, v. 13, n. 3, p.112-121, jun. 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.003.0011>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SULKOWSKI, A. WHITE, D. S. A happiness Kuznets curve? Using model-based cluster analysis to group countries based on happiness, development, income, and carbono emissions. **Environ Dev Sustain**, v. 18, p. 1095-1111, ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9689-z>. Acesso em: 14 fev. 2024.

VENTURA, K. S.; SUQUISAQUI, A. B. V. Aplicação de ferramentas SWOT e 5W2H para análise de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos urbanos. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 1, p. 333-349, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000100378>. Acesso em: 15 fev. 2024.

VILHENA, A. *et al.* **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 4 ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. 316 p. Disponível em: https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/6-Lixo_Municipal_2018.pdf. Acesso em: 14 fev. 2024.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento: conceito e definições. **Revista de Geografia**, v. 7, n. 2, p. 195-201, ago. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18073/9359>. Acesso em: 11 mai. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Estimativa da geração de resíduos sólidos no Estado do Acre até 2041 seguindo a projeção do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Acre – Cenário 1.

Ano	População estimada (hab)	g	Estimativa da geração de resíduos sem metas de redução (kg/dia)	Estimativa da geração de resíduos com metas de redução (kg/dia)	Estimativa da geração de resíduos com metas acumuladas de redução (kg/dia)
2006	655.385	-	-	-	-
2007	668.403	-	-	-	-
2008	680.073	-	-	-	-
2009	691.132	-	589.397	589.397,37	-
2010	701.623	-	598.344	598.344,09	595.352,37
2011	711.570	-	628.972	628.972,18	592.375,61
2012	721.006	-	653.366	653.366,23	589.413,73
2013	729.988	-	675.677	675.676,89	586.466,67
2014	738.567	-	691.299	691.298,71	583.534,33
2015	746.793	-	714.532	714.531,54	580.616,66
2016	754.711	-	745.654	577.713,58	548.827,90
2017	762.357	-	761.137	574.825,01	546.083,76
2018	769.755	-	768.523	571.950,88	543.353,34
2019	776.920	-	783.757	569.091,13	540.636,57
2020	783.866	-	790.764	566.245,67	537.933,39
2021	790.598	-	805.777	535.243,72	481.719,35
2022	797.111	-	812.416	532.567,50	479.310,75
2023	803.393	-	827.173	529.904,67	476.914,20
2024	809.420	-	833.379	527.255,14	474.529,63
2025	815.167	-	847.774	524.618,87	472.156,98
2026	820.605	-	853.429	521.995,77	469.796,20
2027	825.702	-	858.730	519.385,79	467.447,22
2028	830.437	-	863.654	516.788,87	465.109,98
2029	834.786	-	868.177	514.204,92	462.784,43
2030	838.732	0,005	872.281	511.633,90	460.470,51
2031	842.911	0,005	876.627	509.075,73	458.168,15
2032	847.110	0,005	880.994	506.530,35	455.877,31
2033	851.330	0,005	885.383	503.997,70	453.597,93
2034	855.571	0,005	889.794	501.477,71	451.329,94
2035	859.834	0,005	894.227	498.970,32	449.073,29
2036	864.117	0,005	898.682	496.475,47	446.827,92
2037	868.422	0,005	903.159	493.993,09	444.593,78
2038	872.749	0,005	907.659	491.523,13	442.370,81
2039	877.097	0,005	912.181	489.065,51	440.158,96
2040	881.467	0,005	916.725	486.620,18	437.958,16
2041	885.858	0,005	921.292	484.187,08	435.768,37

Fonte: ACRE (2012).

APÊNDICE B – Estimativa da geração de resíduos sólidos no Estado do Acre até 2041 seguindo a projeção do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Acre a partir de 2022.

Ano	População estimada (hab)	g	Estimativa da geração de resíduos sem metas de redução (kg/dia)	Estimativa da geração de resíduos com metas de redução (kg/dia)	Estimativa da geração de resíduos com metas acumuladas de redução (kg/dia)
2021	790598	-	805777,48	805777,48	-
2022	797111	1,01	812415,53	801748,59	721573,73
2023	803393	1,01	827173,43	797739,85	717965,86
2024	809420	1,01	833378,83	793751,15	714376,04
2025	815167	1,01	847773,68	789782,39	710804,16
2026	820605	1,01	853429,20	785833,48	707250,13
2027	825702	1,01	858730,08	781904,32	703713,88
2028	830437	1,01	863654,48	777994,79	700195,31
2029	834786	1,01	868177,44	774104,82	696694,34
2030	838732	0,005	872281,28	770234,30	693210,87
2031	842911	0,005	876626,94	766383,12	689744,81
2032	847110	0,005	880994,25	762551,21	686296,09
2033	851330	0,005	885383,32	758738,45	682864,61
2034	855571	0,005	889794,25	754944,76	679450,28
2035	859834	0,005	894227,16	751170,04	676053,03
2036	864117	0,005	898682,16	747414,19	672672,77
2037	868422	0,005	903159,34	743677,12	669309,40
2038	872749	0,005	907658,84	739958,73	665962,86
2039	877097	0,005	912180,75	736258,94	662633,04
2040	881467	0,005	916725,18	732577,64	659319,88
2041	885858	0,005	921292,26	728914,75	656023,28

Fonte: ACRE (2012).

APÊNDICE C – Cálculo das estimativas da geração de resíduos dos municípios do Estado do Acre, para os Cenários 2 e 3.

Municípios	P ₂₀₄₁ (hab)	Cenário 2			Cenário 3		
		G _N (2)	C (2)	M _R (2)	G _N (3)	C (3)	M _R (3)
Acrelândia	19.968	0,88	0,750	13.179	1,03	0,741	15.240
Assis Brasil	9.787	0,88	0,750	6.460	1,03	0,741	7.470
Brasiléia	34.948	0,97	0,859	29.120	1,03	0,741	26.674
Bujari	13.355	0,88	0,750	8.814	1,03	0,741	10.193
Capixaba	17.829	0,88	0,750	11.767	1,03	0,741	13.607
Cruzeiro do Sul	99.887	0,97	0,859	83.229	1,03	0,741	76.237
Epitaciolândia	24.183	0,88	0,750	15.961	1,03	0,741	18.457
Feijó	35.519	0,97	0,859	29.595	1,03	0,741	27.109
Jordão	11.619	0,88	0,750	7.668	1,03	0,741	8.868
Mâncio Lima	25.954	0,88	0,750	17.130	1,03	0,741	19.809
Manoel Urbano	11.806	0,88	0,750	7.792	1,03	0,741	9.011
Marechal Thaumaturgo	28.390	0,88	0,750	18.737	1,03	0,741	21.668
Plácido de Castro	23.226	0,88	0,750	15.329	1,03	0,741	17.727
Porto Acre	25.144	0,88	0,750	16.595	1,03	0,741	19.191
Porto Walter	17.617	0,88	0,750	11.627	1,03	0,741	13.446
Rio Branco	529.634	1,01	0,982	525.302	1,03	0,741	404.233
Rodrigues Alves	28.137	0,88	0,750	18.570	1,03	0,741	21.475
Santa Rosa do Purus	10.596	0,88	0,750	6.993	1,03	0,741	8.087
Sena Madureira	59.045	0,97	0,859	49.198	1,03	0,741	45.065
Senador Guiomard	26.740	0,88	0,750	20.657	1,03	0,741	20.409
Tarauacá	54.048	0,97	0,859	45.034	1,03	0,741	41.251
Xapuri	24.725	0,88	0,750	16.319	1,03	0,741	18.871
TOTAL PARA O ESTADO DO ACRE	1.132.160			975.078			864.098

Fonte: Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), IBGE (2011), SNIS (2023).

Nota: G_N = Geração *per capita* de resíduos (kg/hab.dia); C = Cobertura da coleta (%); M_R = Massa de resíduos (kg/dia).

APÊNDICE D – Estimativa da geração e volume de resíduos para o Acre com base nos dados do Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, sem a implementação das metas de redução.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	16091					
2022	19002	812416	1016	1219	444798	444798
2023	19267	827173	1034	1241	452877	897675
2024	19536	833379	1042	1250	456275	1353950
2025	19809	847774	1060	1272	464156	1818106
2026	20085	853429	1067	1280	467252	2285358
2027	20365	858730	1073	1288	470155	2755513
2028	20649	863654	1080	1295	472851	3228364
2029	20937	868177	1085	1302	475327	3703691
2030	21230	872281	1090	1308	477574	4181265
2031	21526	876627	1096	1315	479953	4661218
2032	21826	880994	1101	1321	482344	5143563
2033	22131	885383	1107	1328	484747	5628310
2034	22440	889794	1112	1335	487162	6115472
2035	22753	894227	1118	1341	489589	6605062
2036	23070	898682	1123	1348	492028	7097090
2037	23392	903159	1129	1355	494480	7591570
2038	23718	907659	1135	1361	496943	8088513
2039	24049	912181	1140	1368	499419	8587932
2040	24385	916725	1146	1375	501907	9089839
2041	24725	921292	1152	1382	504408	9594247

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE E – Estimativa da geração e volume de resíduos para o Acre com base nos dados do Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, com a implementação total das metas de redução, a partir de 2009.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	16091					
2022	19002	479311	599	719	262423	262423
2023	19267	476914	596	715	261111	523533
2024	19536	474530	593	712	259805	783338
2025	19809	472157	590	708	258506	1041844
2026	20085	469796	587	705	257213	1299057
2027	20365	467447	584	701	255927	1554985
2028	20649	465110	581	698	254648	1809633
2029	20937	462784	578	694	253374	2063007
2030	21230	460471	576	691	252108	2315115
2031	21526	458168	573	687	250847	2565962
2032	21826	455877	570	684	249593	2815555
2033	22131	453598	567	680	248345	3063899
2034	22440	451330	564	677	247103	3311003
2035	22753	449073	561	674	245868	3556870
2036	23070	446828	559	670	244638	3801508
2037	23392	444594	556	667	243415	4044924
2038	23718	442371	553	664	242198	4287122
2039	24049	440159	550	660	240987	4528109
2040	24385	437958	547	657	239782	4767891
2041	24725	435768	545	654	238583	5006474

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE F – Estimativa da geração e volume de resíduos para o Acre com base nos dados do Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, com a implementação das metas de redução a partir de 2022.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	16091					
2022	19002	731174	914	1097	400318	400318
2023	19267	727518	909	1091	398316	798634
2024	19536	723881	905	1086	396325	1194958
2025	19809	720261	900	1080	394343	1589301
2026	20085	716660	896	1075	392371	1981673
2027	20365	713077	891	1070	390409	2372082
2028	20649	709511	887	1064	388457	2760539
2029	20937	705964	882	1059	386515	3147054
2030	21230	702434	878	1054	384582	3531637
2031	21526	698922	874	1048	382660	3914297
2032	21826	695427	869	1043	380746	4295043
2033	22131	691950	865	1038	378843	4673885
2034	22440	688490	861	1033	376948	5050834
2035	22753	685048	856	1028	375064	5425897
2036	23070	681622	852	1022	373188	5799086
2037	23392	678214	848	1017	371322	6170408
2038	23718	674823	844	1012	369466	6539874
2039	24049	671449	839	1007	367618	6907492
2040	24385	668092	835	1002	365780	7273272
2041	24725	664751	831	997	363951	7637224

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE G – Estimativa da geração e volume de resíduos do município de Acrelândia.

Ano	População total (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	12538					
2022	15013	9909	12	15	5425	5425
2023	15240	10058	13	15	5507	10932
2024	15471	10211	13	15	5590	16522
2025	15705	10365	13	16	5675	22197
2026	15942	10522	13	16	5761	27958
2027	16183	10681	13	16	5848	33805
2028	16428	10842	14	16	5936	39742
2029	16676	11006	14	17	6026	45768
2030	16929	11173	14	17	6117	51885
2031	17185	11342	14	17	6210	58095
2032	17445	11513	14	17	6304	64398
2033	17709	11688	15	18	6399	70797
2034	17976	11864	15	18	6496	77293
2035	18248	12044	15	18	6594	83887
2036	18524	12226	15	18	6694	90581
2037	18804	12411	16	19	6795	97376
2038	19089	12599	16	19	6898	104274
2039	19378	12789	16	19	7002	111276
2040	19671	12983	16	19	7108	118384
2041	19968	13179	16	20	7216	125599

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE H – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Assis Brasil.

Ano	População total (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	6072					
2022	7304	4821	6	7	2639	2639
2023	7418	4896	6	7	2680	5320
2024	7533	4972	6	7	2722	8042
2025	7650	5049	6	8	2764	10806
2026	7769	5127	6	8	2807	13613
2027	7889	5207	7	8	2851	16464
2028	8012	5288	7	8	2895	19359
2029	8136	5370	7	8	2940	22299
2030	8262	5453	7	8	2986	25285
2031	8390	5538	7	8	3032	28317
2032	8521	5624	7	8	3079	31395
2033	8653	5711	7	9	3127	34522
2034	8787	5800	7	9	3175	37697
2035	8924	5890	7	9	3225	40922
2036	9062	5981	7	9	3275	44196
2037	9203	6074	8	9	3325	47522
2038	9345	6168	8	9	3377	50899
2039	9491	6264	8	9	3429	54328
2040	9638	6361	8	10	3483	57811
2041	9787	6460	8	10	3537	61348

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE I – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Brasília.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	21398					
2022	25873	17076	21	26	9349	9349
2023	26286	17349	22	26	9498	18847
2024	26705	17625	22	26	9650	28497
2025	27131	17906	22	27	9804	38301
2026	27564	18192	23	27	9960	48261
2027	28003	18482	23	28	10119	58380
2028	28450	18777	23	28	10280	68661
2029	28904	19076	24	29	10444	79105
2030	29365	19381	24	29	10611	89716
2031	29833	19690	25	30	10780	100496
2032	30309	25254	32	38	13827	114323
2033	30793	25657	32	38	14047	128370
2034	31284	26067	33	39	14271	142642
2035	31783	26482	33	40	14499	157141
2036	32290	26905	34	40	14730	171871
2037	32805	27334	34	41	14965	186836
2038	33328	27770	35	42	15204	202040
2039	33860	28213	35	42	15447	217487
2040	34400	28663	36	43	15693	233180
2041	34948	29120	36	44	15943	249123

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE J – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Bujari.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	8471					
2022	10103	6668	8	10	3651	3651
2023	10253	6767	8	10	3705	7356
2024	10405	6867	9	10	3760	11115
2025	10559	6969	9	10	3815	14931
2026	10715	7072	9	11	3872	18803
2027	10873	7176	9	11	3929	22732
2028	11034	7283	9	11	3987	26719
2029	11197	7390	9	11	4046	30765
2030	11363	7500	9	11	4106	34871
2031	11531	7611	10	11	4167	39038
2032	11702	7723	10	12	4228	43266
2033	11875	7837	10	12	4291	47557
2034	12051	7953	10	12	4354	51912
2035	12229	8071	10	12	4419	56330
2036	12410	8190	10	12	4484	60815
2037	12593	8312	10	12	4551	65365
2038	12780	8435	11	13	4618	69983
2039	12969	8559	11	13	4686	74669
2040	13161	8686	11	13	4756	79425
2041	13355	8814	11	13	4826	84251

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE K – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Capixaba.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	8798					
2022	11564	7632	10	11	4179	4179
2023	11831	7808	10	12	4275	8454
2024	12103	7988	10	12	4374	12827
2025	12382	8172	10	12	4474	17302
2026	12668	8361	10	13	4577	21879
2027	12960	8553	11	13	4683	26562
2028	13258	8750	11	13	4791	31353
2029	13564	8952	11	13	4901	36254
2030	13876	9158	11	14	5014	41269
2031	14196	9369	12	14	5130	46398
2032	14523	9585	12	14	5248	51646
2033	14858	9806	12	15	5369	57015
2034	15200	10032	13	15	5493	62508
2035	15551	10263	13	15	5619	68127
2036	15909	10500	13	16	5749	73876
2037	16276	10742	13	16	5881	79757
2038	16651	10990	14	16	6017	85774
2039	17034	11243	14	17	6155	91929
2040	17427	11502	14	17	6297	98227
2041	17829	11767	15	18	6442	104669

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE L – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Cruzeiro do Sul.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	78507					
2022	86179	71807	90	108	39314	39314
2023	86851	72367	90	109	39621	78935
2024	87528	72931	91	109	39930	118865
2025	88211	73500	92	110	40241	159106
2026	88899	74073	93	111	40555	199661
2027	89592	74651	93	112	40871	240532
2028	90291	75233	94	113	41190	281723
2029	90995	75820	95	114	41511	323234
2030	91705	76411	96	115	41835	365069
2031	92420	77007	96	116	42162	407231
2032	93141	77608	97	116	42490	449721
2033	93868	78213	98	117	42822	492543
2034	94600	78823	99	118	43156	535699
2035	95338	79438	99	119	43492	579191
2036	96081	80058	100	120	43832	623023
2037	96831	80682	101	121	44174	667197
2038	97586	81312	102	122	44518	711715
2039	98347	81946	102	123	44865	756580
2040	99114	82585	103	124	45215	801795
2041	99887	83229	104	125	45568	847363

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE M – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Epitaciolândia.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	15100					
2022	18120	11959	15	18	6548	6548
2023	18397	12142	15	18	6648	13195
2024	18679	12328	15	18	6750	19945
2025	18965	12517	16	19	6853	26798
2026	19255	12708	16	19	6958	33756
2027	19550	12903	16	19	7064	40820
2028	19849	13100	16	20	7172	47992
2029	20153	13301	17	20	7282	55275
2030	20461	13505	17	20	7394	62668
2031	20775	13711	17	21	7507	70175
2032	21093	13921	17	21	7622	77797
2033	21416	14134	18	21	7739	85536
2034	21743	14351	18	22	7857	93393
2035	22076	14570	18	22	7977	101370
2036	22414	14793	18	22	8099	109469
2037	22757	15020	19	23	8223	117693
2038	23106	15250	19	23	8349	126042
2039	23459	15483	19	23	8477	134519
2040	23819	15720	20	24	8607	143126
2041	24183	15961	20	24	8739	151865

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE N – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Feijó.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	32412					
2022	33581	27981	35	42	15319	15319
2023	33680	28063	35	42	15365	30684
2024	33780	28146	35	42	15410	46094
2025	33880	28230	35	42	15456	61550
2026	33980	28313	35	42	15501	77052
2027	34080	28397	35	43	15547	92599
2028	34181	28481	36	43	15593	108192
2029	34282	28565	36	43	15639	123832
2030	34384	28650	36	43	15686	139517
2031	34485	28734	36	43	15732	155249
2032	34587	28819	36	43	15779	171028
2033	34690	28904	36	43	15825	186853
2034	34792	28990	36	43	15872	202725
2035	34895	29076	36	44	15919	218644
2036	34998	29162	36	44	15966	234610
2037	35102	29248	37	44	16013	250623
2038	35206	29334	37	44	16061	266684
2039	35310	29421	37	44	16108	282792
2040	35414	29508	37	44	16156	298947
2041	35519	29595	37	44	16203	315151

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE O – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Jordão.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	6577					
2022	8198	5410	7	8	2962	2962
2023	8349	5511	7	8	3017	5979
2024	8504	5613	7	8	3073	9052
2025	8662	5717	7	9	3130	12182
2026	8822	5823	7	9	3188	15370
2027	8986	5930	7	9	3247	18617
2028	9152	6040	8	9	3307	21924
2029	9322	6152	8	9	3368	25292
2030	9494	6266	8	9	3431	28723
2031	9670	6382	8	10	3494	32218
2032	9849	6501	8	10	3559	35777
2033	10032	6621	8	10	3625	39402
2034	10218	6744	8	10	3692	43094
2035	10407	6869	9	10	3761	46854
2036	10600	6996	9	10	3830	50684
2037	10796	7125	9	11	3901	54586
2038	10996	7257	9	11	3973	58559
2039	11200	7392	9	11	4047	62606
2040	11407	7529	9	11	4122	66728
2041	11619	7668	10	12	4198	70926

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE P – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Mâncio Lima.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	15206					
2022	18702	12344	15	19	6758	6758
2023	19028	12558	16	19	6876	13634
2024	19359	12777	16	19	6995	20629
2025	19695	12999	16	19	7117	27746
2026	20038	13225	17	20	7241	34987
2027	20387	13455	17	20	7367	42354
2028	20741	13689	17	21	7495	49848
2029	21102	13927	17	21	7625	57474
2030	21469	14170	18	21	7758	65232
2031	21843	14416	18	22	7893	73125
2032	22223	14667	18	22	8030	81155
2033	22609	14922	19	22	8170	89325
2034	23003	15182	19	23	8312	97637
2035	23403	15446	19	23	8457	106093
2036	23810	15715	20	24	8604	114697
2037	24224	15988	20	24	8753	123450
2038	24646	16266	20	24	8906	132356
2039	25074	16549	21	25	9061	141417
2040	25510	16837	21	25	9218	150635
2041	25954	17130	21	26	9379	160013

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE Q – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Manoel Urbano.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	7981					
2022	9287	6130	8	9	3356	3356
2023	9405	6207	8	9	3399	6755
2024	9525	6286	8	9	3442	10196
2025	9646	6366	8	10	3486	13682
2026	9768	6447	8	10	3530	17212
2027	9893	6529	8	10	3575	20786
2028	10018	6612	8	10	3620	24407
2029	10146	6696	8	10	3666	28073
2030	10275	6781	8	10	3713	31786
2031	10405	6868	9	10	3760	35545
2032	10538	6955	9	10	3808	39353
2033	10672	7043	9	11	3856	43209
2034	10807	7133	9	11	3905	47115
2035	10945	7223	9	11	3955	51069
2036	11084	7315	9	11	4005	55074
2037	11225	7408	9	11	4056	59130
2038	11367	7502	9	11	4108	63238
2039	11512	7598	9	11	4160	67398
2040	11658	7694	10	12	4213	71610
2041	11806	7792	10	12	4266	75877

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE R – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Marechal Thaumaturgo.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/dia)	Volume resíduos (m³/dia)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	14227					
2022	18589	12269	15	18	6717	6717
2023	19008	12545	16	19	6869	13586
2024	19437	12828	16	19	7023	20609
2025	19875	13117	16	20	7182	27791
2026	20323	13413	17	20	7344	35135
2027	20781	13715	17	21	7509	42644
2028	21249	14024	18	21	7678	50322
2029	21728	14340	18	22	7851	58173
2030	22218	14664	18	22	8028	66202
2031	22718	14994	19	22	8209	74411
2032	23230	15332	19	23	8394	82805
2033	23754	15677	20	24	8583	91388
2034	24289	16031	20	24	8777	100165
2035	24837	16392	20	25	8975	109140
2036	25396	16762	21	25	9177	118317
2037	25969	17139	21	26	9384	127701
2038	26554	17526	22	26	9595	137296
2039	27152	17921	22	27	9811	147107
2040	27764	18324	23	27	10033	157140
2041	28390	18737	23	28	10259	167399

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE S – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Plácido de Castro.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	17209					
2022	19327	12756	16	19	6984	6984
2023	19515	12880	16	19	7052	14036
2024	19705	13005	16	20	7120	21156
2025	19896	13131	16	20	7189	28345
2026	20089	13259	17	20	7259	35604
2027	20285	13388	17	20	7330	42934
2028	20482	13518	17	20	7401	50335
2029	20681	13649	17	20	7473	57809
2030	20882	13782	17	21	7546	65354
2031	21085	13916	17	21	7619	72973
2032	21290	14051	18	21	7693	80666
2033	21497	14188	18	21	7768	88434
2034	21706	14326	18	21	7843	96277
2035	21917	14465	18	22	7920	104197
2036	22130	14606	18	22	7997	112194
2037	22345	14748	18	22	8074	120268
2038	22562	14891	19	22	8153	128421
2039	22781	15036	19	23	8232	136653
2040	23003	15182	19	23	8312	144965
2041	23226	15329	19	23	8393	153357

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE T – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Porto Acre.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	14880					
2022	18230	12032	15	18	6588	6588
2023	18542	12237	15	18	6700	13288
2024	18858	12446	16	19	6814	20102
2025	19180	12659	16	19	6931	27033
2026	19507	12875	16	19	7049	34081
2027	19840	13094	16	20	7169	41251
2028	20179	13318	17	20	7292	48542
2029	20523	13545	17	20	7416	55958
2030	20873	13776	17	21	7543	63501
2031	21230	14012	18	21	7671	71172
2032	21592	14251	18	21	7802	78975
2033	21960	14494	18	22	7935	86910
2034	22335	14741	18	22	8071	94981
2035	22716	14993	19	22	8209	103189
2036	23104	15249	19	23	8349	111538
2037	23498	15509	19	23	8491	120029
2038	23900	15774	20	24	8636	128665
2039	24307	16043	20	24	8783	137449
2040	24722	16317	20	24	8933	146382
2041	25144	16595	21	25	9086	155468

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE U – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Porto Walter.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	9176					
2022	11812	7796	10	12	4268	4268
2023	12063	7961	10	12	4359	8627
2024	12319	8131	10	12	4452	13079
2025	12581	8304	10	12	4546	17625
2026	12849	8480	11	13	4643	22268
2027	13122	8661	11	13	4742	27010
2028	13401	8845	11	13	4842	31852
2029	13686	9033	11	14	4945	36798
2030	13977	9225	12	14	5051	41848
2031	14274	9421	12	14	5158	47006
2032	14578	9621	12	14	5268	52274
2033	14888	9826	12	15	5380	57654
2034	15204	10035	13	15	5494	63148
2035	15528	10248	13	15	5611	68759
2036	15858	10466	13	16	5730	74489
2037	16195	10689	13	16	5852	80341
2038	16540	10916	14	16	5977	86318
2039	16891	11148	14	17	6104	92421
2040	17250	11385	14	17	6233	98655
2041	17617	11627	15	17	6366	105021

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE V – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Rio Branco.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	336038					
2022	400750	397472	497	596	217616	217616
2023	406675	403349	504	605	220833	438449
2024	412688	409312	512	614	224098	662548
2025	418789	415363	519	623	227411	889959
2026	424981	421504	527	632	230774	1120733
2027	431264	427736	535	642	234185	1354918
2028	437640	434060	543	651	237648	1592566
2029	444110	440477	551	661	241161	1833727
2030	450676	446989	559	670	244727	2078454
2031	457339	453598	567	680	248345	2326799
2032	464100	460304	575	690	252017	2578816
2033	470962	467109	584	701	255742	2834558
2034	477925	474015	593	711	259523	3094081
2035	484991	481023	601	722	263360	3357442
2036	492161	488135	610	732	267254	3624696
2037	499437	495352	619	743	271205	3895901
2038	506821	502675	628	754	275215	4171116
2039	514314	510107	638	765	279284	4450399
2040	521918	517649	647	776	283413	4733812
2041	529634	525302	657	788	287603	5021415

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE W – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Rodrigues Alves.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	14389					
2022	18654	12312	15	18	6741	6741
2023	19062	12581	16	19	6888	13629
2024	19479	12856	16	19	7039	20667
2025	19905	13137	16	20	7193	27860
2026	20340	13424	17	20	7350	35210
2027	20785	13718	17	21	7511	42720
2028	21239	14018	18	21	7675	50395
2029	21704	14325	18	21	7843	58238
2030	22178	14638	18	22	8014	66252
2031	22664	14958	19	22	8189	74442
2032	23159	15285	19	23	8369	82810
2033	23666	15619	20	23	8552	91362
2034	24183	15961	20	24	8739	100100
2035	24712	16310	20	24	8930	109030
2036	25252	16667	21	25	9125	118155
2037	25805	17031	21	26	9325	127479
2038	26369	17404	22	26	9528	137008
2039	26946	17784	22	27	9737	146745
2040	27535	18173	23	27	9950	156694
2041	28137	18570	23	28	10167	166862

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE X – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Santa Rosa do Purus.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	4691					
2022	6431	4244	5	6	2324	2324
2023	6602	4357	5	7	2386	4709
2024	6778	4473	6	7	2449	7158
2025	6958	4592	6	7	2514	9673
2026	7143	4715	6	7	2581	12254
2027	7334	4840	6	7	2650	14904
2028	7529	4969	6	7	2721	17625
2029	7730	5102	6	8	2793	20418
2030	7935	5237	7	8	2867	23285
2031	8147	5377	7	8	2944	26229
2032	8364	5520	7	8	3022	29251
2033	8587	5667	7	9	3103	32354
2034	8815	5818	7	9	3185	35539
2035	9050	5973	7	9	3270	38810
2036	9291	6132	8	9	3357	42167
2037	9538	6295	8	9	3447	45614
2038	9792	6463	8	10	3539	49152
2039	10053	6635	8	10	3633	52785
2040	10321	6812	9	10	3730	56514
2041	10596	6993	9	10	3829	60343

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE Y – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Sena Madureira.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	38029					
2022	45090	37570	47	56	20570	20570
2023	45734	38107	48	57	20864	41433
2024	46388	38652	48	58	21162	62595
2025	47051	39204	49	59	21464	84059
2026	47723	39765	50	60	21771	105831
2027	48406	40333	50	60	22082	127913
2028	49097	40909	51	61	22398	150311
2029	49799	41494	52	62	22718	173029
2030	50511	42087	53	63	23043	196072
2031	51233	42689	53	64	23372	219444
2032	51965	43299	54	65	23706	243150
2033	52708	43918	55	66	24045	267195
2034	53461	44546	56	67	24389	291584
2035	54225	45182	56	68	24737	316321
2036	55001	45828	57	69	25091	341412
2037	55787	46483	58	70	25450	366861
2038	56584	47148	59	71	25813	392674
2039	57393	47821	60	72	26182	418857
2040	58213	48505	61	73	26556	445413
2041	59045	49198	61	74	26936	472349

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE Z – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Senador Guiomard.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	20179					
2022	22502	14852	19	22	8131	8131
2023	22708	17542	22	26	9604	17735
2024	22915	17702	22	27	9692	27427
2025	23124	17863	22	27	9780	37207
2026	23335	18026	23	27	9869	47076
2027	23548	18191	23	27	9959	57036
2028	23762	18357	23	28	10050	67086
2029	23979	18524	23	28	10142	77228
2030	24198	18693	23	28	10234	87462
2031	24419	18863	24	28	10328	97790
2032	24642	19036	24	29	10422	108212
2033	24866	19209	24	29	10517	118729
2034	25093	19384	24	29	10613	129342
2035	25322	19561	24	29	10710	140052
2036	25553	19740	25	30	10808	150859
2037	25786	19920	25	30	10906	161765
2038	26021	20102	25	30	11006	172771
2039	26259	20285	25	30	11106	183877
2040	26498	20470	26	31	11207	195084
2041	26740	20657	26	31	11310	206394

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.

APÊNDICE AA – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Tarauacá.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	35590					
2022	41838	34860	44	52	19086	19086
2023	42405	35333	44	53	19345	38431
2024	42981	35813	45	54	19607	58039
2025	43564	36299	45	54	19874	77912
2026	44155	36791	46	55	20143	98055
2027	44754	37290	47	56	20417	118472
2028	45361	37796	47	57	20694	139165
2029	45977	38309	48	57	20974	160140
2030	46601	38829	49	58	21259	181399
2031	47233	39356	49	59	21547	202946
2032	47874	39890	50	60	21840	224786
2033	48523	40431	51	61	22136	246922
2034	49182	40980	51	61	22436	269358
2035	49849	41536	52	62	22741	292099
2036	50526	42099	53	63	23049	315149
2037	51211	42671	53	64	23362	338511
2038	51906	43250	54	65	23679	362190
2039	52610	43837	55	66	24001	386191
2040	53324	44431	56	67	24326	410517
2041	54048	45034	56	68	24656	435173

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

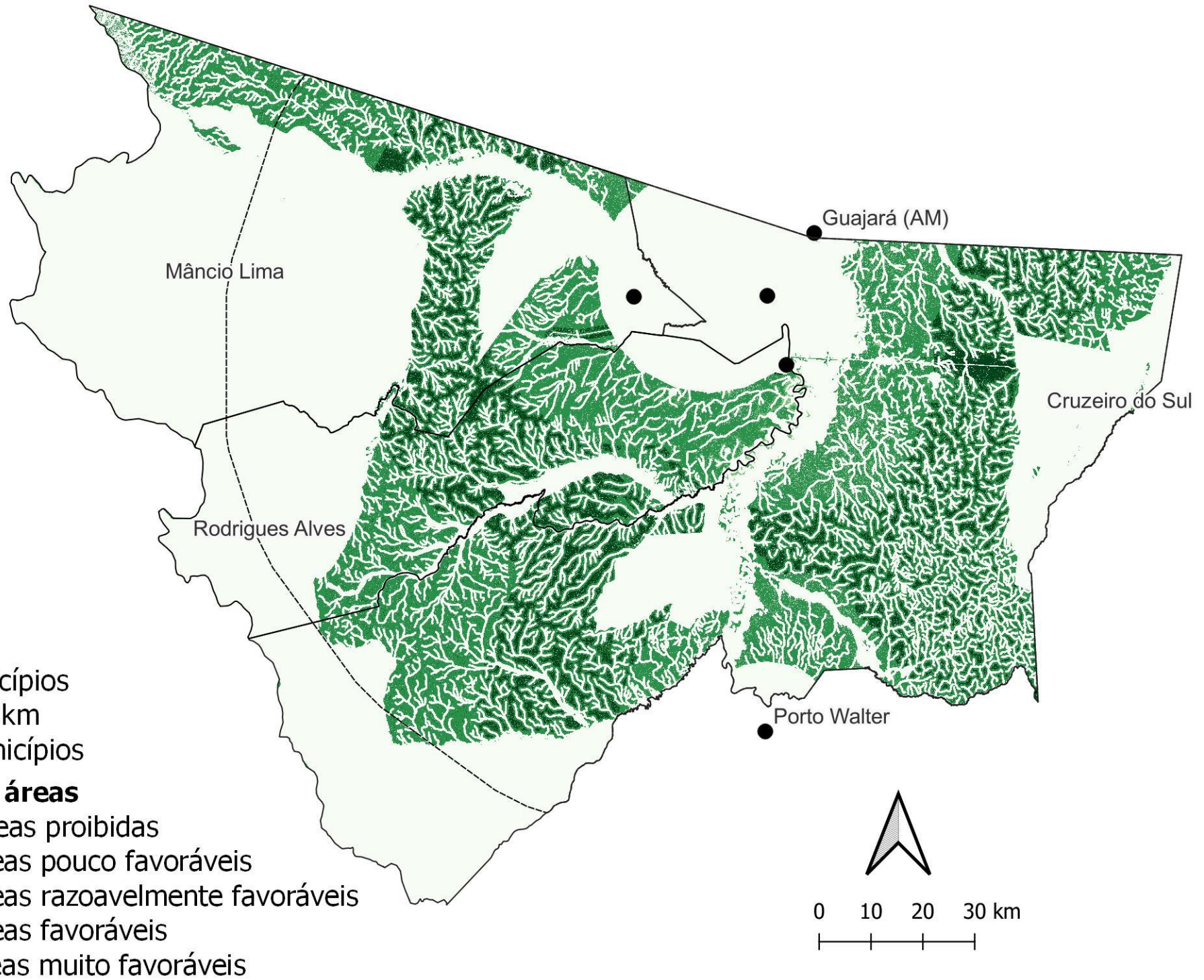
Nota: elaborado pelo autor.

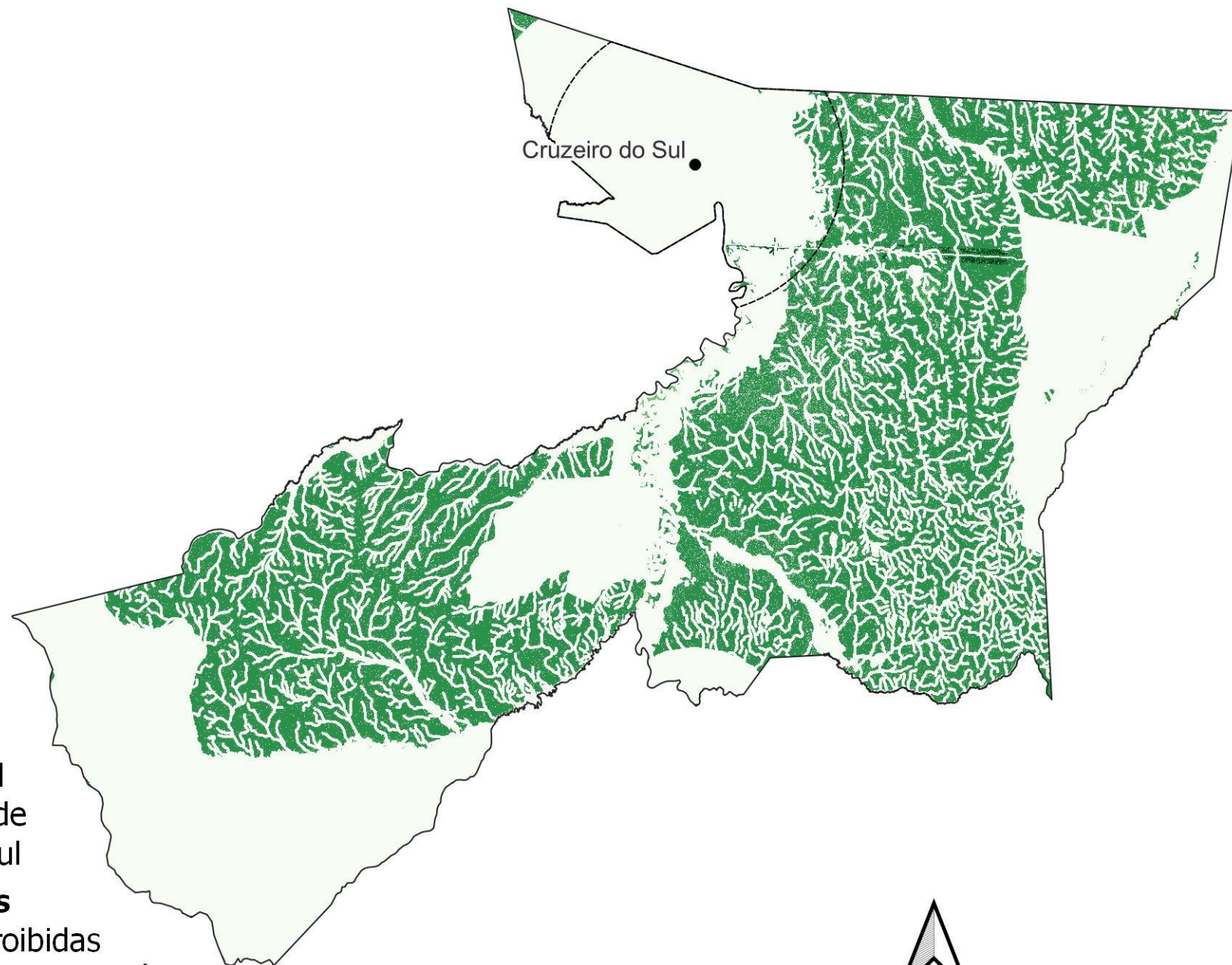
APÊNDICE BB – Estimativa da Geração e volume de resíduos do município de Xapuri.

Ano	População urbana (hab)	Massa de resíduos (kg/d)	Volume resíduos (m³/d)	Volume Total (m³/d)	Volume Total (m³/ano)	Volume Total Acumulado (m³)
2010	16091					
2022	19002	12541	16	19	6866	6866
2023	19267	12716	16	19	6962	13829
2024	19536	12894	16	19	7059	20888
2025	19809	13074	16	20	7158	28046
2026	20085	13256	17	20	7258	35303
2027	20365	13441	17	20	7359	42662
2028	20649	13629	17	20	7462	50124
2029	20937	13819	17	21	7566	57690
2030	21230	14012	18	21	7671	65361
2031	21526	14207	18	21	7778	73139
2032	21826	14405	18	22	7887	81026
2033	22131	14606	18	22	7997	89023
2034	22440	14810	19	22	8109	97132
2035	22753	15017	19	23	8222	105353
2036	23070	15226	19	23	8336	113690
2037	23392	15439	19	23	8453	122142
2038	23718	15654	20	23	8571	130713
2039	24049	15873	20	24	8690	139403
2040	24385	16094	20	24	8811	148215
2041	24725	16319	20	24	8934	157149

Fonte: Acre (2012), Almeida (2016), Brasil (2019, 2021), Carrilho, Candido e Souza (2018), IBGE (2011), Monteiro *et al.* (2001), Recesa (2008), Marques (2011).

Nota: elaborado pelo autor.



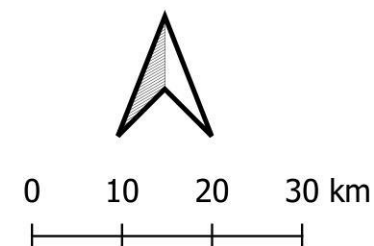


LEGENDA

- Sede Cruzeiro do Sul
- Raio de 20km da sede
- Limite Cruzeiro do Sul

Classificação das áreas

- | | | |
|---|-------------|--------------------------------|
| □ | (0,0) | Áreas proibidas |
| □ | (0,1 - 1,0) | Áreas pouco favoráveis |
| □ | (1,1 - 2,0) | Áreas razoavelmente favoráveis |
| □ | (2,1 - 3,0) | Áreas favoráveis |
| ■ | (> 3,0) | Áreas muito favoráveis |





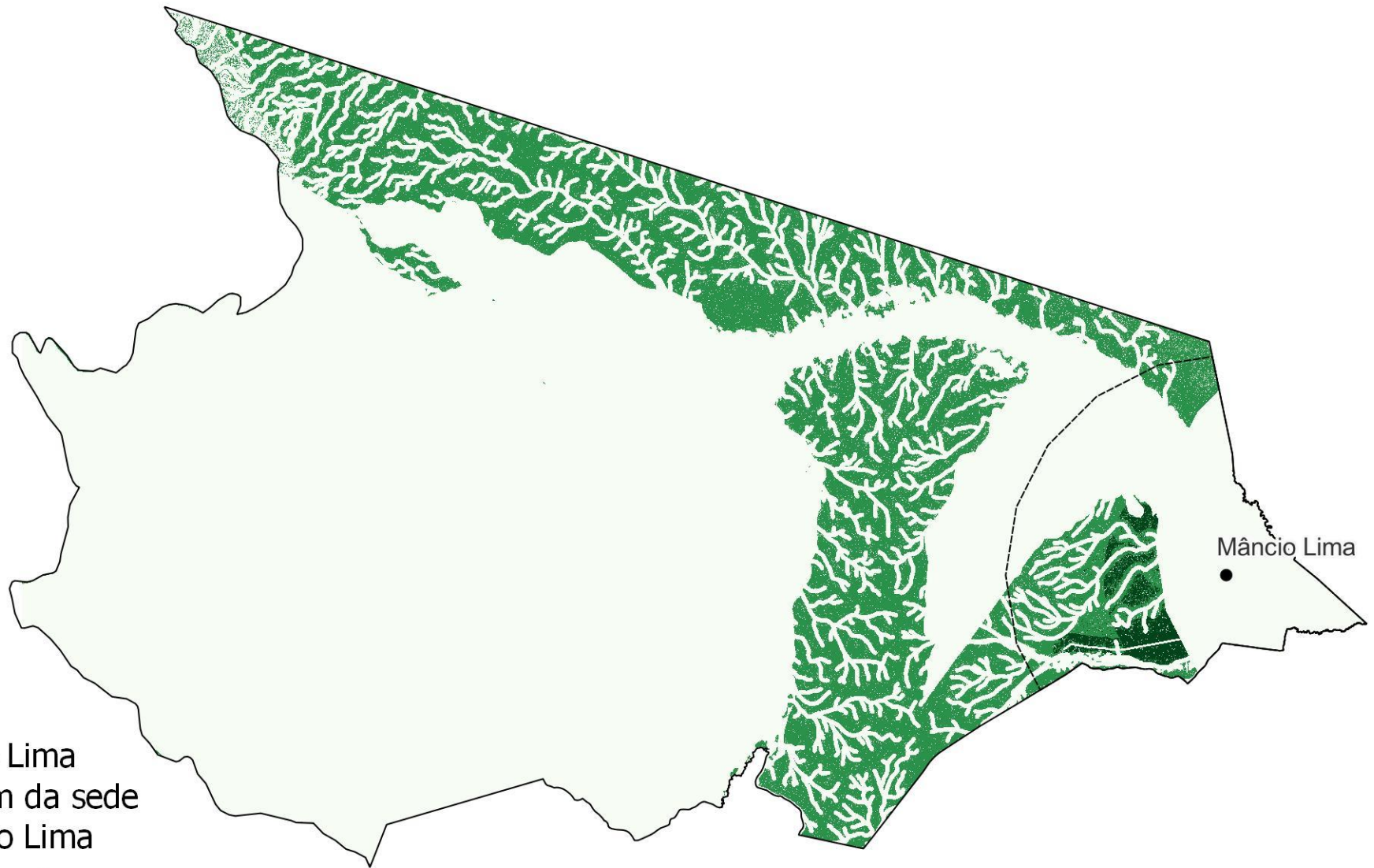
LEGENDA

- Sede Mâncio Lima
- Raio de 20km da sede

APÊNDICE FF ncio Lima

Classificação das áreas

- | | | |
|---|-------------|--------------------------------|
| □ | (0,0) | Áreas proibidas |
| □ | (0,1 - 1,0) | Áreas pouco favoráveis |
| □ | (1,1 - 2,0) | Áreas razoavelmente favoráveis |
| □ | (2,1 - 3,0) | Áreas favoráveis |
| ■ | (> 3,0) | Áreas muito favoráveis |



0 10 20 30 km

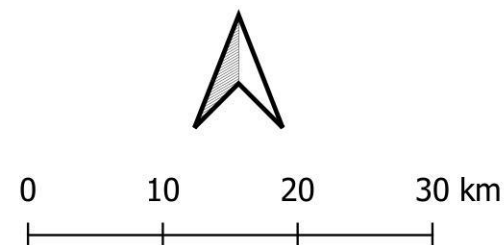


LEGENDA

- Sede Rodrigues Alves
- Raio de 20km da sede
- Limite Rodrigues Alves

Classificação das áreas

- | | | |
|---|-------------|--------------------------------|
| □ | (0,0) | Áreas proibidas |
| □ | (0,1 - 1,0) | Áreas pouco favoráveis |
| □ | (1,1 - 2,0) | Áreas razoavelmente favoráveis |
| ■ | (2,1 - 3,0) | Áreas favoráveis |
| ■ | (> 3,0) | Áreas muito favoráveis |



ANEXOS

ANEXO 1 – Quadro de população residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios - 2010.

Município	Total	Urbana	Urbana na sede municipal	Total percentual	Urbana percentual	Urbana na sede municipal percentual	Área total Km2	Densidade demográfica da unidade territorial Hab/Km2
Acrelândia	12.538	5.916	5.916	100,00%	47,00%	47,00%	1807,9	6,94
Assis Brasil	6.072	3.700	3.700	100,00%	60,00%	60,00%	4974,2	1,22
Brasiléia	21.398	14.257	14.257	100,00%	66,00%	66,00%	3916,5	5,46
Bujari	8.471	3.693	3.693	100,00%	43,00%	43,00%	3034,8	2,79
Capixaba	8.798	3.929	3.929	100,00%	44,00%	44,00%	1702,6	5,17
Cruzeiro do Sul	78.507	55.326	55.326	100,00%	70,00%	70,00%	8779,2	8,94
Epitaciolândia	15.100	10.618	10.618	100,00%	70,00%	70,00%	1654,8	9,13
Feijó	32.412	16.636	16.636	100,00%	51,00%	51,00%	27974,6	1,16
Jordão	6.577	2.272	2.272	100,00%	34,00%	34,00%	5357,3	1,23
Mâncio Lima	15.206	8.750	8.750	100,00%	57,00%	57,00%	5453,0	2,79
Manoel Urbano	7.981	5.278	5.278	100,00%	66,00%	66,00%	10634,5	0,75
Marechal Thaumaturgo	14.227	3.969	3.969	100,00%	27,00%	27,00%	8191,7	1,74
Plácido de Castro	17.209	10.382	8.373	100,00%	60,00%	48,00%	1943,2	8,86
Porto Acre	14.880	1.982	1.982	100,00%	13,00%	13,00%	2604,7	5,71
Porto Walter	9.176	3.323	3.323	100,00%	36,00%	36,00%	6443,9	1,42
Rio Branco	336.038	308.545	308.545	100,00%	91,00%	91,00%	8835,7	38,03
Rodrigues Alves	14.389	4.315	4.315	100,00%	29,00%	29,00%	3077,0	4,68
Santa Rosa do Purus	4.691	1.892	1.892	100,00%	40,00%	40,00%	6145,6	0,76
Sena Madureira	38.029	25.112	25.112	100,00%	66,00%	66,00%	23751,3	1,60
Senador Guiomard	20.179	12.703	12.703	100,00%	62,00%	62,00%	2321,5	8,69
Tarauacá	35.590	19.351	19.351	100,00%	54,00%	54,00%	20171,0	1,76
Xapuri	16.091	10.330	10.330	100,00%	64,00%	64,00%	5347,3	3,01

Fonte: IBGE (2011).

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO - Seção 1

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

RESOLUÇÃO Nº 3, DE 26 DE AGOSTO DE 2019

A PRESIDENTE da FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), no uso de suas atribuições, e em cumprimento ao que determina o Art. 102 da Lei nº 8.443, de 16 de julho de 1992 e a Lei Complementar nº 143 de 17 de julho de 2013, resolve:

Art. 1º Divulgar, as estimativas da População para Estados e Municípios com data de referência em 1º de julho de 2019, constantes da relação anexa, para os fins previstos no inciso VI do Art. 1º da Lei nº 8.443, de 16 de julho de 1992.

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

SUSANA CORDEIRO GUERRA

ANEXO

UF: Acre

ORDEM	MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO
0001	Acrelândia	15.256
0002	Assis Brasil	7.417
0003	Brasília	26.278
0004	Bujari	10.266
0005	Capixaba	11.733
0006	Cruzeiro do Sul	88.376
0007	Epitaciolândia	18.411
0008	Feljó	34.780
0009	Jordão	8.317
0010	Mâncio Lima	18.977
0011	Manoel Urbano	9.459
0012	Marechal Thaumaturgo	18.867
0013	Plácido de Castro	19.761
0014	Porto Acre	18.504
0015	Porto Walter	11.982
0016	Rio Branco	407.319
0017	Rodrigues Alves	18.930
0018	Santa Rosa do Purus	6.540
0019	Sena Madureira	45.848
0020	Senador Guiomard	23.024
0021	Tarauacá	42.567
0022	Xapuri	19.323

Fonte: Brasil (2019).

ANEXO 3 - Portaria n.º PR-268, de 26 de agosto de 2021, publicada no D.O.U n.º 163, ano 159.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

PORTARIA Nº PR-268, DE 26 DE AGOSTO DE 2021

O PRESIDENTE da FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), no uso de suas atribuições, e em cumprimento ao que determina o Art. 102 da Lei nº 8.443, de 16 de julho de 1992 e a Lei Complementar nº 143 de 17 de julho de 2013, resolve:

Art. 1º Divulgar, as estimativas da População para Estados e Municípios com data de referência em 1º de julho de 2021, constantes da relação anexa, para os fins previstos no inciso VI do Art. 1º da Lei nº 8.443, de 16 de julho de 1992.

Art. 2º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

EDUARDO L. G. RIOS NETO

ANEXO

UF: Acre

ORDEM	MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO
0001	Acrelândia	15.721
0002	Assis Brasil	7.649
0003	Brasileia	27.123
0004	Bujari	10.572
0005	Capixaba	12.280
0006	Cruzeiro do Sul	89.760
0007	Epitaciolândia	18.979
0008	Feijó	34.986
0009	Jordão	8.628
0010	Mâncio Lima	19.643
0011	Manoel Urbano	9.701
0012	Marechal Thaumaturgo	19.727
0013	Plácido de Castro	20.147
0014	Porto Acre	19.141
0015	Porto Walter	12.497
0016	Rio Branco	419.452
0017	Rodrigues Alves	19.767
0018	Santa Rosa do Purus	6.893
0019	Sena Madureira	47.168
0020	Senador Guomard	23.446
0021	Tarauacá	43.730
0022	Xapuri	19.866

Fonte: Brasil (2021).