

**SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE ATERRO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (CLASSE II A) NO LITORAL
NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Autor: Ingo Salvador Kuerten

Orientador: Professor Dr. Roberto Verdum

Porto Alegre, Julho de 2018.

Ingo Salvador Kuerten

**SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE ATERRO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (CLASSE II A) NO LITORAL
NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul como
requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em
Geografia.**

Área de Concentração: Análise Ambiental e Territorial

Orientador: Professor Dr. Roberto Verdum

Porto Alegre

2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ingo Salvador Kuerten

10 de julho de 2018.

CIP - Catalogação na Publicação

Kuerten, Ingo Salvador

Seleção de áreas para instalação de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos (classe II A) no Litoral Norte do Rio Grande Sul, Brasil / Ingo Salvador Kuerten. -- 2018.

170 f.

Orientador: Roberto Verdum.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Aterro Sanitário. 2. Resíduos Sólidos Urbanos. 3. Seleção de Áreas. 4. Litoral Norte. 5. Rio Grande do Sul. I. Verdum, Roberto, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Ingo Salvador Kuerten

Título: Retorno ao trabalho: a vivência dos trabalhadores de enfermagem com distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT).

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovado em: 04/06/2018.

Banca Examinadora

Orientador: Prof. Dr. Roberto Verдум

Instituição: IGEO/POSGEA/UFRGS

Prof. Dr.: Sérgio R. Dillenburg

Instituição: IGEO/CECO/UFRGS

Julgamento: APROVADO

Prof. Dr.: Laurindo A. Guasseli

Instituição: IGEO/POSGEA/UFRGS

Julgamento: APROVADO

Prof. Dr.: Antonio Cezar Leal

Instituição: FCT/UNESP

Julgamento: APROVADO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delimitação da área de interesse: Região do COREDE Litoral e da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.	22
Figura 2: Tipos de resíduos sólidos segundo a origem.	26
Figura 3: Processo de tratamento de resíduos sólidos orgânicos por Biodigestor.....	32
Figura 4: Exemplos de composteiras domésticas.	33
Figura 5: Modelo de CTRS para atendimento de população acima de 200.000 hab.	36
Figura 6: Exemplo de Aterro Controlado.....	37
Figura 7: Exemplo de Aterro Sanitário 37	37
Figura 8: Estruturas de um aterro sanitário.	39
Figura 9: Técnicas de operação de aterro pelo método de área.....	40
Figura 10: Exemplo de célula escavada.	41
Figura 11: Aterro em meia encosta em Itajaí/SC.....	42
Figura 12: Etapas do desenvolvimento do estudo de alternativas locais.....	47
Figura 13: Delimitação da região de interesse em relação aos limites estaduais e municipais, com localização dos aterros sanitários existentes no Litoral Norte.....	49
Figura 14: Mapa da área de estudo.	70
Figura 15: Zonas de exclusão no entorno de aeródromos.	71
Figura 16: Zonas de exclusão no entorno de unidades de conservação da natureza.	72
Figura 17: Comparação entre o arquivo <i>shapefile</i> original (A) no município de Balneário Pinhal e após a edição (B).....	73
Figura 18: Áreas de exclusão por proximidade com obras de infraestrutura.	74
Figura 19: Pré-seleção de áreas aptas a partir das variáveis Interferência em Terras Indígenas, quilombolas, Comunidades Tradicionais, Assentamentos da Reforma Agrária e Patrimônio Arqueológico, Histórico e/ou Cultural.	75
Figura 20: Áreas de exclusão unificadas.....	77
Figura 21: Área excluída no extremo norte, entre os municípios de Torres, Mampituba e Morrinhos do Sul. Dividida entre morros e planície de inundação, com alto percentual de ocupação.	79
Figura 22: Área excluída do processo de seleção no extremo sul da área de estudo. Percebe-se a oeste da rodovia BR-101 a ocupação das áreas mais úmidas com rizicultura, enquanto a leste notam-se os campos de dunas, lagoas costeiras e silvicultura.	80

Figura 23: Área Norte, entre a Lagoa de Itapeva e os núcleos urbanos do balneário de Arroio do Sal, dividido pela rodovia estadual ERS-389. Em laranja a zona de exclusão, que limita as áreas disponíveis.	81
Figura 24: Vista da área a leste da ERS-389. Em laranja, a área restrita de expansão urbana.	82
Figura 25: Áreas selecionadas para avaliação na Área Norte (em amarelo), a oeste da ERS-389. Uma delas foi escolhida para avaliação, durante os levantamentos de campo.	83
Figura 26: Área 1-A. Área plana e aparentemente seca, sem cursos ou corpos d'água, já impactada pela silvicultura e pecuária.	84
Figura 27: Área 1-B. Totalmente ocupada com silvicultura.	84
Figura 28: Área 1-C: ocupada com silvicultura (coloração verde escura) e pastagens (noroeste da área). Percebem-se ao menos dois canais de drenagem no terreno.	85
Figura 29: Áreas 2-A e 2-B, no município de Cidreira.	86
Figura 30: Área Sul: áreas restritas (em laranja); porções de terra que não sofreram restrições legais durante o processo de pré-seleção e áreas selecionadas (3-A e 3-B).	87
Figura 31: Vista da área 3-A (em amarelo). Ao sul o parque eólico e a leste a Lagoa do Cipó.	88
Figura 32: Área 3-B (em amarelo), totalmente ocupada por silvicultura. Ao norte a Lagoa da Lavagem e a Terra Indígena Capivari; e no extremo noroeste da figura encontra-se o limite sul da localidade de Granja Vargas.	89
Figura 33: Área 1-A (área norte), com pontos coletados e trajeto percorrido.	90
Figura 34: Distâncias entre a área norte e residências próximas.	91
Figura 35: Entrada de Acesso à Área Norte a partir da rodovia ERS-389.	92
Figura 36: identificação de APP's.	93
Figura 37: APP's identificadas durante levantamento de campo. Fotos A-B: Capão com vegetação arbórea nativa ao lado de espécimes de eucalipto ao sul da área; fotos C-D: Capão com vegetação arbórea nativa no extremo norte da área; Fotos E-F: Área úmida identificada junto ao limite nordeste.	94
Figura 38: Árvores nativas isoladas, encontradas na área norte. Foto A: exemplar de caraguatá (<i>Bromelia pinguin</i>) em dreno artificial, entre gramíneas; Foto B: exemplar de maria mole (<i>Dendropanax cuneatum</i>) junto à cerca; Fotos C-D: espécimes nativos diversos.	95
Figura 39: Em vermelho, as áreas com processos minerários de argila. Figura A: processos minerários próximos ao litoral norte, em suas diversas fases; Figura B: Após seleção, jazidas comerciais de argila. A área de estudo encontra-se a leste, enquanto em laranja aparecem as áreas de exclusão.	96

Figura 40: Consulta e identificação de jazidas comerciais de argila por município, através do sitio eletrônico do DNPM.	97
Figura 41: Identificação das jazidas de argila (em vermelho) mais próximas da área norte.	97
Figura 42: Trajetos e distâncias aproximadas entre a área norte e as jazidas de argila mais próximas. Foto A: Jazida no município de Três Forquilhas; Foto B: Jazida no município de Torres.....	98
Figura 43: Seleção dos municípios para criação da tabela de informações municipais.	99
Figura 44: Gráfico dos municípios da área de estudo, por população rural e urbana (2010) e população total (estimada, para o ano de 2017).	101
Figura 45: Interface do programa QuantumGIS e a ferramenta “Matriz de distância”.	102
Figura 46: A: População e distâncias médias entre a área norte e os cinco municípios mais populosos da área de estudo.....	103
Figura 47: Zoneamento do município de Arroio do Sal e localização da área norte ().	105
Figura 48: Gráfico da velocidade média e direção predominante dos ventos da estação meteorológica Torres. Fonte: Série Histórica 1960-1990, INMET.....	106
Figura 49: As setas indicam a direção predominante dos ventos na área norte e os círculos em vermelho marcam as residências existentes próximas da área.	107
Figura 50: Locais de perfuração e sondagem na área norte.	109
Figura 51: Foto A: Local da sondagem S01; foto B: identificação do N.A.; foto C: perfil do Solo até o NA; foto D: Detalhe do solo próximo ao N.A.....	110
Figura 52: Foto A: amostras do perfil de solo no furo S02; foto B: detalhe da sondagem.	111
Figura 53: Foto A: local da sondagem S03 – campo ocupado com pecuária; foto B: destaque para gramíneas da espécie <i>Cynodon spp.</i>	111
Figura 54: Entrada de acesso às áreas pré-selecionadas para classificação na área central.	113
Figura 55: Localização e distância entre as áreas centrais e a área sul.	114
Figura 56: Área 3-A (área central), com pontos coletados e trajeto percorrido.	115
Figura 57: Distâncias entre a área central e núcleos habitacionais próximos.	116
Figura 58: Estrada municipal que dá Acesso à área central a partir da rodovia ERS-040, distante 8,4 km.....	117
Figura 59: Identificação de APP’s na área central.	118
Figura 60: Vista dos capões de vegetação nativa próximos à área úmida identificada a leste da área central.	119
Figura 61: Vista das áreas mal drenadas existentes à oeste da área central.	119

Figura 62: Fotos da cobertura vegetal da área central: gramíneas nas extremidades e eucalipto ao centro.....	120
Figura 63: Identificação das jazidas de argila (em vermelho) mais próximas da área central.	121
Figura 64: Trajeto e distância aproximada entre a área central e a jazida de argila mais próxima, no distrito de Águas Claras, município de Viamão.	122
Figura 65: A: População e distâncias médias entre a área central e os cinco municípios mais populosos da área de estudo; B: distância entre a área central e todos os municípios.	123
Figura 66: Gráfico da velocidade média (km/h) e direção predominante dos ventos da estação meteorológica Porto Alegre.....	125
Figura 67: Fragmento do mapa com a Rosa dos Ventos Anuais, apresentando as frequências e direções predominantes em cada região, com destaque para a área de estudo (inserida no círculo vermelho).	126
Figura 68: As setas indicam a direção predominante dos ventos na área central. Não há núcleos habitacionais nesta direção; a ocupação se dá essencialmente por florestas exóticas, agricultura e pecuária.	126
Figura 69: Localização dos poços (pontos na cor ciano) para abastecimento humano mais próximos da área central (polígono amarelo).	127
Figura 70: Locais de perfuração e sondagem na área central.....	130
Figura 71: Foto A: Local da sondagem S01; foto B: perfuração até 1,2 m de profundidade; foto C: NA não detectado; foto D: perfil de solo no furo S01.	131
Figura 72: Local da sondagem S02, amostras de solo e trado completamente inserido no furo de sondagem.	132
Figura 73: Foto A: local da sondagem S03 – divisa floresta de eucalipto / campo com gramíneas; foto B: perfil de solo na área da sondagem S03.	133
Figura 74: Localização da área sul (em amarelo) no município de Palmares do Sul.	135
Figura 75: Vista para noroeste a partir da área sul, às margens da estrada que liga o balneário de Dunas Altas à localidade de Granja Vargas, em Palmares do Sul.....	135
Figura 76: Distâncias entre a área central e núcleos habitacionais próximos.	136
Figura 77: Estrada municipal que dá acesso à área sul a partir da rodovia BR-101.....	137
Figura 78: Identificação de APP's na área sul.....	138
Figura 79: Exemplos de Jerivá (<i>Syagrus romanzoffiana</i>) identificados no interior da área sul e exemplares de cactos (<i>Opuntia monacantha</i>) identificados ao longo do limite nordeste da área, paralelo à estrada municipal.	139

Figura 80: Identificação das jazidas de argila () mais próximas da área sul.	141
Figura 81: Trajeto e distância aproximada entre a área sul e a jazida de argila mais próxima, localizada no distrito de Águas Claras, município de Viamão.	141
Figura 82: A: População e distâncias médias entre a área sul e os cinco municípios mais populosos da área de estudo; B: distância entre a área sul e todos os municípios.	143
Figura 83: Recorte do mapa Frequência x Direção anual dos ventos, com enfoque na área sul.	144
Figura 84: As setas indicam a direção predominante dos ventos e a 1,2 km a nordeste se encontra uma aldeia indígena.	145
Figura 85: Localização dos poços (pontos na cor ciano) para abastecimento humano mais próximos da área central (triângulo amarelo).	146
Figura 86: Locais de perfuração e sondagem na área sul.	148
Figura 87: Foto A: Local da sondagem S01; foto B: detalhe do ponto de perfuração; foto C: perfil de solo no furo S01.	149
Figura 88: Local da sondagem S02 e detalhes do solo encontrado.	150
Figura 89: Foto A: local da sondagem; foto B: Furo S03; foto C: perfil de solo na área da sondagem S03.	151
Figura 90: Detalhes do furo de sondagem S04.	152
Figura 91: Detalhes do furo de sondagem S05 e do material encontrado.	153
Figura 92: Furo de sondagem S06 e perfil de solo no local.	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Situação dos resíduos sólidos nos municípios da área de estudo.	29
Tabela 2: Descrição das fontes de informação levantadas.	50
Tabela 3: Parâmetro, referência e restrição de cada critério.	54
Tabela 4: Classificação conforme o item <i>distanciamento de Núcleos Habitacionais</i>	59
Tabela 5: Classificação conforme o item <i>Acesso Rodoviário</i>	60
Tabela 6: Classificação conforme o item <i>Áreas de Preservação Permanente</i>	60
Tabela 7: Classificação conforme o parâmetro <i>Disponibilidade de Material de Cobertura</i>	60
Tabela 8: Classificação conforme <i>Distância do Centro de Geração de Massa de Resíduos</i>	61
Tabela 9: Classificação de áreas conforme o parâmetro <i>Impedimentos Legais referentes ao Uso do Solo</i>	62

Tabela 10: Classificação conforme Direção dos Ventos Predominantes.....	62
Tabela 11: Classificação conforme o parâmetro <i>distanciamento de pontos de captação de água para abastecimento humano</i>	63
Tabela 12: Apresenta as classes do parâmetro <i>Impacto na paisagem</i>	64
Tabela 13: Classificação conforme o parâmetro percentual de cobertura vegetal nativa.....	65
Tabela 14: Coeficiente de permeabilidade (k) típica para solos, por tipo de solo.....	66
Tabela 15: Classificação das áreas conforme o parâmetro <i>Tipo de solo e Profundidade do Lençol Freático</i>	66
Tabela 16: Pontuação das áreas conforme parâmetros de análise.....	67
Tabela 17: Classificação final das áreas.....	69
Tabela 18: Avaliação do item “Distância de núcleos habitacionais” na área norte.....	91
Tabela 19: Avaliação do item “Acesso Rodoviário” na área norte.....	92
Tabela 20: Avaliação do item “Distância de APP’s” na área norte.....	93
Tabela 21: Avaliação do item “Percentual de Cobertura Vegetal Nativa” na área norte.....	95
Tabela 22: Avaliação do item “Disponibilidade de material de cobertura” na área norte.....	98
Tabela 23: Dados populacionais utilizados para avaliação do parâmetro “distância dos centros geradores de massa de resíduos”.....	100
Tabela 24: Municípios da área de estudo, dados populacionais e distância da área norte.....	102
Tabela 25: Classificação da área norte segundo o item “Distância dos centros geradores de massa de resíduos”.....	104
Tabela 26: Classificação da área norte segundo o parâmetro “Impedimentos Legais do Uso do Solo”.....	105
Tabela 27: Classificação da área norte segundo o item “Direção dos ventos e núcleos habitacionais”.....	107
Tabela 28: Classificação a área norte segundo o parâmetro “Distância de pontos de captação de água para abastecimento humano”.....	108
Tabela 29: Classificação da área norte segundo o item “Impacto na paisagem”.....	109
Tabela 30: Dados das sondagens realizadas na área norte.....	112
Tabela 31: Classificação da área norte segundo o parâmetro “Tipo de Solo e Profundidade do N A”.....	113
Tabela 32: Avaliação do item “Distância de núcleos habitacionais” na área central.....	116
Tabela 33: Avaliação do item “Acesso Rodoviário” na área central.....	118
Tabela 34: Avaliação do item “Distância de APP’s” na área central.....	120

Tabela 35: Avaliação do item “Percentual de Cobertura Vegetal Nativa” na área norte.	120
Tabela 36: Avaliação do item “Disponibilidade de material de cobertura” na área central.	122
Tabela 37: Municípios da área de estudo, dados populacionais e distância da área central.	123
Tabela 38: Classificação da área central segundo o item “Distância dos centros geradores de massa de resíduos”.	124
Tabela 39: Classificação da área central segundo o parâmetro “Impedimentos Legais do Uso do Solo”.	124
Tabela 40: Classificação da área central segundo o item “Direção dos ventos e núcleos habitacionais”.	127
Tabela 41: Classificação a área central segundo o parâmetro “Distância de pontos de captação de água para abastecimento humano”.....	128
Tabela 42: Classificação da área central segundo o item “Impacto na paisagem”.....	128
Tabela 43: Coeficiente de permeabilidade (k) típica, por tipos de solo.....	129
Tabela 44: Dados das sondagens realizadas na área central.....	133
Tabela 45: Classificação da área central segundo o parâmetro “Tipo de Solo e Profundidade do N A”.	134
Tabela 46: Avaliação do item “Distância de núcleos habitacionais” na área sul.	136
Tabela 47: Avaliação do item “Acesso Rodoviário” na área sul.....	138
Tabela 48: Avaliação do item “Distância de APP’s” na área sul.	140
Tabela 49: Avaliação do item “Percentual de Cobertura Vegetal Nativa” na área sul.	140
Tabela 50: Avaliação do item “Disponibilidade de material de cobertura” na área sul.	142
Tabela 51: Municípios da área de estudo, dados populacionais e distância da área sul.	142
Tabela 52: Classificação da área sul segundo o item “Distância dos centros geradores de massa de resíduos”.	143
Tabela 53: Classificação da área sul segundo o parâmetro “Impedimentos Legais do Uso do Solo”.	144
Tabela 54: Classificação da área norte segundo o item “Direção dos ventos e núcleos habitacionais”.	145
Tabela 55: Classificação da área sul segundo o parâmetro “Distância de pontos de captação de água para abastecimento humano”.....	146
Tabela 56: Classificação da área sul segundo o item “Impacto na paisagem”.....	147
Tabela 57: Dados das sondagens realizadas na área sul.....	154

Tabela 58: Classificação da área sul segundo o parâmetro “Tipo de solo e Profundidade do N A”.
..... 156

Tabela 59: Síntese dos resultados de cada área para os onze itens avaliados. 156

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Objetivos	19
1.1.1	Objetivo Geral	19
1.1.2	Objetivos Específicos.....	19
1.2	Justificativa.....	19
1.3	Caracterização da Área de Estudo	20
2	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	23
2.1	Definição Conceitual	23
2.2	Histórico da Geração de Resíduos Sólidos	23
2.3	Classificação de Resíduos Sólidos.....	24
2.3.1	Resíduos Sólidos segundo o Processo ou Origem.....	25
2.4	Resíduos Sólidos segundo a Fonte Geradora	26
2.4.1	Resíduos Domiciliares	27
2.4.2	Resíduos Comerciais.....	27
2.4.3	Resíduos Industriais.....	27
2.4.4	Resíduos da Construção Civil RCC.....	27
2.4.5	Resíduos Agrossilvopastoris	28
2.4.6	Resíduos de Atividades de Mineração	28
2.4.7	Resíduos de Serviços de Saúde	28
2.4.8	Resíduos Nucleares.....	28
2.4.9	Resíduos de Estações de Tratamento de Efluentes (Lodos).....	29
2.5	Resíduos Sólidos Urbanos na Área de Estudo	29
2.6	Conclusão sobre Resíduos Sólidos	31
3	DESTINAÇÃO ADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	32
3.1	Biodigestores	32
3.2	Compostagem.....	33
3.2.1	Compostagem Doméstica.....	33
3.3	Incineradores	34
3.4	Tecnologia de Plasma	34
3.5	Central de Tratamento de Resíduos Sólidos	35

3.6	Aterro Controlado	37
3.7	Aterro Sanitário	37
3.7.1	Técnicas Construtivas de Aterro Sanitário.....	39
3.8	Considerações em Relação ao Método de Destinação Ambientalmente Adequada de Resíduos Sólidos Urbanos para a Área de Estudo	42
4	SIG COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL	43
4.1	Definição Conceitual	43
4.2	SIG como Ferramenta de Gestão Ambiental.....	43
4.3	Uso do SIG para Seleção de Áreas para Instalação de Aterro Sanitário.....	44
4.4	Seleção de Áreas e a Análise Multicritérios.....	45
5	METODOLOGIA	46
5.1	Dimensionamento de Área mínima	47
5.1.1	Cálculo da Área Mínima Necessária	48
5.2	Seleção da Área de Estudo	48
5.3	Criação do Banco de Dados SIG	50
5.4	Critérios Eliminatórios Aplicados na Área Total da Região de Interesse.....	50
5.4.1	Distância Mínima de Aeródromos.....	51
5.4.2	Interferência em Unidades de Conservação	51
5.4.3	Distanciamentos Mínimos de Obras de Infraestrutura	52
5.4.4	Distanciamento de Manchas urbanas.....	53
5.4.5	Áreas de Preservação Permanente	53
5.4.6	Interferência em Terras Indígenas, Quilombolas, Comunidades Tradicionais e Assentamentos da Reforma Agrária	54
5.4.7	Interferência em Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural	54
5.4.8	Resumo da Aplicação dos Critérios Eliminatórios	54
5.5	Operacionalização da Classificação.....	55
5.5.1	Preparação da Base de Informações Georreferenciadas	55
5.5.1.1	Aeródromos.....	56
5.5.1.2	Unidades de Conservação	56
5.5.1.3	Obras de Infraestrutura	56
5.5.1.4	Áreas de Preservação Permanente.....	57
5.5.2	Pré-Seleção das Áreas Disponíveis	57
5.6	Avaliação das Áreas Disponíveis	57

5.6.1	Metodologia de Classificação das Áreas	59
5.6.2	Classificação das Áreas Seleccionadas.....	66
5.6.3	Resumo da Metodologia de Classificação das Áreas	69
6	PRÉ-SELEÇÃO DE ÁREAS DISPONÍVEIS	70
6.1	Distância Mínima de Aeródromos.....	70
6.2	Interferência em Unidades de Conservação	71
6.3	Distanciamento de Obras de Infraestrutura.....	72
6.4	Interferência em Terras Indígenas, Quilombolas, Comunidades Tradicionais, e Assentamentos da Reforma Agrária e Patrimônio Arqueológico, Histórico e/ou Cultural.....	74
6.5	Resultados da Pré-seleção de Áreas.....	76
6.5.1	Área Norte.....	80
6.5.2	Área Central	85
6.5.3	Área Sul.....	87
7	AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS.....	90
7.1	Área Norte	90
7.2	Área Central	113
7.3	Área Sul.....	134
7.4	Resultados da Classificação e Comparações entre as Áreas	156
8	DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....	158
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162

Resumo

O litoral norte do estado do Rio Grande do Sul é composto por vinte e um municípios, com uma população fixa de aproximadamente 330.000 habitantes e nenhum aterro sanitário para receber os resíduos sólidos urbanos produzidos na região. Este trabalho visa identificar e classificar áreas potenciais à instalação de um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos na região do litoral norte do Rio Grande do Sul. Para a obtenção deste objetivo a pesquisa foi segmentada em duas etapas: a primeira consistiu no mapeamento, criação de banco de dados SIG, aplicação de técnicas de georreferenciamento e exclusão de áreas legalmente impedidas de receber tais atividades; a segunda etapa consistiu na seleção e classificação de três áreas dentre as porções restantes da fase de exclusão para indicação da mais apta para receber um aterro sanitário. Os resultados mostram que 83% da região do litoral norte está legalmente impedida, por um ou mais parâmetros, de receber um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, restando 17% da área estudada. Dentre as três áreas selecionadas para o estudo classificatório, a área central, localizada no município de Palmares do Sul, foi considerada a mais apta para receber este tipo de empreendimento, mostrando que é possível encontrar soluções locais para a disposição final de resíduos sólidos urbanos no litoral norte do Rio Grande do Sul.

Palavras Chave: Aterro Sanitário - Resíduos Sólidos Urbanos - Litoral Norte – Rio Grande do Sul

Abstract

The north coast of the Rio Grande do Sul state is composed by twenty-one counties, with a fixed population of 330,000 inhabitants, approximately and no one landfill to receive the urban solid waste produced in this region. This work aims to identify and classify potential areas for the installation of an urban solid waste landfill in the region of the north coast of Rio Grande do Sul. In order to achieve this objective, the research was segmented into two stages: the first one consisted of mapping, creation of GIS database, application of georeferencing techniques and exclusion of areas legally prevented from receiving such activities; the second stage consisted in the selection and classification of three areas among the remaining portions of the exclusion phase to indicate the most suitable to receive a sanitary landfill. The results show that 83% of the northern coast region is legally prevented, by one or more parameters, from receiving a sanitary landfill of urban solid waste, remaining 17% of the studied area. Among the three areas selected for the classificatory study, the

central area, located in the municipality of Palmares do Sul, was considered the most suitable to receive this type of project, showing that it's possible to find local solutions for the final disposal of urban solid waste in the the northern coast of Rio Grande do Sul.

Keywords: Sanitary Landfill – Urban Solid Waste - North Coast – Rio Grande do Sul

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a Lei Federal nº 12.305 de 2010 trata da regulamentação para disposição dos resíduos sólidos. Conforme seu artigo 1º:

“...institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis”.

Dentre as prioridades apresentadas pela Lei e pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos, encontram-se a eliminação dos lixões e a reabilitação dessas áreas, implantação de aterros sanitários, redução dos resíduos secos recicláveis e dos resíduos úmidos compostáveis dispostos nesses aterros, recuperação energética dos gases gerados em aterros sanitários e a inclusão, através de cooperativas, de 600 mil catadores de materiais recicláveis (AMARO e VERDUM, 2016).

A destinação final dos resíduos é uma questão delicada. Somente o município de Porto Alegre produz aproximadamente 2,2 mil toneladas de resíduos sólidos por dia (DMLU, 2013). Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a destinação final dos resíduos deve ser feita em aterros sanitários.

Ainda conforme a PNRS, entende-se por disposição final ambientalmente adequada (Capítulo II – Definições, artigo 3º):

“A distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

A gestão de resíduos sólidos na região do litoral gaúcho, objeto desta pesquisa, é uma preocupação adicional em relação ao ambiente costeiro e sua capacidade de recebimento deste tipo de resíduo. Uma vez que a ocupação urbana do litoral está cada vez mais consolidada, e que a população permanente e temporária gera resíduos, se faz premente a gestão ambientalmente adequada dos resíduos gerados naquela região.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar e classificar áreas para instalação de Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos Classe II-A, na região formada pelas áreas do COREDE Litoral e da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, para disposição final dos resíduos sólidos gerados na região, a qual se encontra na iminência de ficar sem uma solução local para a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar as áreas de exclusão para a instalação de aterro sanitário, conforme parâmetros técnico-científicos pré-definidos;
- b) Selecionar três áreas previamente aptas para recebimento de um aterro sanitário; e
- c) Classificar as três áreas, conforme parâmetros técnico-científicos, para identificar dentre elas, a mais apta.

1.2 Justificativa

A contribuição que se busca fazer, sob o ponto de vista geográfico, é identificar áreas aptas a receber aterros sanitários no litoral norte do RS. Estas áreas devem apresentar características que visem a minimizar os impactos sofridos pelo ambiente por conta deste tipo de atividade.

Atualmente, encontram-se alguns aterros sanitários na região, os quais recebem regularmente os resíduos gerados por seus municípios, caso dos aterros de Osório e de Capão da Canoa. Porém, estes aterros têm autorização para recebimento e disposição final apenas dos rejeitos gerados no próprio município. Acontece que a região do litoral norte do RS é composta por 21 municípios.

O Aterro Sanitário Loreno Schenkel, instalado no município de Tramandaí desde o ano de 1997, atende atualmente 14 municípios, sendo três da região da serra gaúcha (Cambará do Sul, Jaquirana e São José dos Ausentes) e o restante da região do litoral (Arroio do Sal, Cidreira, Imbé, Maquiné, Palmares do Sul/Quintão, Balneário Pinhal, Santo Antônio da Patrulha, Tavares, Terra de Areia, Tramandaí e Xangri-lá). Compõe um total populacional de aproximadamente 200.000 habitantes fixos (IBGE, 2016). Durante o período de veraneio, com o aumento sazonal da população nos municípios litorâneos, o número de pessoas (e conseqüentemente de resíduos gerados) também

aumenta consideravelmente, na mesma proporção em que aumenta a importância destas áreas ambientalmente adequadas para o recebimento destes resíduos.

A licença de operação deste aterro sanitário está vencida e, desde o ano de 2016, ele vem operando de forma provisória, em caráter emergencial, pois o órgão ambiental de fiscalização (FEPAM-RS) informou aos proprietários da área que não renovaria sua licença de operação. Segundo seu entendimento, a área não é adequada para receber resíduos sólidos urbanos, mesmo que estes sejam classificados como não perigosos. Uma das alegações feitas pela FEPAM-RS para sentenciar o encerramento das operações no local é a baixa profundidade do lençol freático na área, o qual estaria a uma profundidade inferior a 1,5 metros, fator indicado em normas técnicas como limitante para instalação e operação de aterros sanitários.

Por outro lado, o entorno da região do litoral norte é composto por áreas em sua maioria consideradas como de uso restrito para este tipo de atividade, como as escarpas do planalto, a área da lagoa dos barros e a reserva da biosfera da mata atlântica, dentre outras. Os aterros sanitários mais próximos da região do litoral norte encontram-se na região metropolitana de Porto Alegre (no município de São Leopoldo) e em Minas do Leão, distando aproximadamente 140 km e 200 km respectivamente, do ponto mais próximo da área de estudo. Além disso, o transporte dos resíduos para esses locais ocasiona maior risco de contaminação em áreas ambientalmente sensíveis, como as proximidades da Lagoa dos Barros e dos banhados existentes na APA do banhado Grande, sem contar nos custos de transporte.

Daí a importância de se encontrar ao menos uma área com capacidade para oferecer uma solução consorciada aos municípios daquela região, para o recebimento e a disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Porém, existe uma série de outros fatores a ser levados em conta quando se pretende identificar uma área para instalação desse tipo de atividade. A classificação de áreas com estas condições, como destacado anteriormente, é o objetivo principal desta pesquisa.

1.3 Caracterização da Área de Estudo

O litoral gaúcho se divide em três partes, nomeadamente o litoral norte, médio e sul, possuindo uma extensão de 618 km. Devido a sua idade geológica recente (cerca de 500.000 AP.), apresenta ecossistemas específicos a esta temporariedade, frágeis e raros (FEPAM, 2000).

A delimitação da área de interesse dessa pesquisa consiste na região do litoral norte junto aos limites da região do COREDE Litoral. Isso porque alguns municípios que se encontravam, no início dessa pesquisa, atendidos por um aterro sanitário existente no município de Tramandaí (e, portanto,

dentro da área de estudo) não se encontram na região do litoral norte, mesmo que seus resíduos estivessem sendo dispostos na região. Por outro lado, a maioria dos municípios do COREDE Litoral se encontram inseridos na região do litoral norte. Assim, decidiu-se pela união das duas áreas (COREDE Litoral e região do Litoral Norte do RS) para definição da área de estudo.

Seguindo recomendação contida no Plano Estadual de Resíduos Sólidos, o qual sugere a busca por soluções consorciadas entre os municípios para destinação ambientalmente adequada de seus resíduos, buscou-se avaliar áreas constantes na região 10, a qual coincide com a região do Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE) Litoral. Os COREDES consistem em uma regionalização dos municípios do estado do Rio Grande do Sul proposta pela Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuse (FEE) conforme o perfil socioeconômico e localização geográfica de cada município. Atualmente, existem 28 COREDES no estado do Rio Grande do Sul (FEE, 2015).

O COREDE Litoral possui população de aproximadamente 330.000 (trezentos e trinta mil habitantes), distribuídos em uma área estimada em 7.115,8 km², apresentando densidade demográfica de 43 hab/km². Atualmente, o Aterro Sanitário Lorenzo Schenkel, localizado no município de Tramandaí, atende 14 municípios, dos quais 11 municípios estão inseridos no COREDE Litoral.

A região do litoral norte pode ser dividida conforme suas características físicas e morfológicas em duas partes notadamente distintas, entre sua metade norte (de Tramandaí a Torres) e sua porção sul (de Tramandaí aos limites de Palmares do Sul).

De Tramandaí até o limite norte do estado, a planície costeira é estreita e tem o seu limite interno marcado pelas escarpas da Serra Geral, borda leste da bacia do Paraná, chegando até a linha de costa atual, em Torres, formando ali o único promontório rochoso deste trecho da costa (VILLWOCK, 1994). Segundo FEPAM (2000), após a zona de interface com o mar, identifica-se a típica planície sedimentar costeira (composta por dunas primárias, secundárias e terciárias), depois se segue o cordão de lagoas litorâneas, chegando até a encosta da serra, formada pelos rios Maquiné e Três forquilhas. Esta área localiza-se sobre a poligonal da reserva da biosfera da Mata Atlântica, cuja zona núcleo consiste em uma área de preservação permanente de interesse nacional.

Um pouco mais ao sul, ainda na área de estudo, encontram-se os municípios de Cidreira, Balneário Pinhal, Palmares do Sul e Mostardas, os quais apresentam características ambientais semelhantes, como uma costa retilínea, com orientação NE-SW a frente de sucessões de cordões litorâneos, os quais estão em muitos pontos recobertos por extensos campos de dunas, que progradam sobre banhados e um conjunto de lagoas e lagunas costeiras, formando os sistemas Laguna-Barreira (TOMAZELLI e VILLWOCK 2000; CALLIARI *et al.*, 2005). Os solos desta região apresentam baixa fertilidade natural e alta suscetibilidade à ação dos ventos (FEPAM, 2000).

Portanto, a área de estudo é composta pelas seguintes características:

- A) Área: 7.325,85 km²
- B) População aproximada: 330.000 hab. (IBGE, 2010).
- C) Região: Litoral Norte / Corede Litoral.
- D) Clima: Cfa, Subtropical úmido (Köppen-Geiger).

O mapa da Figura 1 mostra os limites da área de estudo, os aterros existentes na área e em regiões próximas e alguns pontos notáveis, como os aeródromos e lagoas existentes na região.

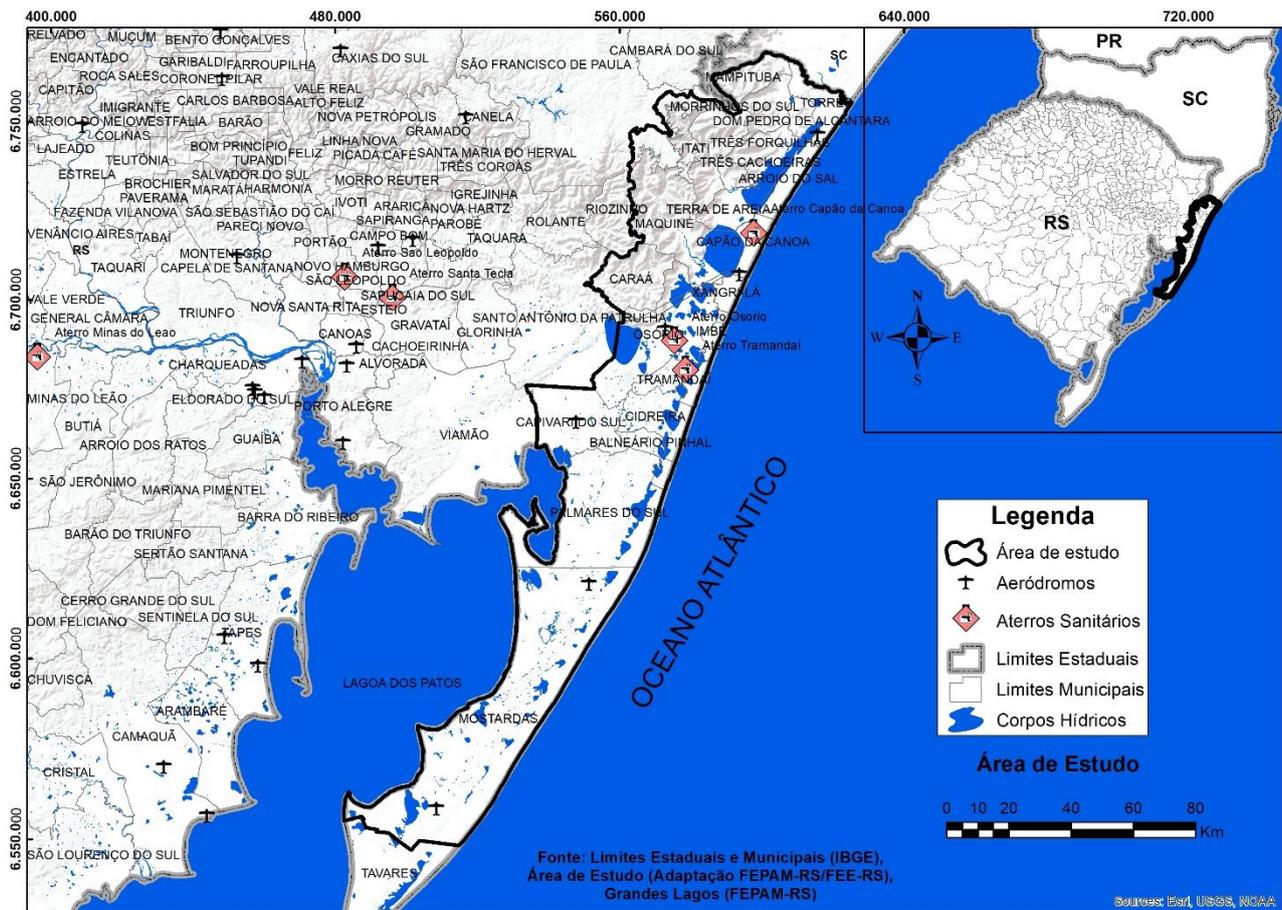


Figura 1: Delimitação da área de interesse: Região do COREDE Litoral e da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.

Fonte: Adaptado pelo autor, 2018.

Após a caracterização da área de estudo, são mostrados a seguir as definições e conceitos de resíduos sólidos, um histórico da geração de resíduos pelo homem, formas de classificação de resíduos e de destinação adequada.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS

2.1 Definição Conceitual

Antes de iniciarmos de fato a pesquisa aqui proposta, é necessário que se entenda conceitualmente como se definem os resíduos sólidos. Comumente se costuma entender resíduo como sinônimo de “lixo”. E, de fato, a linha que separa estes dois conceitos é tênue.

Em latim a palavra *lix* significa “cinza”, daí vem “lixo”. De acordo com o dicionário de Aurélio Buarque de Holanda “lixo é tudo aquilo que não se quer mais e se joga fora; coisas inúteis, velhas e sem valor”. Segundo o Dicionário Priberam (2017) lixo é um substantivo masculino que representa:

- “1. Qualquer matéria ou coisa que repugna por estar suja ou que se deita fora por não ter utilidade. = ENTULHO, PORCARIA;
2. Resíduo resultante de atividades domésticas, comerciais, industriais, etc., e que se deita fora: detritos, sobras”.

Porém, algo que para uma pessoa não tem mais valor e, portanto, é considerado “lixo”, para outrem pode representar algo a ser reaproveitado de outra forma e, assim, passa a ser “resíduo”.

A palavra resíduo é um adjetivo originário do latim *residuum*, que significa “resto, restante” (Priberam, 2017). Representa, por esta definição, “Aquilo que resta” ou “O que fica das substâncias submetidas à ação de vários agentes físicos ou químicos (ex.: resíduos industriais, resíduos nucleares, resíduos sólidos urbanos).”

Basicamente, então, a diferença entre um e outro está na maneira como se enxerga determinado objeto ou material:

- LIXO representa o que não tem mais possibilidade de reutilização e reciclagem;
- RESÍDUO representa tudo o que pode ser reutilizado e reciclado.

2.2 Histórico da Geração de Resíduos Sólidos

A geração de resíduos sólidos foi uma novidade que surgiu na nossa espécie com a sua sedentarização, quando começamos a praticar a agricultura, ao mesmo tempo em que se criaram ferramentas para ajudar a aumentar o poder de força do corpo humano e sua capacidade de produção. Surgiram necessidades que não existiam antes, como a demanda por moradia, limpeza, indumentária, por proteção e recursos, e cada inovação gerava algum tipo de resíduo sólido que nunca tinha sido gerado antes, e isso foi se tornando cada vez mais intenso (PUCCI, 2013).

Segundo este autor, a partir da revolução industrial tivemos um aumento exponencial na geração de resíduos, os quais passaram a ser produzidos em massa através dos processos de

automação e manufaturas. No século XX, com o uso sintético de polímeros derivados de petróleo, além da inauguração de uma nova modalidade de resíduos, iniciou-se uma cultura de descarte, contrária à cultura da reparação, o que contribuiu ainda mais para o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos.

2.3 Classificação de Resíduos Sólidos

Os resíduos podem ser classificados conforme seu estado físico, em resíduos sólidos ou efluentes. Resíduos em estado **Líquido ou Gasoso**, por exemplo, são chamados **efluentes** (líquidos ou gasosos). Os demais resíduos, em estado sólido ou semissólido, são considerados resíduos sólidos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entidade privada e sem fins lucrativos, membro fundador da *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização - ISO), e responsável pela elaboração das Normas Brasileiras (NBR), apresenta a seguinte definição para resíduos sólidos, conforme a NBR 10004/2004:

“Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

A definição de resíduo sólido constante na Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída através da Lei Federal nº 12305/2010, parece seguir a mesma orientação constante na definição apresentada na NBR 10004/2004:

“...material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

Importante salientar que, segundo esta definição, incluem-se nos resíduos os gases (efluentes) para os quais não se encontrem soluções técnica ou economicamente viáveis para seu tratamento e descarte. Incluem-se nesse caso o chorume e os gases provenientes da disposição final de resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários, por exemplo.

2.3.1 Resíduos Sólidos segundo o Processo ou Origem

Os resíduos sólidos ainda podem ser classificados através da identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. (NBR 10004:04).

Assim, a classificação adotada para os resíduos sólidos é a seguinte:

- A) Resíduos classe I - Perigosos;
- B) Resíduos classe II – Não perigosos;
- C) Resíduos classe II A – Não inertes.
- D) Resíduos classe II B – Inertes.

Resíduos Classe I – Perigosos

São resíduos que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem apresentar:

- ✓ Risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; e/ou
- ✓ Riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Quaisquer resíduos que apresentem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade são considerados resíduos perigosos. Como exemplos deste tipo de resíduo temos as pilhas, material perfurocortante, pesticidas, resíduos de serviços de saúde infectantes, baterias, lâmpadas, óleos e combustíveis, entre outros.

Resíduos Classe II – Não Perigosos

São todos aqueles resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos. Ainda podem ser subdivididos em duas outras classes, listadas a seguir.

Resíduos Classe II A – Não inertes

São aqueles que não se enquadram na classe de resíduos classe I (perigosos) e ainda apresentam propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, como por exemplo restos de alimentos, papel e resíduos de varrição.

Resíduos Classe II B – Inertes

São representados por quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa (segundo a ABNT NBR 10007/2004), e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente (conforme ABNT NBR 10.006/2004), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Exemplos deste tipo de resíduos são os tijolos, plásticos, aço e vidros.

2.4 Resíduos Sólidos segundo a Fonte Geradora

As principais fontes de resíduos sólidos são: domiciliar, comercial, público, industrial, construção civil, agrossilvopastoril, de atividades de mineração, de serviços de saúde, resíduos radioativos e estações de tratamento de efluentes (lodos), entre outras fontes menos comuns. A Figura 2 ilustra os tipos de resíduos mais comumente encontrados, os quais serão melhor apresentados nos itens subsequentes.

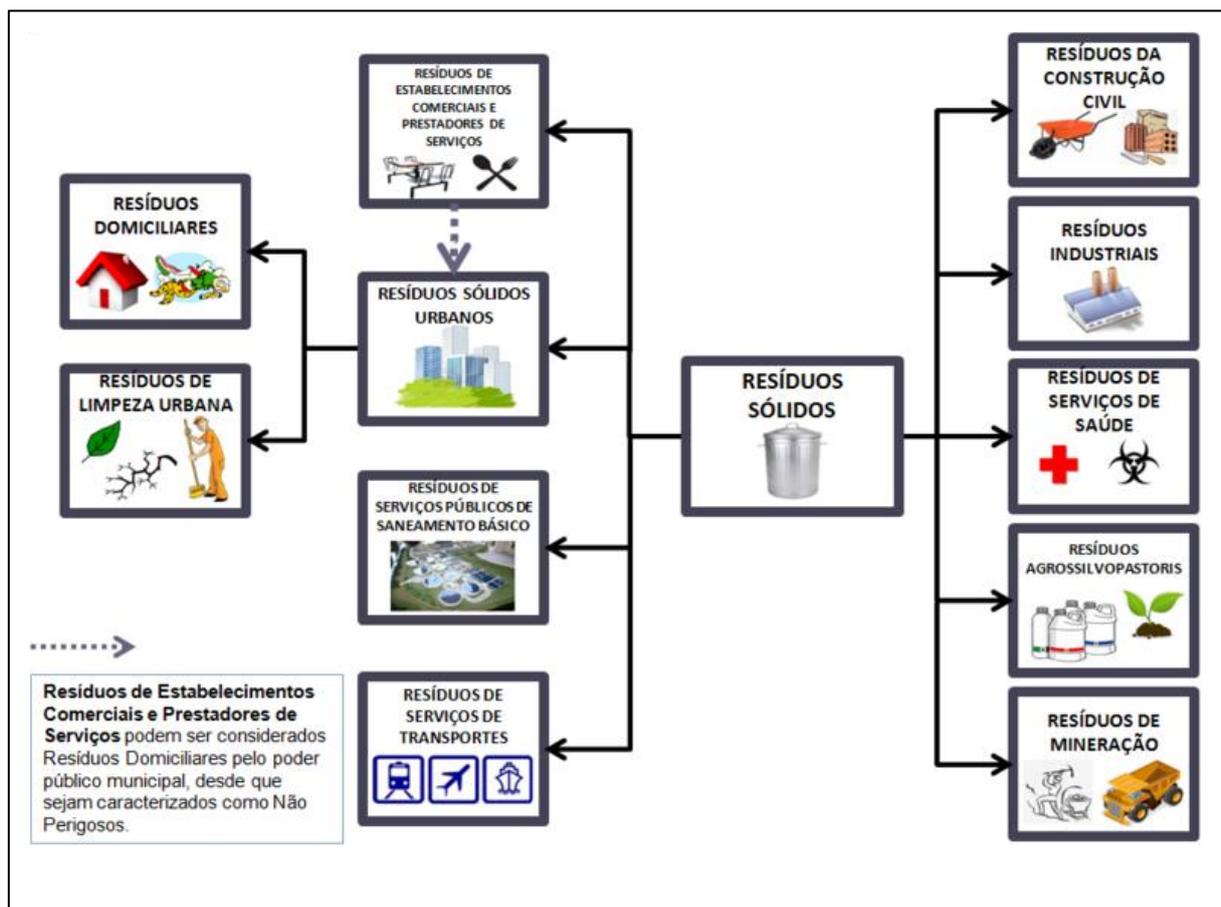


Figura 2: Tipos de resíduos sólidos segundo a origem.

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagrama_Res%C3%ADduos_S%C3%B3lidos.png

2.4.1 Resíduos Domiciliares

Segundo Frésca (2007) os resíduos domiciliares são constituídos por três frações distintas: os recicláveis, os orgânicos biodegradáveis e os rejeitos. Nesse tipo de resíduo podem ser encontrados restos de alimentos, resíduos sanitários (papel higiênico, por exemplo), papel, plástico, vidro. Alguns resíduos domiciliares são classificados como resíduos perigosos e devem ter uma destinação final diferente, como é o caso das pilhas, baterias, cloro, água sanitária, aerossóis, medicamentos vencidos, querosene, solventes, entre outros.

No Brasil, em média, mais de 50% dos resíduos domiciliares são compostos por materiais orgânicos. Nessa categoria se incluem os restos de comida e varrição, estes últimos classificados também como resíduos públicos.

2.4.2 Resíduos Comerciais

Constituídos basicamente por sacolas de supermercados, embalagens plásticas, de papel e/ou papelão, resíduos de materiais inorgânicos como metais e ferros provenientes de estabelecimentos comerciais, entre outros.

2.4.3 Resíduos Industriais

Possuem composição bastante diversificada e uma grande quantidade é considerada perigosa. Podem estar no estado sólido, semissólido ou líquido, e ser constituídos por cinzas, lodos, óleos, plásticos, papel, borrachas, entre outros. São considerados altamente perigosos, não devendo ser lançados na rede de esgoto e/ou corpos hídricos.

2.4.4 Resíduos da Construção Civil RCC

Segundo TAJIRI e POTENZA (2016), os resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção e resultantes de obras de infraestrutura, da preparação e da escavação de terrenos. Muitas vezes chamados de “entulhos” e/ou “caliça”, são frequentemente utilizados (até comercializados) para erguimento de cotas de terrenos para novas construções. Ainda, conforme os autores supracitados, estima-se que aproximadamente 70% dos RCC são gerados por pequenas obras, sendo muitas vezes dispostos de forma irregular em terrenos baldios, margens de estradas e cursos hídricos, enquanto apenas uma pequena parcela é recolhida e corretamente destinada pelo poder público.

2.4.5 Resíduos Agrossilvopastoris

São compostos pelos resíduos gerados nas atividades da agricultura, silvicultura e pecuária. Incluem-se aqui os resíduos gerados por cultivos, criações de animais, beneficiamento e processamento, entre outros. Podem ser compostos por restos orgânicos (palhas, cascas, estrume, animais mortos, bagaços, etc.), produtos veterinários e embalagens de defensivos agrícolas e agrotóxicos, os quais demandam um esforço no sentido de promoção de logística reversa e controle de qualidade de recursos hídricos superficiais e subsuperficiais, além do solo.

2.4.6 Resíduos de Atividades de Mineração

Os resíduos de atividades de mineração podem ser constituídos de solo removido, metais pesados, restos e lascas de rochas, variando conforme o tipo de atividade mineral que se desenvolve. Como estas atividades são controladas e licenciadas, geralmente estes resíduos têm um controle maior em relação a sua destinação final.

2.4.7 Resíduos de Serviços de Saúde

Geralmente se denomina os resíduos provenientes de hospitais, pronto-socorros, enfermarias, laboratórios de análises clínicas, farmácias e semelhantes. É constituído de materiais perfurocortantes, como seringas e agulhas, curativos e outros materiais que podem apresentar algum tipo de contaminação por agentes patogênicos (causadores de doenças). Por conta disso, este tipo de lixo é separado do restante dos resíduos gerados dentro de um hospital (restos de comida, etc.), e é geralmente incinerado. Porém, alguns tipos de materiais hospitalares, como aventais que estiveram em contato com raios X, por exemplo, são categorizados como lixo nuclear, e recebem tratamento diferente.

2.4.8 Resíduos Nucleares

Essa classe de resíduos é composta por produtos altamente radioativos, como restos de combustível nuclear, produtos hospitalares que tiveram contato com radioatividade (aventais, papéis) ou qualquer material que teve exposição prolongada à radioatividade ou que possui algum grau de radioatividade. Devido ao fato de que tais materiais continuam a emitir radioatividade por muito tempo, eles precisam ser totalmente confinados e isolados.

O plutônio é um rejeito clássico das usinas nucleares, sendo o mais ameaçador subproduto gerado pela ação humana devido à persistência da radiação, sendo que o horizonte de periculosidade é avaliado entre 250.000 e 500.000 anos. (WALDMAN, 2016)

2.4.9 Resíduos de Estações de Tratamento de Efluentes (Lodos)

Conhecidos como “lodos de ETA’s” (no caso de Estações de Tratamento de Água) são resíduos gerados durante os processos de produção de água potável. Classificados como não inertes e não perigosos, de Classe II A (ABNT-NBR, 10.004/2004), geralmente são descartados durante as descargas de fundo dos decantadores (ou flutuadores) e, eventualmente, durante as lavagens dos filtros. Apresentam-se normalmente na forma fluidopastosa.

Porém, além do material inerte, é comum encontrar no lodo de ETA’s a presença de metais (normalmente sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio ou hidróxido de ferro) utilizados como coagulantes, além de polímeros, cal e carvão ativado em pó, componentes de alto potencial tóxico para o homem, para as plantas e para a vida aquática (TSUTIYA; HIRATA, 2001).

As alternativas de disposição final, mais adequadas, irão variar de acordo com a composição final dos resíduos. No Brasil, geralmente estes lodos (tanto de ETA’s como de ETE’s) são descartados da seguinte forma: disposição em aterro, aplicação controlada no solo, compostagem, fabricação de material cerâmico, aplicação em concreto e lançamento em sistemas de tratamento de esgotos (WAGNER & PEDROSO, 2014).

2.5 Resíduos Sólidos Urbanos na Área de Estudo

Como já mencionado, a área de estudos é composta por 21 municípios. O levantamento da situação dos resíduos sólidos urbanos nos municípios contemplou pesquisa aos sítios eletrônicos das prefeituras municipais, busca por documentos referentes aos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Planos Municipais de Saneamento Básico e consulta via e-mail e/ou telefone às secretarias municipais responsáveis. A Tabela 1 apresenta brevemente a situação dos resíduos sólidos urbanos nos municípios que compõem a área de estudo.

Tabela 1: Situação dos resíduos sólidos nos municípios da área de estudo.

MUNICÍPIO	Geração média mensal (ton/mês)	Geração de resíduos kg/hab/dia	Destinação dos Resíduos	Fonte
ARROIO DO SAL	529,66 ton/mês	1,95 Kg/hab/dia	Aterro sanitário em Içara/SC	PMSB Arroio do Sal, Vol. II - Diagnóstico, pg. 73, 2017
BALNEÁRIO PINHAL	125,44 ton/mês	0,33 Kg/hab/dia	Aterro sanitário Tramandaí	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016
CAPÃO DA CANOA	1.495,6 ton/mês	1,03 Kg/hab/dia	Aterro sanitário Capão da Canoa	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016
CAPIVARI DO SUL	65 ton/mês	0,5kg/hab/dia	Aterro CRVR Minas do leão	Departamento de Infra-estrutura e Ordenamento Urbano, 2018

MUNICÍPIO	Geração média mensal (ton/mês)	Geração de resíduos kg/hab/dia	Destinação dos Resíduos	Fonte
CARAÁ	375,4 ton/mês*	1,57 Kg/hab/dia*	Solicitado por email	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016
CIDREIRA	586,93 ton/mês	1,33 Kg/hab/dia	Aterro sanitário Tramandaí	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016
DOM PEDRO DE ALCÂNTARA	35 ton/mês	0,44 kg/hab/dia	Aterro sanitário em Içara/SC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2018
IMBÉ	31,3 ton/mês (inverno) 92 ton/mês (verão)	1,62 kg/hab/dia (inverno) e 0,8 kg/hab/dia (verão)	Aterro CRVR Minas do Leão	PGRS Imbé, 2013; Secretaria de Meio Ambiente Imbé, 2018.
ITATI	20,9 ton/mês	0,27 kg/hab/dia	não informado	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016
MAMPITUBA	58,19 ton/mês	0,63 kg/hab/dia	não informado	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016
MAQUINÉ	122,08 ton/mês	0,58 Kg/hab/dia	Aterro sanitário Tramandaí	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016
MORRINHOS DO SUL	80,7 ton/mês	0,85 kg/hab/dia	Aterro sanitário Tramandaí	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016; PMSB, 2015.
MOSTARDAS	130 ton/mês	0,3 kg/hab/dia	Aterro sanitário Tramandaí	PGIRS Mostardas, 2012.
OSÓRIO	1200 ton/mês	1,3 kg/hab/dia	Aterro municipal Osório	Secretaria de Meio Ambiente, Agricultura, 2018
PALMARES DO SUL	278,2 ton/mês	0,81 kg/hab/dia	Aterro CRVR Minas do Leão	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016; PMSB, 2015.
TERRA DE AREIA	100 ton/mês	0,31 kg/hab/dia	Aterro sanitário Tramandaí	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
TORRES	724,61 ton/mês	0,64 kg/hab/dia	Aterro sanitário em Içara/SC	PMGIRS Torres, 2012; IBGE Cidades, 2017;
TRAMANDAÍ	990 ton/mês	0,8 kg/hab/dia	Aterro Sanitário Tramandaí	PMGRS, 2013
TRÊS CACHOEIRAS	127,6 ton/mês*	0,39 kg/hab/dia*	não informado	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016
TRÊS FORQUILHAS	32,2 ton/mês	0,37 kg/hab/dia	não informado	IBGE Cidades, 2017; SNIS - Resíduos Sólidos urbanos, 2016
XANGRI-LÁ			Aterro Sanitário Tramandaí	

* Resíduos sólidos domiciliares + resíduos públicos.

Através da análise da Tabela 1 pode-se concluir que a média geral de produção de resíduos sólidos urbanos fica em torno de 0,78 kg/hab/dia, sendo que os municípios mais populosos e com

maior população urbana são os maiores produtores de resíduos na área de estudo. Capão da Canoa (1.495 ton/mês) e Osório (1200 ton/mês) são os maiores geradores de resíduos sólidos urbanos na região do litoral norte, enquanto Itati é o menor gerador de resíduos de modo geral (em ton/mês e kh/hab/dia).

Pelo menos oito municípios ainda enviam seus resíduos para o aterro sanitário de Tramandai, mesmo que este esteja na iminência de ser encerrado. Arroio do Sal, Torres e Dom Pedro de Alcântara enviam seus resíduos sólidos urbanos para um aterro sanitário localizado no estado de Santa Catarina (no município de Içara). Três municípios já enviam seus resíduos sólidos urbanos para o aterro de Minas do Leão, da Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos – CRVR, provável destino para os resíduos dos municípios que atualmente utilizam o aterro sanitário Lorenzo Schenkel (em Tramandaí). Apenas dois municípios da área de estudo possuem aterros sanitários municipais (Osório e Capão da Canoa), sendo que estes não podem receber resíduos de outros municípios e, ainda, encontram-se em processo de regularização ambiental.

Dos 21 municípios pesquisados, apenas seis possuem Plano Municipal de Saneamento Básico ou Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos instituído. A maioria das informações repassadas pelas prefeituras diferem dos dados divulgados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento SNIS – Resíduos Sólidos (2016). Outra característica peculiar é a variação da produção diária de resíduos por habitante no período de veraneio, a qual mostra diminuição na produção individual diária de resíduos, apesar do aumento exponencial da população.

2.6 Conclusão sobre Resíduos Sólidos

Então, resíduo é tudo aquilo não aproveitado nas atividades humanas, ou, o que “sobra” proveniente das atividades industriais, de comércio e/ou residenciais. Produzido de diversas formas, é todo aquele material que não pode ser jogado ao lixo, por ser altamente tóxico ou prejudicial ao meio ambiente.

Falando especificamente sobre os resíduos sólidos urbanos gerados no litoral norte, se nota a urgência em encontrar soluções consorciadas para disposição dos resíduos sólidos urbanos na própria região, uma vez que os aterros sanitários utilizados atualmente não poderão ser utilizados por muito mais tempo (caso do aterro de Tramandaí), recebem resíduos apenas dos próprios municípios (caso de Capão da Canoa e Osório) ou se encontram a grandes distâncias da área de estudo, acarretando maior risco ambiental e custo de transporte aos municípios (caso do aterro da CRVR em Minas do Leão).

Assim, conforme será visto no capítulo seguinte, os resíduos devem ser destinados a locais adequados para seu recebimento, caso não exista possibilidade de reaproveitamento.

3 DESTINAÇÃO ADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Neste item serão apresentadas as alternativas tecnológicas, atualmente existentes, para a destinação final adequada para resíduos sólidos urbanos. Aqui é feito um levantamento das formas de destinação final utilizadas no mundo, apresentando um pouco de suas vantagens e desvantagens.

Portanto, as alternativas tecnológicas para destinação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) mais encontradas são: Coleta, Separação, Reciclagem, Biodigestores, Compostagem, Incineradores, Tecnologia de Plasma, Aterro Controlado, Aterro Sanitário e Central de Tratamento de Resíduos Sólidos.

A partir da coleta, separação e envio dos materiais passíveis de reciclagem, os resíduos restantes passam a ser considerados “rejeitos”, devendo ser adequadamente descartados. Dessa forma, trataremos a seguir das tecnologias para disposição final destes rejeitos.

3.1 Biodigestores

Biodigestores são centrais de processamento de matéria orgânica, que aceleram sua decomposição em um sistema fechado sem a presença de oxigênio (anaeróbio) obtendo resíduos líquidos, que dependendo do processamento podem ser usados como biofertilizantes, e biogás que em motores adequados, podem sofrer combustão para a geração de energia térmica ou elétrica. A Figura 3 ilustra o processo de tratamento de resíduos através dessa tecnologia.

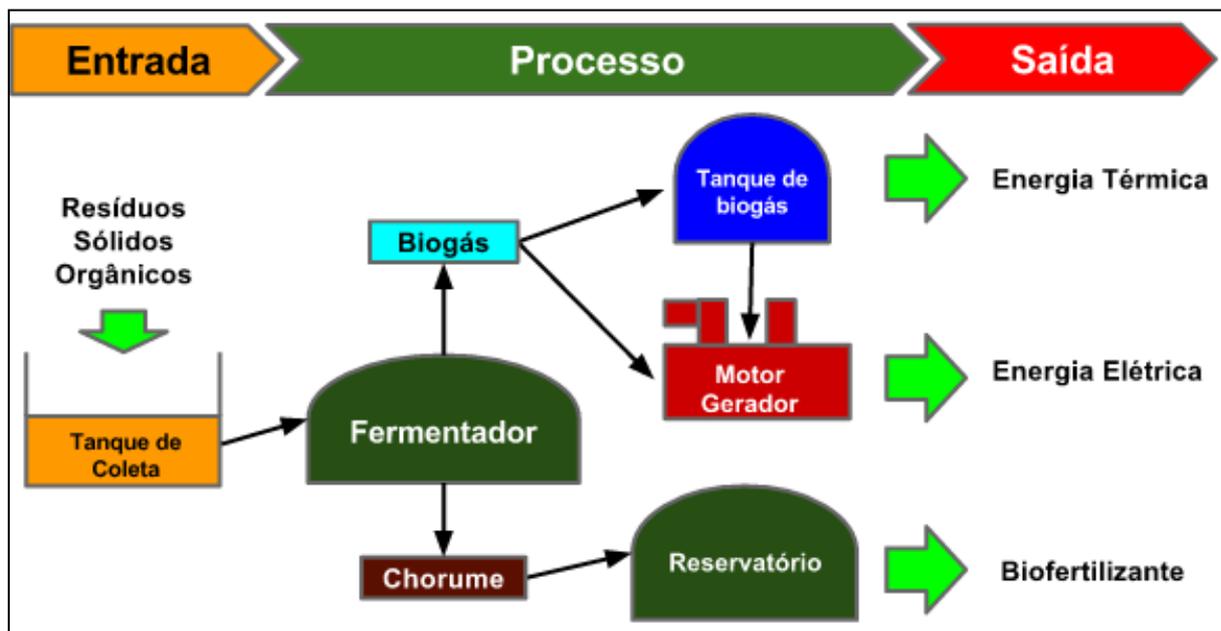


Figura 3: Processo de tratamento de resíduos sólidos orgânicos por Biodigestor.

Fonte: Portal Resíduos Sólidos (2014).

Porém, seu correto funcionamento e aproveitamento dependem da disposição exclusiva de resíduos orgânicos. Sendo assim, os resíduos sólidos urbanos precisariam passar, após a triagem, por um tratamento prévio de limpeza e algumas vezes também de higienização, o que implica diretamente no investimento total da unidade.

3.2 Compostagem

Segundo MACHADO (2013), compostagem, ou bioestabilização é um processo biológico aeróbio controlado que leva à produção de uma mistura de substâncias humificadas (o composto) a partir de resíduos vegetais (tanto verdes quanto de madeira) ou mesmo animais (pela ação de bactérias e fungos). O composto pode ser usado como fertilizante em gramados ou solo, melhorando sua estrutura e a biodisponibilidade de nutrientes. Deve-se ter cuidado, porém, com a possível presença de metais pesados, resíduos inertes ou agentes patógenos, o que demanda maior cuidado com a seleção do material destinado a esse tipo de processo, uma vez que se pretenda utilizar o composto na fertilização do solo.

3.2.1 Compostagem Doméstica

A compostagem doméstica é um procedimento que permite um gerenciamento local do chamado “lixo orgânico”, fração orgânica presente nos resíduos sólidos produzidos no ambiente doméstico. Pode ser praticada através do uso de uma composteira doméstica, a qual pode ser feita utilizando-se baldes ou recipientes fechados, escavando-se o solo ou adquiridas em lojas de materiais especializadas. As fotos da Figura 4 ilustram dois exemplos de composteiras domésticas, sendo uma composteira comercial e outra construída.



Figura 4: Exemplos de composteiras domésticas.

Fonte: www.institutopinobravo.com.br e www.lar-natural.com.br.

A compostagem doméstica incentiva a conscientização de práticas ambientalmente corretas, melhora a qualidade do solo e promove o engajamento da população em relação ao tratamento de seus resíduos. Além disso, reduz consideravelmente o volume de resíduos enviados para coleta, contribuindo para diminuição dos custos e riscos ambientais com o transporte e destinação dos resíduos (MACHADO, 2013).

3.3 Incineradores

A incineração é um processo que consiste na queima dos resíduos em fornos e usinas, reduzindo em aproximadamente 90% o volume de resíduo e destruindo os microrganismos que causam doenças, contidos principalmente no lixo hospitalar e industrial.

Desenvolvida e utilizada em países como Estados Unidos, Alemanha, Suécia, as incineradoras são um método obsoleto e insustentável de lidar com os resíduos. São combatidas em todo mundo principalmente pela veiculação de toxinas, principalmente pelo ar.

Conforme Machado (2014), dentre as principais toxinas liberadas pela queima de resíduos sólidos estão as **dioxinas** (poluentes causadores de uma grande variedade de problemas de saúde que incluem o cancro, danos ao sistema imunológico, problemas reprodutivos e de desenvolvimento). Além disso, estas toxinas se biointensificam, passando para a cadeia alimentar da presa para o predador, concentrando-se na carne e nos laticínios e por último no homem.

A incineração produz também metais pesados, como o mercúrio (que causa danos às funções motora, sensorial e cognitiva), o chumbo, o cádmio, o arsênio, o cromo e o berílio. Outros poluentes que causam preocupação incluem hidrocarbonetos halogênicos, gases ácidos (que são precursores da chuva ácida), partículas que prejudicam as funções pulmonares e gases que provocam o efeito estufa.

Por fim, os altos custos de instalação de usinas incineradoras, a baixa criação de emprego e renda e ainda gerando resíduos altamente perigosos torna a alternativa inviável e não desejada.

3.4 Tecnologia de Plasma

Para entender a tecnologia, precisamos primeiro entender o que é Plasma.

A matéria se apresenta normalmente em três estados: sólido, líquido e gasoso. Em cada um desses estados, as moléculas se agrupam de forma diferente. Segundo Machado (2014), a matéria já transformada em gás (terceiro estágio da matéria) se transforma em plasma a partir do recebimento contínuo de energia (gerando então o quarto estágio da matéria). Ou seja, o plasma é um dos estados físicos da matéria, similar ao gás, no qual certa porção das partículas é ionizada. Basicamente, o aquecimento de um gás provoca a dissociação das suas ligações moleculares, convertendo-o em seus átomos constituintes.

Seguindo essa linha de raciocínio no tratamento de resíduos sólidos, estes precisariam receber energia até serem transformados em gás, e continuar recebendo energia até chegarem ao estágio de transformação em plasma. O estado molecular do plasma se caracteriza pela ionização dos átomos, ou seja, os átomos recebem tanta energia que os elétrons se desprendem do núcleo atômico.

Sabe-se que os resíduos sólidos urbanos recebidos por aterros sanitários são heterogêneos, ou seja, formados por diversos materiais (e compostos químicos). Teremos então um plasma formado por gás ionizado de vários tipos de elementos químicos.

Conforme explicitado por Machado (2013), para se adequar aos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos seria necessário triar todo o material reciclável e reaproveitável, o que segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) corresponderia à quase 45% do total dos resíduos sólidos produzidos no Brasil. Se a parte orgânica for aproveitada através de biodigestores, restariam menos de 3% do lixo para serem tratados com tecnologia de plasma.

Considerando que o investimento na tecnologia é muito alto, devido aos materiais necessários para conseguir isolar o lixo e levá-lo ao estado de plasma, seria necessário dispor de uma quantidade mínima de lixo para viabilizar a central ou mesmo subsidia-la.

3.5 Central de Tratamento de Resíduos Sólidos

A Central de Tratamento de Resíduos Sólidos – CTRS é o lugar onde todos os tipos de resíduos encontram uma destinação final ambientalmente adequada. Para tanto, deve oferecer soluções aos seguintes requisitos:

- Recepção dos resíduos;
- Separação dos resíduos de acordo com suas características físicas;
- Destinação correta para os resíduos recicláveis ou reutilizáveis;
- Tratamento dos resíduos sólidos orgânicos;
- Destinação para os resíduos perigosos;
- Destinação correta para os resíduos dos serviços de saúde; e
- Disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

O dimensionamento e complexidade de uma CTRS variam de acordo com o tamanho e distribuição geográfica do município, logística, tipo e quantidade de resíduos recebidos. O município de Tramandaí tem população estimada para o ano de 2016 de aproximadamente 47 mil pessoas (IBGE, 2016). Porém esta é a população fixa, sendo que no período de veraneio sua população pode ultrapassar os 500.000 habitantes. Além disso, o aterro sanitário lá existente atende a outros 13

municípios, tendo uma população fixa total atendida estimada em 200.000 habitantes. Apenas no trimestre março-abril-maio o aterro recebeu 12.294 toneladas de resíduos (BIOTA-GEOM, 2016).

Para atender a capacidade atualmente operada, uma CTRS demandaria diversas tecnologias (como central de reciclagem, incinerador, biodigestor, Gerador Elétrico) e grande área, o que dificultaria muito sua instalação. Porém, a existência de uma CTRS junto aos aterros sanitários é fundamental para estender sua vida útil, uma vez que permite a diminuição do volume de rejeitos destinados ao aterro, por conta das técnicas empregadas.

A fim de melhor ilustrar essa informação, segue um modelo de CTRS (Figura 5) que seria necessário para atender a demanda atual do Aterro Sanitário existente no município de Tramandaí.



Figura 5: Modelo de CTRS para atendimento de população acima de 200.000 hab.

Fonte: Portal de Resíduos Sólidos (2013).

3.6 Aterro Controlado

No Brasil três locais se destacam na destinação final dos resíduos sólidos urbanos: Lixões, Aterros Controlados e Aterros Sanitários. Destes, conforme a Lei Federal 12.305/2010, apenas o aterro sanitário é ecologicamente correto e apenas 40,4% dos municípios o utilizam para descarte. Os outros 59,6% dos municípios ainda efetuam incorretamente a disposição dos seus resíduos. A Figura 6 apresenta um exemplo de aterro controlado e a Figura 7 de um aterro sanitário.

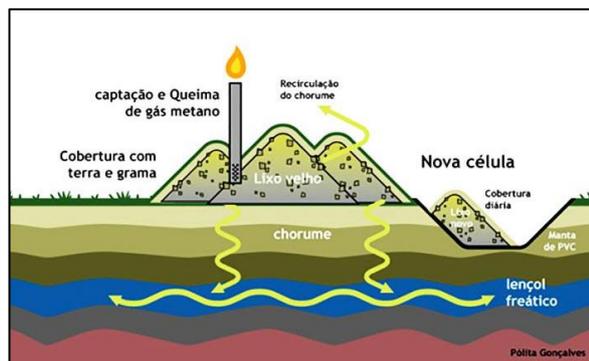


Figura 6: Exemplo de Aterro Controlado.

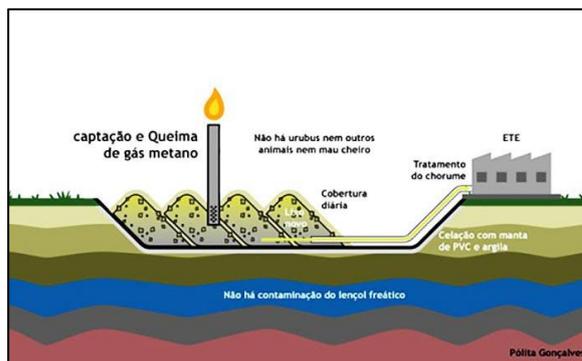


Figura 7: Exemplo de Aterro Sanitário

Fonte das Imagens: Pólita Gonçalves. Disponível em: www.hypeverde.com.br.

Nota-se, através da análise da Figura 6 e da Figura 7, que os aterros controlados são um intermediário entre os lixões e os aterros sanitários. Geralmente possuem algum tipo de medida ambiental, porém, não fazem o tratamento completo conforme preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS - (que envolve a separação dos resíduos, o tratamento do chorume e gases, a impermeabilização das bases, o recobrimento diário e a recuperação ambiental das células encerradas).

Dessa forma, apesar de muito utilizado ainda no cenário brasileiro, o aterro controlado não é uma opção adequada à disposição final de resíduos sólidos urbanos.

3.7 Aterro Sanitário

Segunda a norma brasileira ABNT/NBR n° 8419/1992, aterro sanitário consiste em:

“...técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais”.

Este método utiliza princípios de engenharia (impermeabilização do solo, cercamento, ausência de catadores, sistema de drenagem de gases, águas pluviais e lixiviado) para confinar os resíduos e rejeitos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Para ser qualificado como Disposição Final Ambientalmente Adequada, o aterro sanitário precisa se encaixar perfeitamente no conceito da PNRS (2010) que define:

“...distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

Segundo Machado (2013), para ser chamado de aterro sanitário o empreendimento precisa contar com pelo menos as seguintes técnicas e Unidades Operacionais e de Apoio:

Unidades Operacionais:

- Células específicas para cada tipo de resíduo recebido;
- Impermeabilização das bases (para impedir que o chorume atinja o lençol freático);
- Sistema de coleta e tratamento dos líquidos percolados;
- Sistema de coleta e tratamento dos gases do aterro;
- Isolamento diário do topo das pilhas evitando contaminação do ar e atração de animais que se alimentam de resíduos orgânicos;
- Sistema de drenagem pluvial para evitar que a água da chuva penetre no aterro e dessa forma gere ainda mais chorume;
- Pátio de estocagem de materiais;

Unidades de Apoio:

- Cortinamento vegetal;
- Estradas de acesso e de serviço;
- Balança e sistema de controle de resíduos;
- Guarita de entrada e prédio administrativo;
- Oficina e área de abastecimento.

A Figura 8 mostra alguns dos procedimentos e técnicas necessários para categorizar um aterro sanitário.

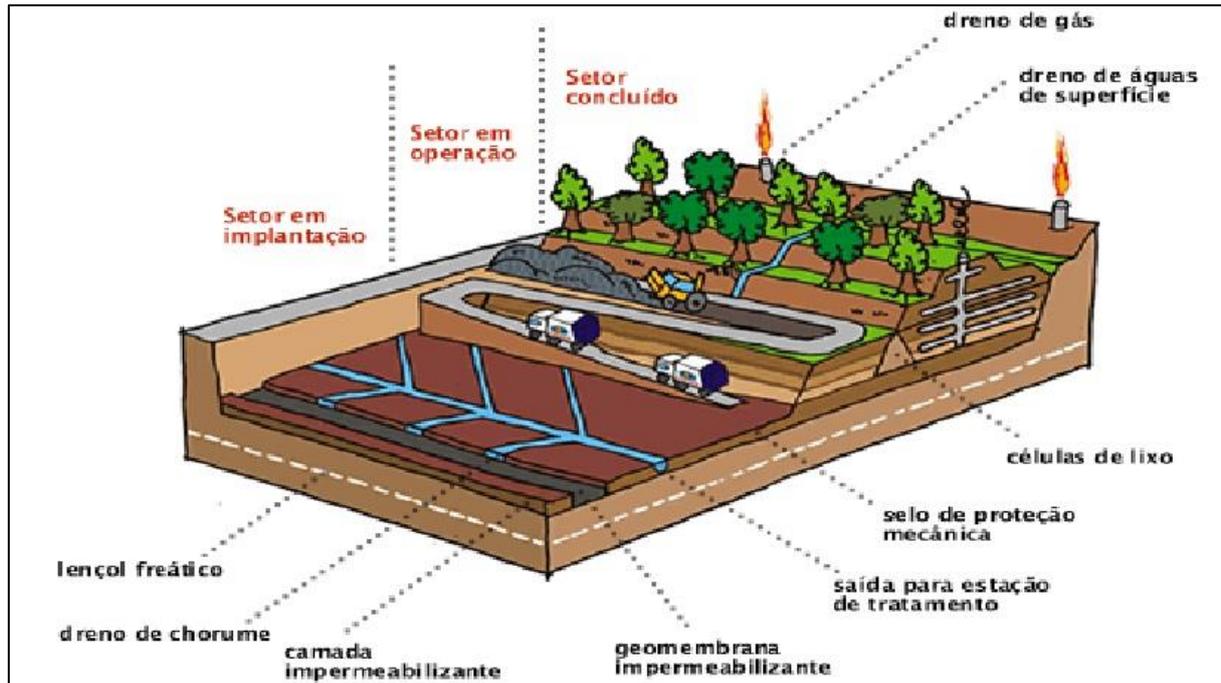


Figura 8: Estruturas de um aterro sanitário.
Fonte: residuossolidos3c.blogspot.com.

3.7.1 Técnicas Construtivas de Aterro Sanitário

A seleção da técnica mais adequada para a construção de um aterro sanitário depende basicamente de três variáveis: A topografia local, o tipo de solo e a profundidade do lençol freático. A topografia e o tipo de solo irão determinar alguns parâmetros, como a forma de disposição dos resíduos, a inclinação e altura dos taludes, a capacidade de suporte da pilha de rejeitos e a disposição dos sistemas de coleta e tratamento. Já a profundidade do lençol freático irá determinar se a célula pode ser construída através de escavação do solo ou será necessário um aterramento das bases para afastamento da base do aterro em relação ao Nível d'Água (N.A.).

Segundo esses preceitos são apresentadas a seguir as principais técnicas atualmente utilizadas para construção de aterros sanitários.

A) Método da área

Consiste na formação de camadas de resíduos compactados. Estas camadas partem de uma base impermeabilizada construída acima da superfície original do terreno. É indicada para locais de topografia plana e lençol freático raso, em que não é possível o rebaixamento do NA. Geralmente neste método há necessidade de se obter solo de jazidas externas para obras de terraplenagem, impermeabilização de base e coberturas do aterro, os quais deverão ser adquiridos de jazidas

próximas, a fim de reduzir custos com transporte. A Figura 9 ilustra as técnicas de operação final de aterro sanitário pelo método de área.

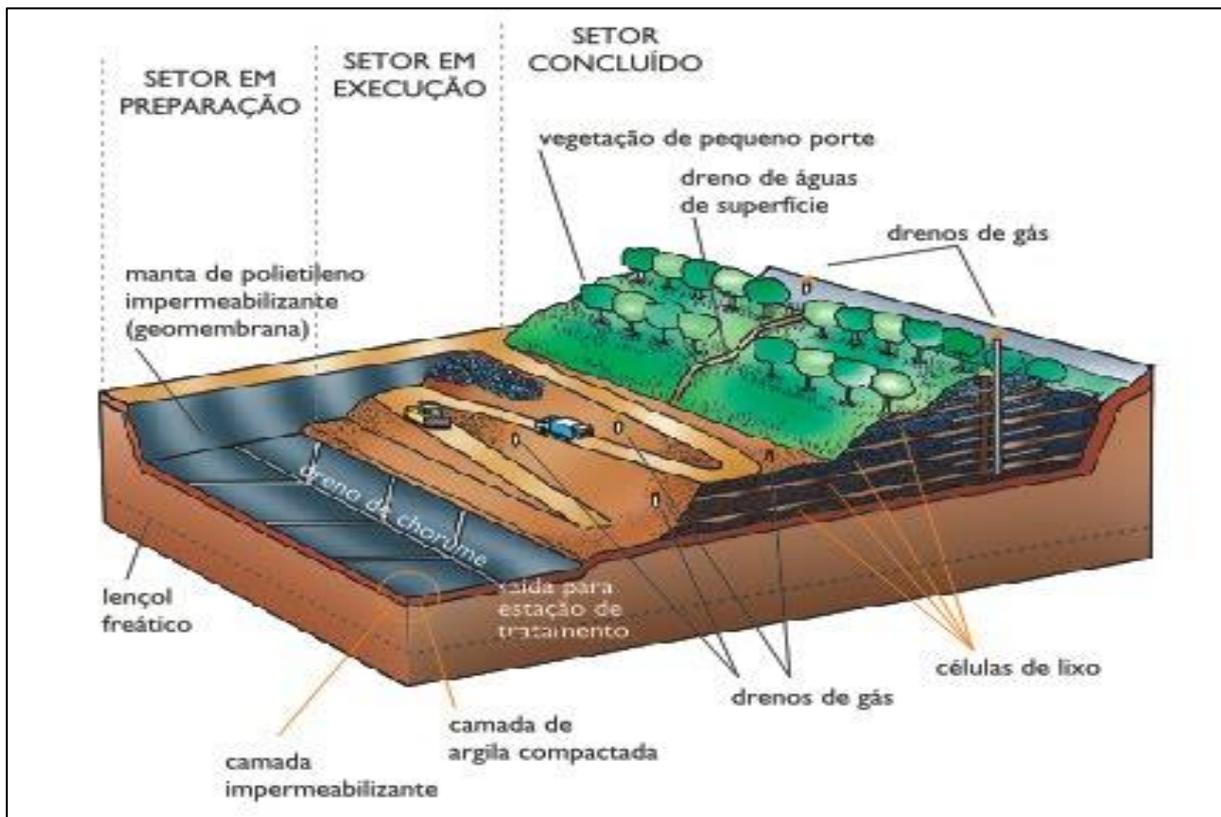


Figura 9: Técnicas de operação de aterro pelo método de área.

Fonte: <http://www.reciclagemnobrasil.com/o-que-e-aterro-sanitario-e-como-funciona/>

B) Método de escavação de células ou trincheiras

É utilizado em locais onde o freático não é raso (ou quando o mesmo é raso, porém há viabilidade de rebaixamento do nível freático) e há condições de escavação do subsolo, podendo ser combinado com o método de área. Essa combinação permite a obtenção de solo para as demandas do aterro e aumento do potencial de aproveitamento volumétrico dos maciços de resíduos. A Figura 10 mostra um exemplo de célula escavada, com sistema de captação de percolado (brita alinhada na base da célula do aterro).



Figura 10: Exemplo de célula escavada.

Fonte: www.pgambiental.com.br.

C) Método de depressões

Neste caso são utilizadas depressões, vales ou áreas escavadas de mineração, onde o maciço é apoiado em uma ou mais faces nas depressões ou encostas da área onde será instalado. Este método é o que geralmente atinge a melhor a relação volume/área do maciço, o que é desejável sob os pontos de vista ambiental e econômico (menor área impactada e menores custos de obras). Também permite uma combinação adequada de disponibilidade de solo e aproveitamento volumétrico dos maciços de resíduos. A Figura 11 ilustra um aterro construído em meia encosta, na cidade de Itajaí, Santa Catarina.



Figura 11: Aterro em meia encosta em Itajaí/SC.
Fonte: <http://geoconceicao.blogspot.com.br/>.

3.8 Considerações em Relação ao Método de Destinação Ambientalmente Adequada de Resíduos Sólidos Urbanos para a Área de Estudo

Considerando as alternativas existentes e as características geográficas da área de estudo (nível do lençol freático próximo à superfície e áreas topograficamente planas a suavemente onduladas), **o método de destinação final ambientalmente adequado mais indicado parece ser o de aterro sanitário com construção de células pelo método de área, com erguimento das cotas do terreno por aterramento.**

Para tanto, ainda assim, é necessário que se identifiquem as áreas mais adequadas (ou menos vulneráveis) para a instalação deste tipo de empreendimento, levando em conta fatores técnicos, legais, ambientais e sociais, os quais serão melhor explicitados nos capítulos seguintes.

4 SIG COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL

4.1 Definição Conceitual

Em ambientes computacionais existem programas que conseguem espacializar informações, de modo a permitir uma análise espacial de diferentes temáticas, como por exemplo, os Sistemas de Informações Geográficas – SIG, ou GIS (derivado do inglês *Geographical Information System*).

Segundo Mat *et al.* (2016), o SIG se constitui em um sistema computacional criado para lidar com uma série de dados espaciais, de várias fontes, sendo capaz de armazenar, recuperar, analisar e demonstrar informações de acordo com as especificações exigidas pelo usuário.

Para Longley *et al.* (2005) o *software* SIG é um componente vital de um SIG. É constituído por conjuntos integrados de programas de computador que visam a implementar funções de processamento geográfico, tendo três partes chave: a interface do usuário, as ferramentas (funções) e os dados.

O SIG é utilizado para se trabalhar com dados geográficos sob a forma digital, o qual consiste em um conjunto organizado computacional, que inclui *hardware*, *software* e dados geográficos desenvolvidos para, de maneira eficiente, capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e exibir todas as formas de informações com referenciais geográficos, ou, mais simplesmente, um sistema computacional capaz de localizar e usar dados que descrevam locais na superfície da Terra.

A principal característica de um SIG é enfatizar operações analíticas. Segundo GOODCHILD (1988) *apud* MAGUIRE, (1991), a habilidade de um SIG para analisar dados espaciais é vista frequentemente como elemento chave em sua definição e tem sido utilizado como uma característica que distingue o SIG de sistemas cujo objetivo primário é a produção de mapas.

4.2 SIG como Ferramenta de Gestão Ambiental

Os Sistemas de Informações Geográficas são muito importantes como ferramentas para a gestão ambiental, pois permitem a análise e manipulação de diferentes informações de forma espacializada, gerando resultados de cruzamento de dados e apoiando a tomada de decisão na gestão do ambiente, dando uma visão do todo em relação a informações específicas ou cruzando um ou mais planos de informação.

No gerenciamento de recursos naturais, os SIG permitem um melhor gerenciamento desses recursos e a modelagem da complexa interação entre os fenômenos, auxiliando na tomada de decisões (CALIJURI e LORENTZ, 2003).

4.3 Uso do SIG para Seleção de Áreas para Instalação de Aterro Sanitário

Um dos requisitos para o cumprimento da Lei 12.305/2010 é a escolha de áreas favoráveis para a destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos. Aqui, mais especificamente, tratamos da identificação de áreas favoráveis para instalação de aterros sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos – Classe II A.

A localização adequada de um aterro é uma tarefa de difícil realização, visto que a seleção da área é um processo que depende de diferentes fatores e condicionantes.

O SIG tem sido amplamente utilizado na literatura com vários tipos de aplicações. Uma das aplicações do SIG encontra-se diretamente ligada à gestão de resíduos, particularmente no que diz respeito à seleção de áreas para instalação de aterros.

Corroborando com tal afirmação Tagliani (2016), para quem os SIG se constituem em ferramentas valiosas para tal tarefa, especialmente pelo grande potencial de integração e análise das variáveis que intervêm na escolha das alternativas locais e espacialização dos resultados.

Há uma série de pesquisas relacionadas à seleção de aterros que se utilizaram de ferramentas SIG como uma abordagem individual ou em conjunto com outras técnicas (MAT *et al.*, 2016).

Siddiqui *et al.* (1996) utilizaram-se de SIG aliado ao processo analítico hierárquico de tomada de decisão (conhecido como AHP – *Analytic Hierarchy Process*) para pré-seleção de áreas para instalação de aterros sanitários no Condado de Cleveland, Oklahoma.

Mejia *et al.* (2012) desenvolveram uma pesquisa para identificação de áreas propícias a instalação de aterros sanitários utilizando ferramentas SIG com processo analítico hierárquico e o Método de Ponderação Aditiva Simples (MPAS), comparando as áreas segundo a metodologia proposta e o que apregoa a legislação acerca do tema.

Assim também Alanbari *et al.* (2014) buscaram selecionar áreas para instalação de aterros sanitários, utilizando-se de SIG e Análise de Decisão Multicritério (sigla em inglês MCDA), avaliando fatores como proximidade de centros urbanos, uso da terra, distância de aeroportos, tubulações, linhas de energia, vias férreas, estradas, encostas, cursos de água, áreas industriais, entre outros.

No Brasil, Marques (2011) utilizou o SIG *ArcGIS* 9.3 como ferramenta de análise na pré-seleção de áreas para instalação de aterros sanitários de pequeno porte, criando um banco de dados com planos de informação georreferenciados com diversas informações espacializadas e combinadas com restrições legais existentes.

Santos (2006) utilizou imagens de satélite e o SIG *Spring* para desenvolver mapas temáticos, os quais foram analisados e comparados com informações econômicas e ambientais, buscando identificar as regiões mais favoráveis para instalação de aterros sanitários.

Segundo Lima e Guimarães (2001), a partir da organização de um banco de dados com informações georreferenciadas, o SIG permite, a eliminação de áreas impróprias para localização do aterro, sendo que esta redução pode abranger um percentual de até 95%. A utilização do SIG fundamenta-se na análise de:

- Informações Espaciais: tais como mapas temáticos, topográficos, hidrológicos, geológicos, hidrogeológicos, pedológicos e de vegetação; assim como aqueles que expressam o tipo e densidade da ocupação humana nos espaços de interesse da análise;
- Informações Descritivas: como laudos geotécnicos, sondagens, aspectos geológicos, monitoramento de aquíferos e histórico de ocupação humana.

4.4 Seleção de Áreas e a Análise Multicritérios

A análise multicritérios consiste basicamente na avaliação de múltiplos fatores para tomada de decisão. No caso da seleção de áreas para instalação de aterros sanitários, esta análise é apoiada com o uso de ferramentas SIG.

Conforme Mat *et al.* (2016), na seleção de um novo aterro, a análise de decisão multicritério (MCDA) geralmente é usada para a avaliação de locais mais favoráveis para instalação de aterros, a partir de áreas pré-selecionadas.

Silva (2010) aplicou análise multicritério, utilizando as funções de pertinência fuzzy (para padronização de fatores), o método AHP ou Processo Analítico Hierárquico (para atribuição de pesos) e a lógica booleana (para eliminar áreas totalmente inadequadas) para a instalação de aterro de resíduos sólidos industriais no município de Osório, Rio Grande do Sul.

Conforme Tagliani (2016), tradicionalmente, a avaliação de áreas para a localização de aterros sanitários tem sido realizada de modo a contemplar as orientações ou diretrizes disponibilizadas por meios de termos de referências pelos órgãos ambientais, seguindo normas específicas de dispositivos legais ou ainda orientações técnicas publicadas no meio científico e acadêmico.

A análise a que se propõe essa pesquisa utilizou técnicas de SIG, análise multicritérios, lógica booleana para pré-seleção de áreas (ou seja, permitidas ou proibidas, conforme o parâmetro avaliado e sua respectiva regra) e atribuição de pesos em variáveis para classificação das áreas mais aptas para instalação de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos na região de estudo.

As aplicações das metodologias utilizadas em cada etapa desta pesquisa são apresentadas no próximo capítulo.

5 METODOLOGIA

Como salientado, anteriormente, o objetivo principal desta pesquisa buscou identificar e classificar as áreas prioritárias para a instalação de Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos Classe II-A, na região formada pelas áreas do COREDE Litoral e da região do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, levando em consideração aspectos do meio, tecnológicos e socioeconômicos.

Em complementação às exigências legais emitidas por órgãos oficiais federais e estaduais, este estudo considerou as orientações constantes na ABNT-NBR nº 13.896/1997, nas diretrizes constantes no Zoneamento Ecológico Econômico do Litoral Norte, no Plano Estadual de Resíduos Sólidos, bem como demais diretrizes ambientais referentes às atividades de disposição de resíduos sólidos urbanos.

O estudo das alternativas locais baseia-se em metodologia que busca, em um primeiro momento, a partir da aplicação de critérios eliminatórios para os meios físico, biótico e socioeconômico, a avaliação de toda a região de interesse, com vistas à identificação e exclusão de áreas que, por algum dos critérios avaliados, não possa receber empreendimentos dessa natureza. Em um segundo momento, a metodologia se propõe a análise classificatória das áreas pré-selecionadas, analisando variáveis do meio e socioeconômicas; e a concepção tecnológica prevista para o empreendimento, buscando a hierarquização das áreas identificadas e, por fim, a indicação da área mais adequada para sua implantação.

Assim, o estudo de alternativas locais para o empreendimento foi desenvolvido em etapas, conforme apresentado na Figura 12.

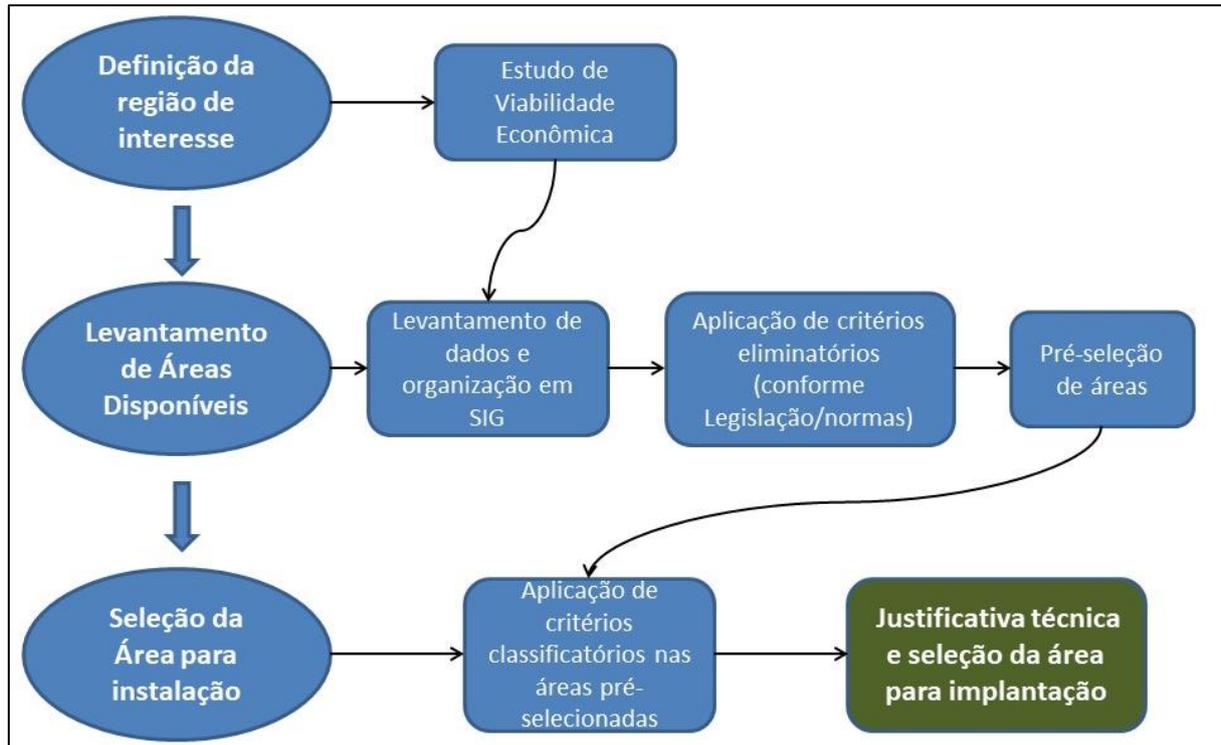


Figura 12: Etapas do desenvolvimento do estudo de alternativas locais.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

As etapas do estudo têm sua metodologia e aplicação descritas a seguir.

5.1 Dimensionamento de Área mínima

O cálculo de dimensionamento da área mínima necessária para instalação de um aterro sanitário levou em consideração estudo proposto por Mancini (2016) e informações referentes à área de estudo, conforme segue:

a) População a ser atendida:

População total estimada para o ano de 2017 (IBGE, 2010) para os municípios inseridos na área de estudo (21 municípios). Total de aproximadamente 330.000 habitantes;

b) Vida útil do aterro:

Aqui está sendo projetada para ao menos 20 anos.

c) Massa Específica do Resíduo:

Geralmente se usa 0,7 t/m³ (MANCINI, 2016).

d) Altura de empilhamento de resíduos:

Altura final entre 20 e 25 metros.

Embora FEPAM-RS já tenha autorizado pilhas com altura total de 28m (caso do Aterro Sanitário de Tramandaí), a altura máxima aqui considerada foi de 20 metros, em 5 pilhas de 4m.

Ex: 1 célula de 30.000m² x 5 pilhas horizontais sobrepostas x 4 m de altura cada).

5.1.1 Cálculo da Área Mínima Necessária

Considerando a produção diária de resíduos por pessoa em 1 kg/hab/dia, serão 330.000 kg por dia ou 120.450 toneladas por ano. Multiplicado por 20 anos, o peso total de resíduos a ser recebido pelo aterro sanitário é de 2.409.000 toneladas. Multiplicada por 0,7 t/m³, temos um volume de 1.686.300 m³ de lixo para serem enterrados ao longo da vida útil do aterro. Considerando 20% a mais de volume para terra de cobertura, temos:

$$1.686.300 \text{ m}^3 \times 0,2 = 337.260 \text{ m}^3 \text{ de terra/argila.}$$

$$\text{Total p/ aterrar} = 1.686.300 \text{ m}^3 \text{ (lixo)} + 337.260 \text{ m}^3 \text{ (terra)} = 2.023.560 \text{ m}^3.$$

Se for dividido o volume total pela altura, teremos a área necessária para o acondicionamento dos resíduos e do solo para cobertura; considerando a altura total das pilhas de 20 metros, temos:

$$2.023.560 \text{ m}^3 / 20 \text{ m (altura)} = 101.178 \text{ m}^2 \text{ ou pouco mais de 10 hectares.}$$

Como se fosse um polígono de 500 m por 203 m com 20 m de altura. É interessante o corte de taludes (inclinação de 1:1, p.ex.), para questões de estabilidade. Além disso, é necessário que se construa a pilha de resíduos de modo que exista sempre uma rampa para acesso de caminhões às partes mais altas da pilha, para compactação e disposição diária.

Ainda deve-se considerar a necessidade de instalação de áreas de transbordo, triagem, trânsito e manutenção de veículos, oficinas, vestiários, cercamento e cortinamento vegetal, guarita, lagoas de estabilização e tratamento de efluentes, escritório. Tomando como exemplo o aterro sanitário de Tramandaí, estima-se que sejam necessários ao menos mais seis hectares para construção das demais instalações, perfazendo um total de 16 (dezesesseis) hectares como área total para instalação de um aterro sanitário.

5.2 Seleção da Área de Estudo

A delimitação da área de estudo foi feita com auxílio do *software* SIG ArcGIS 10.4.1.

Foram utilizados dois arquivos em formato vetorial (*shapefile*) georreferenciados:

A) O arquivo com os limites do COREDE Litoral; e

B) O arquivo com os limites da bacia hidrográfica do Rio Tramandaí.

Disponibilizados, respectivamente, no endereço eletrônico da Fundação Estadual de Economia e Estatística do estado do Rio Grande do Sul (FEE-RS), e no endereço eletrônico da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Hoesler (FEPAM-RS).

Ambos os arquivos foram manipulados no ambiente SIG do *software* ArcGIS, através da ferramenta “*dissolve*”. Foram utilizados também os arquivos vetoriais de limites municipais e estadual do estado do Rio Grande do Sul, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para fins de localização da área de estudo. O resultado pode ser visualizado na Figura 13.

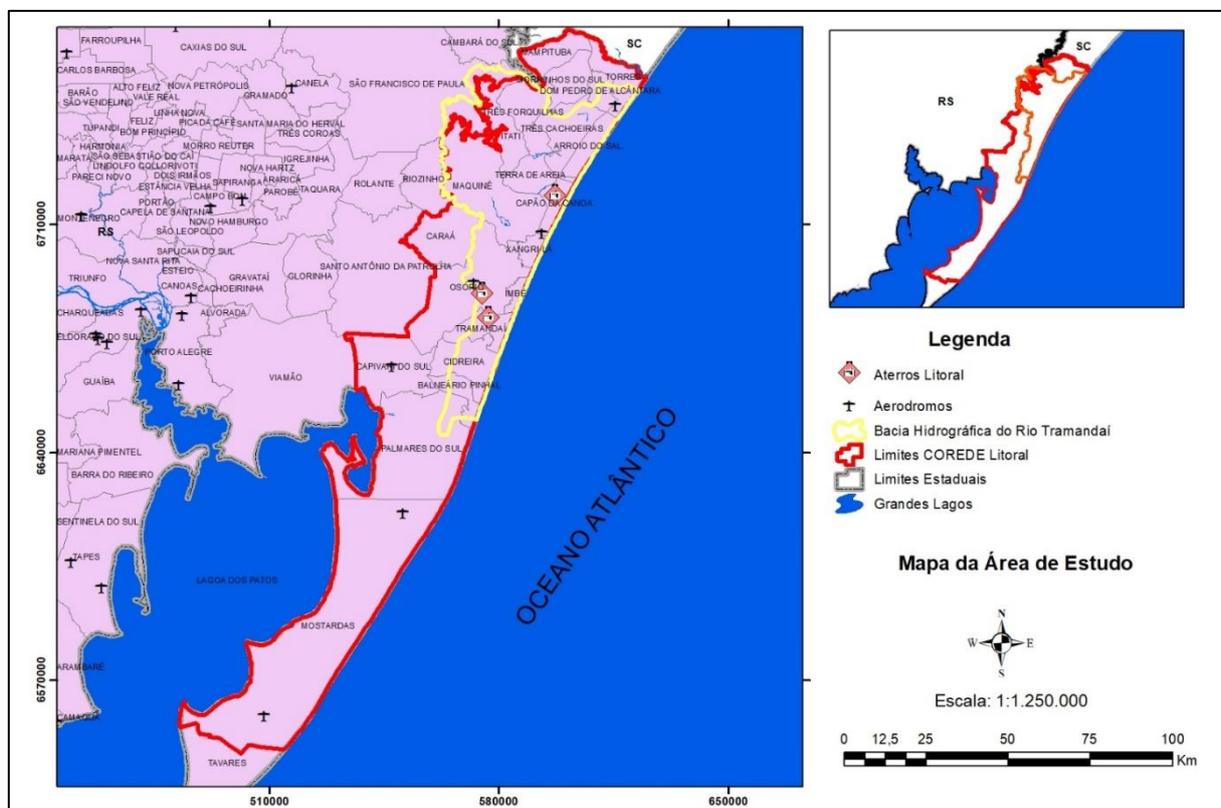


Figura 13: Delimitação da região de interesse em relação aos limites estaduais e municipais, com localização dos aterros sanitários existentes no Litoral Norte.

Fonte: FEE-RS (COREDES, 2015); IBGE (Limites municipais e estaduais, 2010); GERCO (Bacia hidrográfica do Tramandaí, 2000).

A etapa seguinte consistiu na seleção de, ao menos, três áreas dentro desta região, levando em consideração critérios eliminatórios que permitiram avaliar quais áreas são legalmente passíveis de receber este tipo de empreendimento.

Uma vez definida a região de interesse, foi criado um banco de dados SIG que subsidiou o desenvolvimento das etapas posteriores, como a aplicação de critérios eliminatórios e a etapa da pré-seleção de áreas aptas disponíveis.

5.3 Criação do Banco de Dados SIG

Visando caracterizar a região de interesse, foi realizado um pré-diagnóstico a partir de dados secundários. A partir das informações levantadas foram definidos os múltiplos critérios a serem avaliados para cada meio analisado, em relação aos objetivos deste estudo, como o conjunto dos recursos hídricos, a malha rodoviária, unidades de conservação, uso e ocupação do solo, restrições legais, entre outros. Essas informações foram organizadas em um banco de dados para uso em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Uma descrição das fontes de informação utilizadas é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Descrição das fontes de informação levantadas.

Meios	Referência
Meio Físico	- Imagens de satélite Astrium/Digital Globe, 2016. (<i>Google Earth</i>). - Clima, Geologia, Geomorfologia, Solos, Hidrogeologia, Recursos Hídricos, Bacias Hidrográficas: CPRM (2010); Biblioteca digital da FEPAM (2015); Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul (Hasenack, H.; Weber, E. (org. 2010)); Ventos: Normais climatológicas (INMET, 1961 – 1990) e atlas eólico do RS; IBGE (2003/2010); EMBRAPA (2006);
Meio Biótico	- Imagens de satélite Astrium/Digital Globe, 2016. (<i>Google Earth</i>). - <i>Shapefile</i> das seguintes fontes: Biblioteca digital do Ministério do Meio Ambiente - MMA (2015) e FEPAM-RS (2015).
Meio Socioeconômico	- Imagens de satélite Astrium/Digital Globe, 2016. (<i>Google Earth</i>). - Mapas e dados de Zoneamento Ecológico Econômico do Litoral Norte (FEPAM-RS, 2000); - <i>Shapefile</i> das seguintes fontes: Biblioteca digital (MMA, 2015). Biblioteca digital (FEPAM, 2015). Geobank (CPRM, 2010). Biblioteca digital (IBGE, 2010/2015). - <i>Shapefile</i> do Ministério dos Transportes e FEE (2010/2015).

5.4 Critérios Eliminatórios Aplicados na Área Total da Região de Interesse

Após o levantamento de dados, foram definidos e aplicados os critérios eliminatórios na área total da região de interesse para avaliar quais áreas apresentam restrições que impedem a instalação de um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos Classe II A. Os critérios avaliados nesta etapa foram os seguintes:

- A) Distância mínima de Aeródromos;
- B) Interferência em Unidades de Conservação;
- C) Distanciamentos mínimos de obras de infraestrutura (Rodovias e Redes de Alta Tensão);
- D) Distanciamentos mínimos de Aglomerações Urbanas; e
- E) Interferência em Áreas de Preservação Permanente – APP.

Para fazer com que esses critérios sejam aplicados efetivamente na avaliação, foi necessário torná-los quantificáveis e espacializados. O processo de operacionalização foi realizado através da elaboração de parâmetros a partir dos critérios estabelecidos. Cada um dos critérios selecionados para análise, bem como seus parâmetros e as referências para adoção de restrições, são descritos a seguir.

5.4.1 Distância Mínima de Aeródromos

A Lei Federal nº 12.725, de 2012, que dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos, estabelece um raio de 20 km a partir do centro geométrico da maior pista de um aeródromo como Área de Segurança Aeroportuária (ASA). Neste perímetro o uso e ocupação estão sujeitos a restrições especiais em função do potencial de atração de aves. Esta lei ainda classifica aterros sanitários como “atividade com potencial atrativo de fauna”, estando, portanto, sujeita às restrições impostas.

O Ministério da Defesa, a partir da portaria nº 249 de 2011, aprovou o Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário (PBGRA), que define a Área de Gerenciamento do Risco Aviário (AGRA) como a área incluída num raio de 20 km a partir do centro geométrico da pista, porém dividida em duas partes: **o núcleo**, estabelecido como um raio de 09 km a partir do centro; e **o setor externo**, compreendido entre o núcleo e o limite da AGRA (20 km).

Sendo assim, optou-se por utilizar como critério eliminatório deste estudo um raio de 20 km a partir do centro geométrico da pista de aeródromos. Ou seja, automaticamente **foram excluídas da pré-seleção de alternativas locais as áreas que se encontrem dentro de um raio de até 20 km do centro geométrico de aeródromos.**

5.4.2 Interferência em Unidades de Conservação

A Lei Federal nº 9.985 de 2000 define Unidade de Conservação (UC) como:

“...o espaço territorial, e os recursos ambientais nele inseridos, com características naturais relevantes, legalmente instituído com objetivos de conservação, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção...”.

Esta mesma lei divide as unidades de conservação em dois grupos:

a. Unidades de Conservação de Proteção Integral – UCPI

O objetivo básico das UCPI é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei; e

b. Unidades de Conservação de Uso Sustentável - UCUS

Prevê a compatibilização da conservação com o uso sustentável de seus recursos naturais.

Conforme a resolução CONAMA 428/2010, empreendimentos que se encontrem a até 3 km do entorno de qualquer UC devem solicitar autorização do órgão gestor da unidade de conservação que ela circunda, caso o plano de manejo dessa unidade de conservação não estabeleça a sua zona de amortecimento.

No estado do Rio Grande do Sul, o Código Estadual do Meio Ambiente (instituído pela Lei Estadual n° 11.520/2000) determina que qualquer empreendimento ou atividade que exista ou se pretenda instalar em um raio de até 10 km no entorno de qualquer unidade de conservação necessita da autorização do Órgão Gestor da Unidade de Conservação.

Sendo assim, optou-se por utilizar como critério eliminatório deste estudo todas as áreas que se encontrem em um raio de até 10 km no entorno de qualquer Unidade de Conservação, seja ela uma UCUS ou uma UCPI, uma vez que se buscam selecionar áreas aptas para instalação de um empreendimento potencialmente poluidor e que, estando dentro desta zona de entorno, poderia ser legalmente proibido a qualquer tempo.

5.4.3 Distanciamentos Mínimos de Obras de Infraestrutura

Os critérios eliminatórios relacionados a este item foram subdivididos em dois parâmetros:

1. Sistema viário

De acordo com os documentos “Normas para o Projeto das Estradas de Rodagem” (DNIT, 1973), e “Normas de Projetos Rodoviários: Projeto Geométrico de Rodovias” (DAER, 1991), a largura da faixa de domínio das rodovias varia de acordo com a classe de rodovia definida pelo órgão gestor (levando em consideração a capacidade de tráfego, a velocidade permitida, largura da via, entre outros) e o relevo da região onde a rodovia se localiza.

A partir desses critérios, optou-se por adotar um valor médio para o distanciamento mínimo de rodovias, fixado em 35 metros para cada lado do eixo de rodovias. Conforme o Art. 4º da Lei Nº 6.766/1979, também é obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 metros para além da faixa de domínio público. Desta forma, tem-se que **o distanciamento mínimo de rodovias considerado neste estudo foi de 50 metros para cada lado do eixo de rodovias.**

2. Redes de Alta Tensão

São redes de transmissão e distribuição de energia elétrica, as quais são constituídas de cabos energizados, distribuídos em redes aéreas, sustentadas por torres. As áreas sob as redes de alta tensão possuem restrições quanto ao seu uso, sendo chamadas de Faixas de Segurança.

Por definição, a faixa de segurança é a faixa de terra ao longo do eixo das linhas e redes aéreas de distribuição, necessária para garantir seu bom desempenho, sua inspeção, manutenção e a segurança das instalações e de terceiros.

Ela é definida de acordo com os critérios estabelecidos na NBR 5.422/1985 e na Lei 11.934 de 5 de maio de 2009 e na Resolução n.º 686 da ANATEL de 13 de outubro de 2017.

Como a definição da largura da faixa de segurança é variável, para fins de análise nesta pesquisa ela **foi considerada em 30 metros, ou seja, contando 15 metros para cada lado do eixo de qualquer linha de transmissão ou distribuição identificada na área de estudo**, uma vez que esta largura é igual (ou muito próxima) à largura máxima da faixa de segurança de Linhas de Transmissão de 230 Kv ou mais.

5.4.4 Distanciamento de Manchas urbanas

De acordo com a NBR 13.896/97, é recomendável que a área útil de um aterro sanitário para resíduos não perigosos esteja a uma **distância mínima de 500 metros de manchas urbanas**. Portanto, esta foi a distância mínima adotada para este estudo.

5.4.5 Áreas de Preservação Permanente

Conforme o atual Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/12):

“...a Área de Preservação Permanente (APP) possui a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, constituindo-se dever do proprietário da área manter sua vegetação...”.

Para os efeitos da referida lei são consideradas Áreas de Preservação Permanente as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, variando sua largura entre 30 metros para cursos d'água com largura inferior a 10 metros e 500 metros para cursos d'água com largura superior a 600 metros. Também são Áreas de Preservação Permanente: áreas no entorno de lagos, lagoas, nascentes, olhos d'água e reservatórios artificiais (que barrem curso hídrico), encostas com declividade superior a 45°, ambientes com altitude superior a 1800 metros, dentre outras áreas.

Foram identificadas diversas coleções hídricas, como nascentes, cursos de água, áreas úmidas, lagoas, considerando-se como APP as suas áreas e faixas marginais, identificadas em mapas produzidos com as informações ambientais disponíveis, caracterizadas a partir de análise de imagem de satélite.

5.4.6 Interferência em Terras Indígenas, Quilombolas, Comunidades Tradicionais e Assentamentos da Reforma Agrária

A legislação brasileira restringe o acesso e uso das áreas consideradas de proteção às comunidades e culturas tradicionais, como terras indígenas, comunidades quilombolas e assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA. Portanto, os terrenos que se sobrepuserem ou interseccionarem estas áreas serão classificados como **inaptos**.

As informações georreferenciadas destas áreas estão disponíveis no sítio eletrônico do INCRA em formato *shapefile*, o qual foi seccionado com o arquivo *shapefile* da área de estudo, a fim de eliminar da seleção as referidas áreas.

5.4.7 Interferência em Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural

Buscando não impactar patrimônio arqueológico, histórico e cultural protegidos pela administração federal, estadual ou municipal, estabeleceu-se que estas áreas também serão excluídas no processo de avaliação e eliminação de áreas. As informações georreferenciadas destas áreas estão disponíveis no sítio eletrônico do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN e do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Estadual - IPHAE em formato *shapefile*, os quais foram seccionados com o arquivo *shapefile* da área de estudo, a fim de eliminar da seleção as referidas áreas.

5.4.8 Resumo da Aplicação dos Critérios Eliminatórios

A seguir é apresentado um resumo dos critérios eliminatórios que foram analisados. Na Tabela 3 são descritos os parâmetros de cada critério, as referências e as restrições impostas por cada um.

Tabela 3: Parâmetro, referência e restrição de cada critério.

Critério	Parâmetro	Referência	Restrição
Distância mínima de aeródromos	Área de Segurança Aeroportuária	Lei Federal nº 12.725/2012 e PBGRA, 2011	Áreas dentro de um raio de 20 km de aeródromos
Distanciamentos mínimos de obras de infraestrutura	Distanciamento de Rodovias	DNIT, 1973; DAER 1991 e Lei Federal nº 6.766/1979	Áreas dentro de um raio de 50 m a partir do eixo de rodovias
	Distanciamento de manchas urbanas	NBR 13.896/97	Áreas dentro de um raio de 500 m de manchas urbanas
Áreas de Preservação Permanente	Distanciamento de recursos hídricos superficiais	Lei nº 12.651/2012	Áreas próximas de recursos hídricos superficiais

Critério	Parâmetro	Referência	Restrição
Interferência em Unidades de Conservação	Interferência/distanciamento em UC's	Lei Federal nº 9.985/00	Áreas que estejam a distâncias inferiores à 10 km de qualquer UC
Interferência em Terras Indígenas, Quilombolas, Comunidades Tradicionais e Assentamentos da Reforma Agrária	Sobreposição em relação à Área de Estudo	Constituição Federal de 1988; Lei 6001/73 – Estatuto do Índio, Decreto n.º1775/96	Áreas que estejam inseridas na poligonal que representa a área de estudo
Interferência em Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural	Sobreposição em relação à Área de Estudo	DL nº 03/1948; LF nº 3924/1961; D F nº 80978/1977; Portarias IPHAN nº 230/2002; nº 420/2010; IN IPHAN nº 01/2015; Leis RS 10116/1994; 11.380/1999; e 11.738/2002	Áreas que estejam inseridas na poligonal que representa a área de estudo

Após a aplicação dos critérios eliminatórios começou a etapa de identificação e classificação de áreas aptas à instalação de aterros sanitários.

5.5 Operacionalização da Classificação

Todos os critérios eliminatórios aqui citados possuem planos de informação espacializados e georreferenciados. Também o arquivo com a delimitação da área de interesse. Com uso dos *softwares* SIG ArcGIS e QuantumGIS foram avaliados cada um desses critérios, gerando novos planos de informação.

5.5.1 Preparação da Base de Informações Georreferenciadas

Inicialmente, todos os planos de informação foram ajustados para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000), adotando este sistema geodésico para todo o trabalho. Esta etapa visou padronizar as informações, criando um banco de dados com referência geodésica única, evitando assim problemas relacionados ao posicionamento georreferenciado das informações.

O sistema geodésico SIRGAS-2000 foi escolhido por ser o sistema oficial do Brasil (IBGE, 2015) e por ser compatível com o sistema de referência geodésica adotado por outra ferramenta de análise espacial, a qual foi utilizada mais adiante, a ferramenta *Google Earth*, que utiliza o Sistema Geodésico Mundial de 1984 (*World Geodetic System - WGS-1984*).

Os passos para unificação do sistema de referência foram os seguintes:

- a) Inserção dos arquivos vetoriais em formato *shapefile* (.shp) no *software* SIG ArcGIS;
- b) Análise do sistema de referência de cada um dos arquivos .shp;
- c) Transformação dos arquivos .shp cujos sistemas de referência não sejam SIRGAS-2000 através da ferramenta “*Project*” do ArcGIS; e
- d) Salvamento dos arquivos reprojitados em pasta específica.

Após a unificação dos sistemas de referências foi necessário preparar os arquivos vetoriais georreferenciados de cada critério, pois muitos precisaram passar por edições e/ou alterações.

5.5.1.1 Aeródromos

O *shapefile* de Aeródromos foi obtido da base de dados do Ministério dos Transportes (2015). Como fator de exclusão imposto por lei, será realizada a transformação dos atributos desse arquivo, a fim de criar as áreas de exclusão do entorno de aeródromos (20 km a partir do centro geométrico das pistas).

Os passos para esta preparação foram os seguintes:

- a) Inserção do *shapefile* de Aeródromos no ambiente SIG;
- b) Seleção dos Aeródromos que se encontrem dentro da Área de Interesse com uso da ferramenta “*Select by location*”;
- c) Criação de um novo *shapefile* apenas com os aeródromos selecionados;
- d) Criação da área de exclusão com uso da ferramenta “*buffer*”; e
- e) Salvar o novo *shapefile* em pasta específica.

5.5.1.2 Unidades de Conservação

Conforme antes mencionado, optou-se por eliminar áreas que se encontrem em um raio de até 10 km de qualquer Unidade de Conservação.

Para tanto, os passos foram os seguintes:

- a) Unificar os *shapefiles* de Unidades de Conservação Federais, Estaduais e Municipais;
- b) Aplicar a função “*Buffer*” no ArcGIS, selecionando a distância de 10 quilômetros;
- c) Salvar o novo *shapefile* em pasta específica;

5.5.1.3 Obras de Infraestrutura

Para delimitar as zonas de exclusão de manchas urbanas foram utilizados arquivos vetoriais em formato *shapefile* do Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio Grande do Sul produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2012, na escala 1:100.000. Foram selecionadas as áreas classificadas como “Urbanas” e, a partir da ferramenta “*buffer*” criadas zonas de exclusão em seu entorno, em um raio de 500 metros. O mesmo

procedimento foi utilizado para delimitação das zonas de exclusão a partir do eixo de rodovias e ferrovias, ficando estas em 50 metros para cada lado do eixo viário. Já para as linhas de transmissão de energia foram criadas faixas de segurança com largura de 30 metros ao longo de qualquer rede de alta voltagem identificada.

Os arquivos vetoriais em formato *shapefile* utilizados encontram-se no sítio eletrônico do Ministério dos Transportes (2010) e da Agência Nacional de Energia Elétrica (2017).

5.5.1.4 Áreas de Preservação Permanente

Como as áreas de preservação permanente englobam uma série de requisitos, sejam ambientais, ou do meio físico, e que ainda assim podem ser variáveis (como a largura de cursos hídricos, por exemplo) exigindo um esforço múltiplo, nesta etapa de pré-seleção não foram consideradas as distâncias mínimas de APP's, passando essa análise para a fase pós-seleção de áreas.

5.5.2 Pré-Seleção das Áreas Disponíveis

Após a preparação da base de dados georreferenciados foi feita a interação em ambiente SIG dos diversos parâmetros analisados.

Dessa forma, o arquivo *shapefile* com a área de estudo (região do COREDE Litoral e da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí) foi interpolado com cada um dos arquivos vetoriais *shapefile* dos diversos critérios avaliados, através da ferramenta “*erase*”, a qual eliminou a área de estudo que estivesse sobreposta a cada um dos *shapefiles* representantes dos critérios selecionados.

A partir de então tivemos um novo arquivo de área de estudo, já com os fatores de exclusão aplicados e, portanto, restando as áreas disponíveis para análise.

5.6 Avaliação das Áreas Disponíveis

Após a etapa de eliminação de áreas inaptas para instalação de um aterro sanitário, foram pré-selecionadas três áreas na região de interesse que potencialmente poderiam receber o empreendimento.

A seleção destas três áreas foi feita com base em interpretação de imagem de satélite de alta resolução espacial através do *software Google Earth*.

Nesta fase foram avaliadas espacialmente as áreas possivelmente aptas à instalação de empreendimentos dessa natureza. Para tanto, uma análise visual de imagem de satélite de alta resolução espacial das áreas previamente selecionadas permitiu a escolha das referidas áreas. Após a identificação de áreas potenciais, estas foram delimitadas na própria ferramenta Google Earth, através da criação de polígonos de interesse.

A seleção das áreas levou em consideração os seguintes fatores:

- a) Áreas com pelo menos 16 hectares;
- b) Ausência de APP's de coleções hídricas e/ou declividade; e
- c) Altimetria do terreno.

Conforme já explicitado, para se tornar apta a receber um aterro sanitário, com todos os equipamentos necessários e uma vida útil projetada de ao menos 20 anos, é necessário que as áreas possuam ao menos 16 hectares. Essa dimensão de área, aliada a uma adequada projeção construtiva e operacional do aterro contribui para a diminuição dos impactos visuais, de odores e de particulados. A ausência de APP's é condição fundamental para sua instalação e operação. Já a altimetria é fundamental, uma vez que as células de aterro não podem ser passíveis de alagamento e precisam manter uma distância mínima do lençol freático.

A análise e interpretação da imagem de alta resolução espacial permitiu a identificação das áreas de preservação permanente relativas à hidrografia. Quanto à declividade, a ferramenta *Google Earth* apresenta informações altimétricas que permitem a avaliação de declividade das áreas. Dessa forma, foi possível traçar perfis altimétricos na ferramenta, mostrando informações de inclinações média e máxima, extensão do perfil, e altimetria.

Com relação à declividade dos terrenos, a NBR 13.896/1997 indica a instalação deste tipo de empreendimento em terrenos cuja declividade se encontre entre 6° e 30°. Já o novo código florestal (Lei Federal nº 12.651/2012) considera como áreas de preservação permanente todos os terrenos cuja declividade se encontre acima de 45°. Dessa forma, foram desconsiderados nesse estudo todos os terrenos que se encontrem em declividades superiores a 45°.

Já a altura final das células leva em consideração a instalação de dispositivos (preferencialmente naturais) de diminuição de impactos visuais e de gases e poeira. Nesse caso, considera-se a instalação de cortinamento vegetal com uso de espécimes arbóreos de grande porte (como eucaliptos), muito utilizados em diversos empreendimentos, como pedreiras e outros aterros sanitários (caso dos aterros de Minas do Leão e de Tramandaí, por exemplo).

Assim, foram selecionadas três áreas para um estudo classificatório comparativo, onde foram considerados dois grupos de informações, igualmente importantes:

- A) As necessidades técnico-econômicas para implantação do empreendimento; e**
- B) Condições naturais específicas relacionadas ao ambiente.**

5.6.1 Metodologia de Classificação das Áreas

Agora faremos uma exposição de como foram classificadas as áreas em relação a cada parâmetro de avaliação.

Distanciamento de Núcleos Habitacionais

De acordo com a NBR 13.896/97 é recomendável que a área útil de um aterro sanitário para resíduos não perigosos esteja a uma distância mínima de 500 metros de núcleos habitacionais. Já conforme diretrizes da FEPAM, a distância mínima que um aterro deve estar de núcleos populacionais é de 1500 m (SILVA, 2011). Este fator está diretamente relacionado ao impacto de emissão de particulados e de odores que potencialmente ocorrem em empreendimentos dessa natureza. Em estudo de emissão e percepção de odores em um aterro sanitário em Peniche, Mendes (2012) constatou que os limites anuais permitidos pela legislação europeia de exposição a odores por parte da população ocorrem em uma distância de até 500 metros da área do aterro.

Por este motivo, este critério apresenta as seguintes classificações em relação ao fator proximidade com núcleos habitacionais, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4: Classificação conforme o item *distanciamento de Núcleos Habitacionais*.

Distância de Núcleos Habitacionais (m)	Classificação
Distâncias entre 0 e 500 m	Aptidão Mínima
Distâncias > 500 m <1500 m	Aptidão Média
Distâncias > 1500 m	Aptidão Máxima

Acesso Rodoviário

A disposição final de resíduos em um aterro sanitário envolve, além das atividades internas aos aterros, o transporte dos resíduos por caminhões até sua destinação final. A proximidade do aterro sanitário com vias pavimentadas e com acesso facilitado diminui consideravelmente os impactos ambientais, principalmente as emissões atmosféricas ocasionadas pelo tráfego dos caminhões em vias não-pavimentadas. Conforme metodologia proposta por Silva (2011), áreas que se encontrem em distâncias maiores que 50 metros (limite da zona de exclusão em relação ao sistema viário) até 200 metros de vias pavimentadas foram classificadas como de Aptidão Máxima. Áreas distantes de vias pavimentadas entre 200 metros e 1000 metros foram classificadas como de aptidão média, e áreas com distâncias superiores a 1000 metros foram classificadas como de aptidão mínima, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5: Classificação conforme o item *Acesso Rodoviário*.

Distância de vias pavimentadas (m)	Classificação
Distâncias > 1000 m	Aptidão Mínima
Distâncias > 200 m < 1000 m	Aptidão Média
Distâncias > 50 m < 200 m	Aptidão Máxima

Áreas de Preservação Permanente

A classificação para este critério foi definida da seguinte forma: áreas onde o aterro vai operar com distâncias entre zero até 200 metros de coleções hídricas ou áreas protegidas foram classificadas como aptidão mínima, obedecendo ao distanciamento mínimo estabelecido pela NBR 13.896/1997; áreas onde o aterro vai operar com distâncias entre 200 metros até 500 metros foram consideradas de aptidão média, uma vez que algumas APP's podem chegar até este limite máximo; e áreas onde o aterro vai operar a distâncias acima de 500 metros de qualquer APP foram classificadas como de aptidão máxima, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6: Classificação conforme o item *Áreas de Preservação Permanente*.

Distância de APP's (m)	Classificação
Entre 0 e 200 m	Aptidão Mínima
> 200 m < 500 m	Aptidão Média
> 500 m	Aptidão Máxima

Disponibilidade de Material de Cobertura

Este critério justifica-se pela relevância que esta variável tem na implantação e, principalmente, na operação em relação à disponibilidade de material para confecção de camadas de cobertura e base de aterros.

Como a planície costeira do RS é composta basicamente por sucessões de áreas lagunares e cordões arenosos, com solos frequentemente mal drenados e lençol freático próximo à superfície, neste critério foram consideradas as distâncias das áreas disponíveis para instalação do aterro em relação às jazidas para fornecimento de material de cobertura. Para tanto, foram avaliadas as distâncias das jazidas comerciais de argila em relação às áreas avaliadas.

Assim, a classificação desta variável seguiu os critérios apontados na Tabela 7.

Tabela 7: Classificação conforme o parâmetro *Disponibilidade de Material de Cobertura*.

Distância de Jazidas (Km)	Classificação
> 100 Km	Aptidão Mínima
< 100 até 20 Km	Aptidão Média
<20 Km	Aptidão Máxima

Distância dos Centros Geradores de Resíduos

Visando diminuir custos, riscos de acidentes e contaminação durante o transporte de resíduos, foram consideradas as distâncias dos centros geradores de massa de resíduos dos municípios incluídos na região de interesse até as três áreas selecionadas. **Foi considerado como centro gerador de massa de resíduos a área mais urbanizada e populosa de cada município**, levando-se em conta a densidade de residências através de análise espacial na ferramenta *Google Earth*, e dados de população residente em cada município. A partir desse critério, foram criados *shapefiles* com pontos dos centros de geração, e foi feita uma avaliação de suas distâncias em relação às três áreas selecionadas, no SIG QuantumGIS. A partir da análise das distâncias de cada centro gerador de massa em relação às três áreas, foi feita uma média das distâncias encontradas.

Para fins de comparação, foram consideradas de aptidão máxima as áreas em que a distância média de transporte dos resíduos estava entre 0 km e 80 km; de aptidão média as áreas que se encontraram entre 80 km e 160 km de distância média dos centros geradores; e de aptidão mínima caso a distância média em relação aos centros geradores estivesse acima de 160 km, conforme ilustra a Tabela 8.

Tabela 8: Classificação conforme *Distância do Centro de Geração de Massa de Resíduos*.

<i>Dist. Média do Centro de Geração de Massa</i>	Classificação
Área com Distância > 160 km	Aptidão Mínima
Área com Distância > 80 km e < 160 km	Aptidão Média
Área com Distância > 0 km e < 80 km	Aptidão Máxima

Uso do solo: Impedimentos Legais

Esse parâmetro classificou as áreas selecionadas com base no zoneamento ecológico econômico para os municípios do litoral norte e conforme o disposto nas legislações estadual e municipais de parcelamento e uso do solo.

Baseado na Resolução CONAMA nº 237/1997, e nas legislações de parcelamento e uso do solo, foram consideradas como de “aptidão máxima” as áreas que se encontraram nas zonas de expansão industrial dos municípios; de “aptidão média” as áreas que se encontravam sobre as zonas rurais; e como zonas com “aptidão mínima” as áreas que porventura se encontraram sobrepostas às zonas classificadas como de expansão urbana, conforme ilustra a Tabela 9.

Tabela 9: Classificação de áreas conforme o parâmetro *Impedimentos Legais referentes ao Uso do Solo*.

<i>Impedimentos / Uso do Solo</i>	Classificação
Área em Zona de Expansão Urbana	Aptidão Mínima
Área em Zona Rural	Aptidão Média
Área em Zona Industrial	Aptidão Máxima

Direção preferencial dos Ventos

Este parâmetro tem importância na classificação de áreas para instalação de um aterro de resíduos sólidos urbanos, uma vez que as atividades geram odores desagradáveis e o vento atua como veículo de transporte desses odores.

Conforme Sales (2014), o transporte do odor é afetado por fatores como estações do ano, horário do dia e das condições da atmosfera que influenciam a dispersão do odor (turbulência, velocidade e direção do vento). Com relação aos odores, no Brasil ainda não há legislação específica. FEPAM (2016) alega que reclamações e denúncias vêm sendo registradas pela população do município de Tramandaí em relação à percepção de odores desagradáveis no entorno do aterro sanitário Loreno Schenkel, em uma área de aproximadamente 1800 metros de distância, em dias de vento sudoeste, quando este sopra do aterro em direção ao referido núcleo habitacional.

Para classificação da dispersão dos gases/odores, este parâmetro foi avaliado baseado na direção dos ventos predominantes e na proximidade de núcleos habitacionais no entorno do empreendimento. Foram classificadas como de aptidão mínima as áreas onde se encontravam núcleos habitacionais posicionados após a área do aterro na direção dos ventos predominantes, em uma distância de 500 metros até 1000 metros; de aptidão média as áreas onde existiam núcleos habitacionais posicionados entre 1000m e 2000 metros; e de aptidão máxima para as áreas onde, mesmo existindo núcleos habitacionais, estes se encontravam a, pelo menos, 2000 metros de distância em relação à direção predominante dos ventos na área, (Tabela 10).

Tabela 10: Classificação conforme Direção dos Ventos Predominantes.

<i>Direção dos Ventos e Núcleos Habitacionais</i>	Classificação
Núcleos Habitacionais entre 500 e 1000 metros	Aptidão Mínima
Núcleos Habitacionais entre 1000 e 2000 metros	Aptidão Média
Núcleos Habitacionais após 2000 metros	Aptidão Máxima

Distanciamento de Pontos de Captação de Água para Abastecimento Humano

Entre os parâmetros mais importantes para a definição da localização do empreendimento estão aqueles que podem indicar riscos à saúde humana. Apesar das restrições técnicas, ambientais e

de construção de aterros prever mecanismos de isolamento em relação ao lençol freático, ainda assim a possibilidade de acidentes e vazamentos não está 100% eliminada. Portanto, neste sentido, as áreas pré-selecionadas foram avaliadas conforme seu distanciamento dos pontos de captação de água para abastecimento humano.

Conforme a NBR 13.896/1997 empreendimentos dessa natureza não devem ser instalados a distâncias menores do que 200 de qualquer coleção hídrica ou curso d'água.

A avaliação da distância dos pontos de captação de água em relação às áreas pré-selecionadas foi feita com base na localização dos poços de captação de água subterrânea cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) e informações repassadas por moradores das proximidades, caso se encontrassem nas áreas durante os levantamentos de campo.

As áreas distantes até 200 metros de pontos de captação de água para abastecimento humano foram classificadas como de aptidão mínima; áreas distantes mais de 200 metros até 500 metros foram classificadas como de aptidão média; e áreas distantes mais de 500 metros foram classificadas como aptidão máxima. A Tabela 11 ilustra melhor essa classificação.

Tabela 11: Classificação conforme o parâmetro *distanciamento de pontos de captação de água para abastecimento humano*.

Distância de Pontos de Captação de Água para Abastecimento (m)	Classificação
Até 200 m	Aptidão mínima
Entre 200 e 500 m	Aptidão média
Acima de 500 m	Aptidão máxima

Impactos na Paisagem

A avaliação do parâmetro *impacto na paisagem* está diretamente relacionada às alterações e ao grau de impacto visual que empreendimentos dessa natureza geram a um observador, principalmente em relação ao que este costumava enxergar (e sentir) em relação à determinada área antes de alterada.

A avaliação deste parâmetro foi feita considerando a localização da área onde será instalado o aterro sanitário, ao seu uso e formas (forma/função) pretéritas e às alterações propostas. Conforme Verdum (2012), a forma é o aspecto visível de uma determinada paisagem, e a função pode ser compreendida pelas atividades que, de certa maneira, foram ou estão sendo desenvolvidas e que estão materializadas nas formas criadas socialmente (espaço construído, atividades agrícolas, atividades mineradoras...).

A forma de avaliar este parâmetro foi através do grau de alterações que a área sofrerá em relação ao uso atual, e a exposição da área, uma vez que esta alteração na paisagem precisa ser percebida externamente. Assim, foram analisadas a topografia (forma) e os usos (função) do local e entorno, e o tipo de exposição a que o empreendimento estará sujeito: exposição esporádica, exposição continuada.

A presença ou ausência de barreiras físicas naturais (como dunas, vegetação e/ou acidentes do relevo), o isolamento populacional no entorno e a distância de vias de grande fluxo de veículos permitiram inferir o grau de isolamento visual que cada área estará sujeita, de forma que áreas com baixo isolamento visual sejam classificadas como de Aptidão Mínima, áreas com média exposição sejam consideradas de aptidão média e áreas com Alto Isolamento Visual sejam classificadas como de aptidão máxima, (Tabela 12).

Tabela 12: Apresenta as classes do parâmetro *Impacto na paisagem*.

Impacto na Paisagem	Classificação
Baixo Isolamento Visual	Aptidão mínima
Médio Isolamento Visual	Aptidão média
Alto Isolamento Visual	Aptidão máxima

Percentual de Cobertura Vegetal Nativa

Em termos de vegetação, a região da Planície Costeira do RS foi classificada como Área de Formações Pioneiras (LEITE & KLEIN, 1990), possuindo vegetação com influência fluvial e/ou lacustre, também denominada de Ecossistema de Restinga (IBGE, 2012).

Segundo BRACK (2009), a ocupação do litoral norte do estado é muito intensa e pressiona cada vez mais as formações vegetais que ainda restam. Esta vegetação apresenta uma riqueza em biodiversidade, devido aos fatores ecológicos existentes na região. Ademais, a proximidade com a Serra Geral forma um verdadeiro corredor ecológico das espécies tropicais de origem da Mata Atlântica que procedem da região sudeste do Brasil e que adentram no estado através da chamada “Porta de Torres” (RAMBO, 1950).

Assim, é imprescindível que a busca por áreas propícias para instalação de um aterro sanitário considere o parâmetro “percentual de cobertura vegetal nativa” como um dos fatores para classificação.

Dessa forma, as áreas selecionadas foram classificadas conforme o percentual de cobertura vegetal nativa de cada uma. Foram consideradas três classes de análise. Áreas com percentual de vegetação nativa variando entre 0% e 30% foram consideradas de aptidão máxima; áreas com percentual variando entre 31% e 60% foram consideradas de aptidão média e áreas com percentual

variando entre 60% e 100% foram classificadas como de aptidão mínima, conforme ilustra a Tabela 13.

Tabela 13: Classificação conforme o parâmetro percentual de cobertura vegetal nativa.

% de Cobertura Vegetal Nativa	Classificação
61 % - 100 %	Aptidão mínima
31 % - 60 %	Aptidão média
0 % - 30 %	Aptidão máxima

A avaliação da cobertura vegetal foi feita através da interpretação de imagem de satélite da área e delimitação das manchas de vegetação. Após, foi realizado um levantamento de campo, aonde foram avaliadas as manchas de vegetação identificadas, classificando-as conforme as espécies predominantes, a fim de poder quantificar o percentual de cobertura vegetal nativa de cada área.

Tipo de Solo e Profundidade do Lençol Freático (N. A.)

Alguns Requisitos para escolha de áreas para Aterros Sanitários conforme a NBR 13.896/1997:

➤ **Solo:**

“Considera-se **desejável** a existência, no local, de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m”. Contudo, é considerada aceitável uma distância mínima entre a base do aterro e a cota máxima do aquífero freático igual a 1,5 metro, para um coeficiente de permeabilidade $K = 5 \times 10^{-5}$ cm/s. ABNT-NBR 13.896/97.

➤ **Lençol Freático:**

Entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada natural de espessura mínima de 1,50 m de solo insaturado.

➤ **Granulometria e coeficiente de permeabilidade (k):**

A critério do órgão de controle da poluição ambiental, poderá ser exigida uma impermeabilização suplementar, visando maior proteção do aquífero freático. Áreas com predominância de solos com coeficiente de permeabilidade $K = 10^{-4}$ cm/s, não é recomendada a construção de aterros, mesmo utilizando-se impermeabilizações complementares. (MANCINI, 2016).

De maneira geral, Bittencourt (2018) apresenta os valores típicos de permeabilidade conforme tipos de solo, os quais foram utilizados como base para esta avaliação (Tabela 14).

Tabela 14: Coeficiente de permeabilidade (k) típica para solos, por tipo de solo.

Permeabilidade	Tipo de solo	k a 20 °C (cm/s)
Alta	Pedregulho	$> 10^{-1}$
Média	Areia grossa	10^{-1}
Média	Areia média	10^{-2}
Média	Areia fina	10^{-3}
Média	Areia argilosa	10^{-5}
Baixa	Siltes	10^{-4} a 10^{-7}
Baixa	Argilas	10^{-3} a 10^{-5}
Muito Baixa	Argilas	10^{-6} a 10^{-7}
Baixíssima	Argilas	$< 10^{-7}$

Bittencourt (2018).

Segundo a NBR 13.896/1997, considera-se desejável a existência, no local, de uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m. Segundo esta mesma Norma, terrenos onde a profundidade do lençol freático esteja a menos de 1,5 m da superfície não poderão receber aterros sanitários.

Para avaliação deste parâmetro, foi realizado um levantamento de informações hidrogeológicas a partir de dados secundários fornecidos por CPRM (2010) e por uma campanha de campo. Durante a campanha de campo de três dias (19 a 21/02/2018), foram realizadas sondagens a trado manual, visando identificar a profundidade do nível d'água local e aspectos pedológicos (Tabela 15).

Tabela 15: Classificação das áreas conforme o parâmetro *Tipo de solo e Profundidade do Lençol Freático*.

<i>Profundidade do N. A.</i>	Classificação
Profundidade < 1,5 m	Aptidão Mínima
Profundidade > 1,5 m ≤ 3,0 m	Aptidão Média
Profundidade > 3,0 m	Aptidão Máxima

5.6.2 Classificação das Áreas Selecionadas

Uma vez tendo-se definido as três áreas disponíveis, foi elaborado um sistema de classificação para as áreas, utilizando-se de critérios técnicos e legais, visando à seleção de uma destas áreas, a qual foi classificada como mais apta à instalação do empreendimento.

Os fatores qualitativos de classificação das áreas com base nas variáveis selecionadas foram os seguintes:

- A) Aptidão Mínima
- B) Aptidão Média
- C) Aptidão Máxima

Esta classificação foi precedida de análises em relação a cada variável, para cada área, aonde foram atribuídos pontos, gerando uma matriz comparativa das áreas.

A pontuação de cada fator foi relacionada com a classe de aptidão encontrada, da seguinte forma:

- **Fator com Aptidão Mínima = 0 (zero) ponto;**
- **Fator com Aptidão Média = 1 (um) ponto; e**
- **Fator com Aptidão Máxima = 2 (dois) pontos.**

Com base na avaliação dos parâmetros e da pontuação adquirida por cada área, a classificação final se deu através do somatório simples da pontuação de cada área, através da seguinte equação:

$$\text{Classificação Área X} = P_1A_x + P_2A_x + P_3A_x \dots + P_nA_x = x \text{ pontos}$$

Onde:

P1: Corresponde ao parâmetro avaliado na primeira linha da tabela de classificação de áreas.

A_x: Corresponde a área que está sendo avaliada. Por exemplo, P₁A₁, corresponde à pontuação atribuída ao parâmetro 1 conforme avaliação recebida pela Área 1.

A avaliação final e seleção da área mais apta se deu a partir do somatório da pontuação alcançada em cada parâmetro e foi escolhida a área com pontuação mais alta, conforme mostra a Tabela 16.

Tabela 16: Pontuação das áreas conforme parâmetros de análise.

Parâmetro	Área	Classificação			Pontuação
		Aptidão Mínima	Aptidão Média	Aptidão Máxima	
Distanciamento de Núcleos Habitacionais	01				
	02				
	03				
Acesso Rodoviário	01				
	02				
	03				
Áreas de Preservação Permanente	01				
	02				

Parâmetro	Área	Classificação			Pontuação
		Aptidão Mínima	Aptidão Média	Aptidão Máxima	
	03				
Disponibilidade de Material de Cobertura	01				
	02				
	03				
Distância de Centros Geradores de Resíduos	01				
	02				
	03				
Uso do solo: Impedimentos Legais	01				
	02				
	03				
Direção Preferencial dos Ventos	01				
	02				
	03				
Distanciamento de Pontos de Captação de Água para Abastecimento Humano	01				
	02				
	03				
Interferência em Terras Indígenas, Quilombolas, Comunidades Tradicionais e Assentamentos da Reforma Agrária	01				
	02				
	03				
Interferência em Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural	01				
	02				
	03				
Interferência na Paisagem	01				
	02				
	03				
Percentual de Cobertura Vegetal Nativa	01				
	02				
	03				
Profundidade do Lençol Freático	01				
	02				
	03				

A área que obteve o maior somatório de pontos ao final da avaliação foi considerada a mais apta para receber o empreendimento, conforme exemplifica a Tabela 17.

Tabela 17: Classificação final das áreas.

ÁREAS	PONTUAÇÃO FINAL
CLASSIFICAÇÃO FINAL ÁREA 01	
CLASSIFICAÇÃO FINAL ÁREA 02	
CLASSIFICAÇÃO FINAL ÁREA 03	

5.6.3 Resumo da Metodologia de Classificação das Áreas

Foram utilizadas técnicas de interpretação de imagem de satélite de alta resolução espacial fornecidas pela ferramenta *Google Earth* para avaliar alguns dos fatores classificatórios das áreas selecionadas.

O uso de técnicas de geoprocessamento e SIG, o cruzamento de informações espacializadas e a interpretação de imagens de satélite permitiram mais assertividade na classificação de áreas aptas para instalação de aterros sanitários proposta neste estudo.

Algumas informações foram confirmadas em campo, como a cobertura vegetal, a existência de APP's, a profundidade do lençol freático e o tipo de solo de cada área.

Utilizando-se o método de análise multicritérios e somatório dos resultados da análise qualitativa se chegou-se às áreas mais favoráveis para a instalação de um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos.

Não foram atribuídos diferentes pesos às variáveis utilizadas para o estudo classificatório, visto que os fatores avaliados deveriam receber a mesma importância e atenção para fins de definição de áreas mais ou menos aptas. Não se entende neste estudo que parâmetros logísticos, econômicos ou ambientais se sobreponham uns aos outros para determinar áreas para recebimento de rejeitos. Esta pré-classificação está intrínseca à metodologia de pré-seleção de áreas aptas, mostrada a seguir.

6 PRÉ-SELEÇÃO DE ÁREAS DISPONÍVEIS

Seguindo a proposta metodológica, a pré-seleção de áreas disponíveis inicia pela delimitação da área de estudo, a partir da junção entre as áreas do COREDE Litoral e da Bacia Hidrográfica do Litoral Norte. Perfaz um total de 732.585 ha, estendendo-se de sul para norte desde o município de Mostardas, até os municípios de Torres e Mampituba (Figura 14)

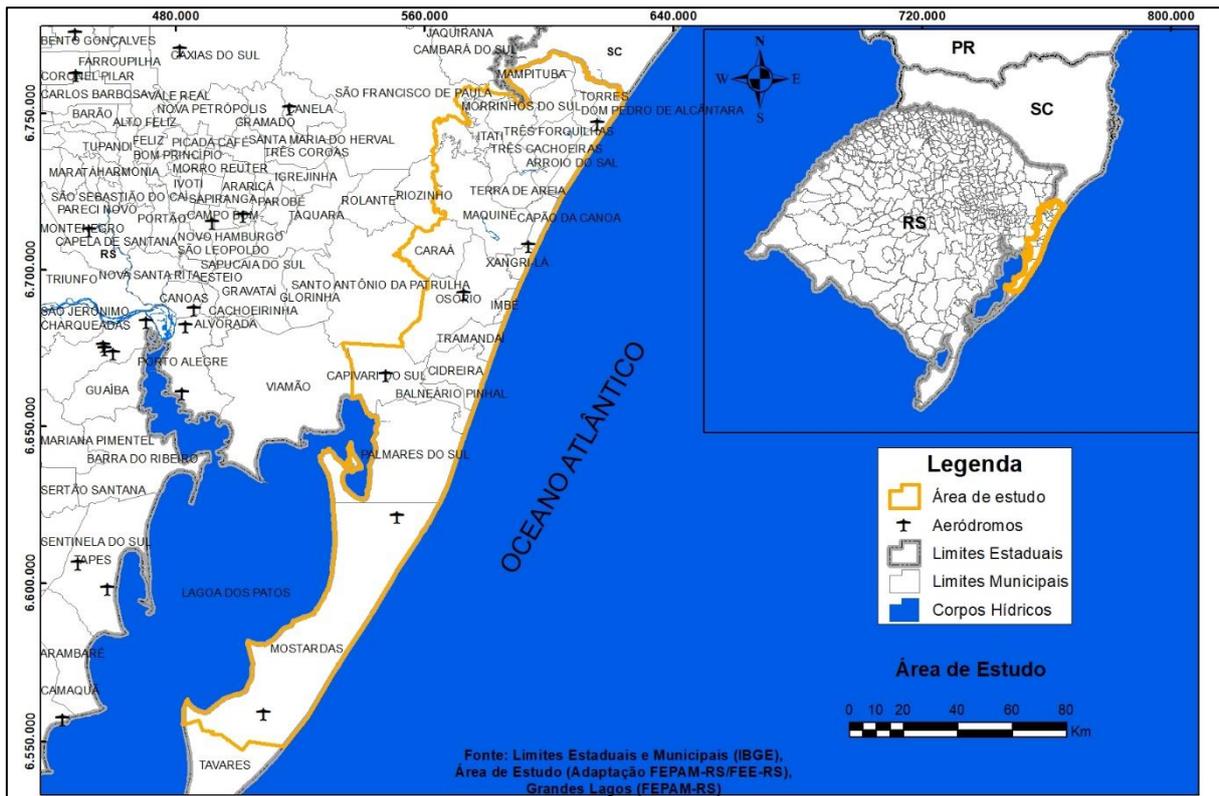


Figura 14: Mapa da área de estudo.

Fonte: Editado pelo autor.

A partir da definição da área de estudo, foram aplicados em ambiente SIG os critérios eliminatórios para a pré-seleção das áreas disponíveis para instalação do aterro sanitário, visando pré-selecionar três áreas para fins de avaliação e classificação. Dessa forma, aplicaram-se os seguintes critérios.

6.1 Distância Mínima de Aeródromos

A partir da inserção do *layer* de aeródromos, disponível no endereço eletrônico do Ministério dos Transportes, em ambiente SIG georreferenciado, criou-se uma zona de exclusão no entorno dos aeródromos, perfazendo um raio de 20 km. Estas áreas estão automaticamente excluídas do processo de seleção, por conta de requisitos legais que impedem as atividades desta natureza no entorno de

aeródromos por risco de acidentes aviários, devido ao seu alto potencial atrativo de aves. A Figura 15 mostra as áreas excluídas a partir desta regra.

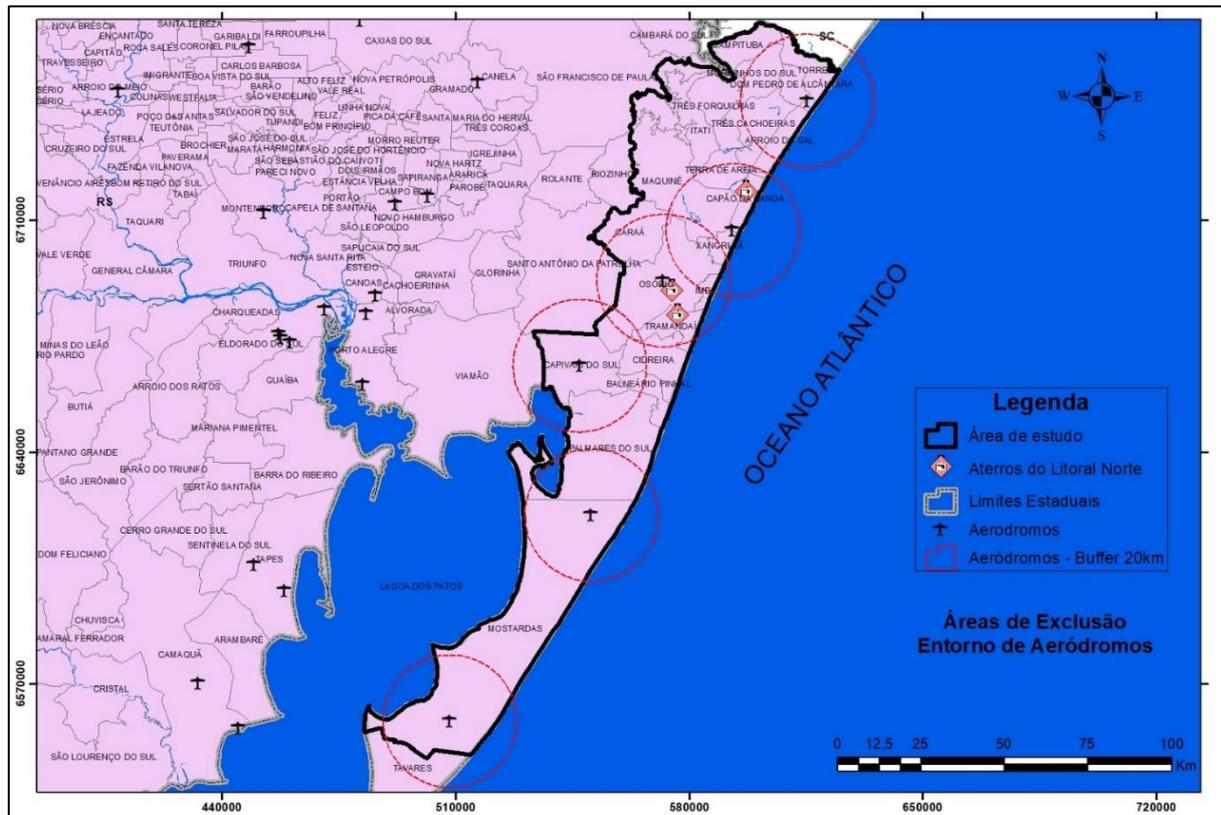


Figura 15: Zonas de exclusão no entorno de aeródromos.

Fonte: Editado pelo autor, 2018.

Foram identificados seis aeródromos na área de estudo, sendo dois no município de Mostardas, um no município de Capivari do Sul, um no município de Osório, um junto ao limite sul do município de Capão da Canoa, próximo à divisa com o município de Xangri-lá e um ao sul do município de Torres, próximo à divisa com Arroio do Sal. Destes seis aeródromos, apenas dois são privados, o de Osório e o aeródromo existente ao norte do município de Mostardas, sendo os demais aeródromos públicos. A unificação destas áreas perfaz um total de 454.160,21 hectares, ou quase 62% da área total que são automaticamente excluídos para fins de pré-seleção das áreas disponíveis por estarem inseridos dentro da área de interesse.

6.2 Interferência em Unidades de Conservação

Optou-se por utilizar como critério eliminatório deste estudo todas as áreas que se encontrem em um raio de até 10 km no entorno de qualquer Unidade de Conservação, seja ela uma UCUS ou uma UCPI, uma vez que se buscam selecionar áreas aptas para instalação de um empreendimento

potencialmente poluidor e que, estando dentro desta zona de entorno, poderia ser legalmente proibido a qualquer tempo (Figura 16).

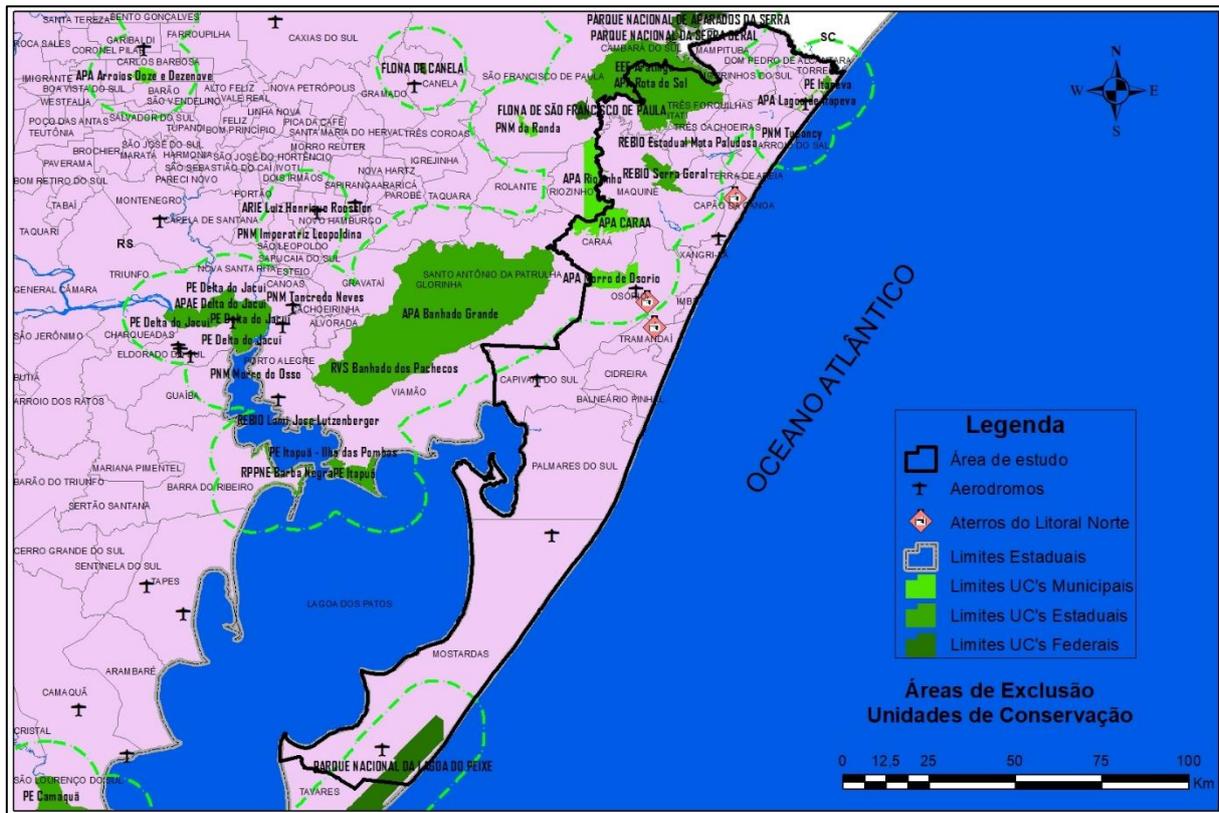


Figura 16: Zonas de exclusão no entorno de unidades de conservação da natureza.

Fonte: Editado pelo autor, 2018.

A análise da Figura 16 permite concluir que a zona de exclusão por proximidade com UC's elimina grande parte da metade norte da área de estudo, livrando apenas uma estreita faixa próxima ao oceano desde o município de Arroio do Sal até Tramandaí. A área superficial excluída da análise por conta deste parâmetro tem um total de 339.434,397 ha (trezentos e trinta e nove mil, quatrocentos e trinta e quatro hectares e trezentos e noventa e sete ares), ou 46% da área total.

6.3 Distanciamento de Obras de Infraestrutura

Neste item foram considerados três tipos de zonas de exclusão: por proximidade com rodovias; com redes de alta tensão; e proximidade com zonas urbanas.

O distanciamento de rodovias a ser considerado como zona de exclusão é de 50 metros para cada lado das rodovias mapeadas pelo Ministério dos Transportes (2010). As zonas de exclusão por proximidade com redes de distribuição de energia seguiram o isolamento das “faixas de segurança”. Por definição, a faixa de segurança é a faixa de terra ao longo do eixo das linhas e redes aéreas de

distribuição, necessária para garantir seu bom desempenho, sua inspeção, manutenção e a segurança das instalações e de terceiros.

Como a definição da largura da faixa de segurança é variável, para fins de análise nesta pesquisa ela **foi considerada em 30 metros, ou seja, contando 15 metros para cada lado do eixo de qualquer linha de transmissão ou distribuição mapeadas pela Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017) e/ou pelo Ministério dos Transportes (2010).**

As áreas de exclusão em relação à proximidade com zonas urbanizadas foram mapeadas de acordo com a NBR 13.896/97, a qual recomenda **distância mínima de 500 metros entre aterros e manchas urbanas.** Para tanto, foi utilizado o arquivo *shapefile* de manchas urbanas da região (IBGE, 2010). Este arquivo foi produzido através de classificação automática com base nas cartas do exército em escala 1:100.000. Como este *shapefile* encontra-se desatualizado em relação à expansão urbana, principalmente no litoral norte do RS, foi feita uma atualização das informações, através da interpretação de imagem de satélite de alta resolução espacial do ano de 2017, disponíveis no SIG QuantumGIS. Assim, o arquivo *shapefile* foi editado, com base na interpretação das imagens de satélite, gerando um arquivo mais fidedigno com a realidade atual da ocupação urbana do litoral, como mostram as imagens da Figura 17.

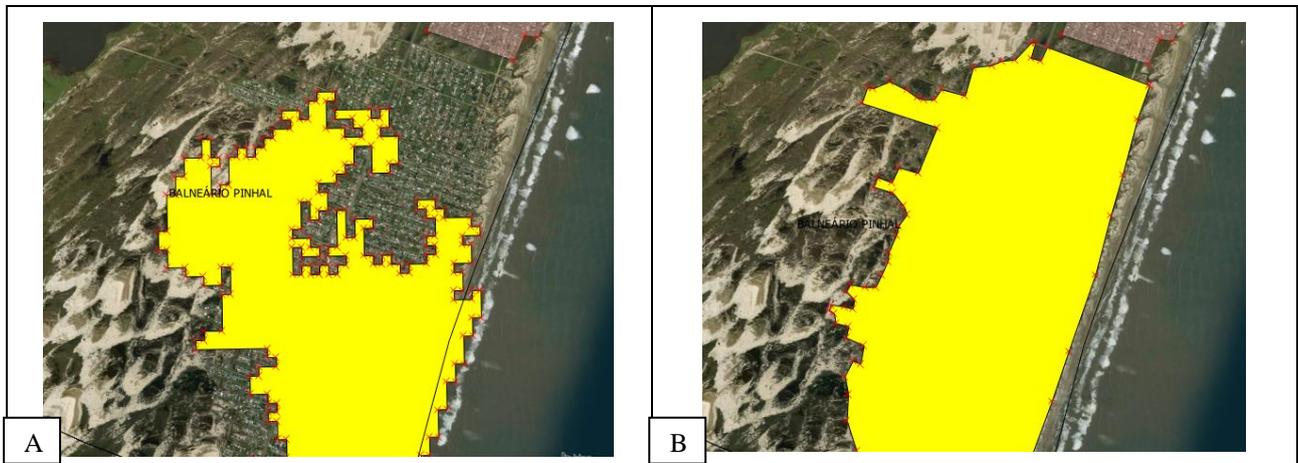


Figura 17: Comparação entre o arquivo *shapefile* original (A) no município de Balneário Pinhal e após a edição (B).

Fonte: Editado pelo autor, 2018.

O resultado da pré-seleção de áreas encontra-se ilustrado na Figura 18.

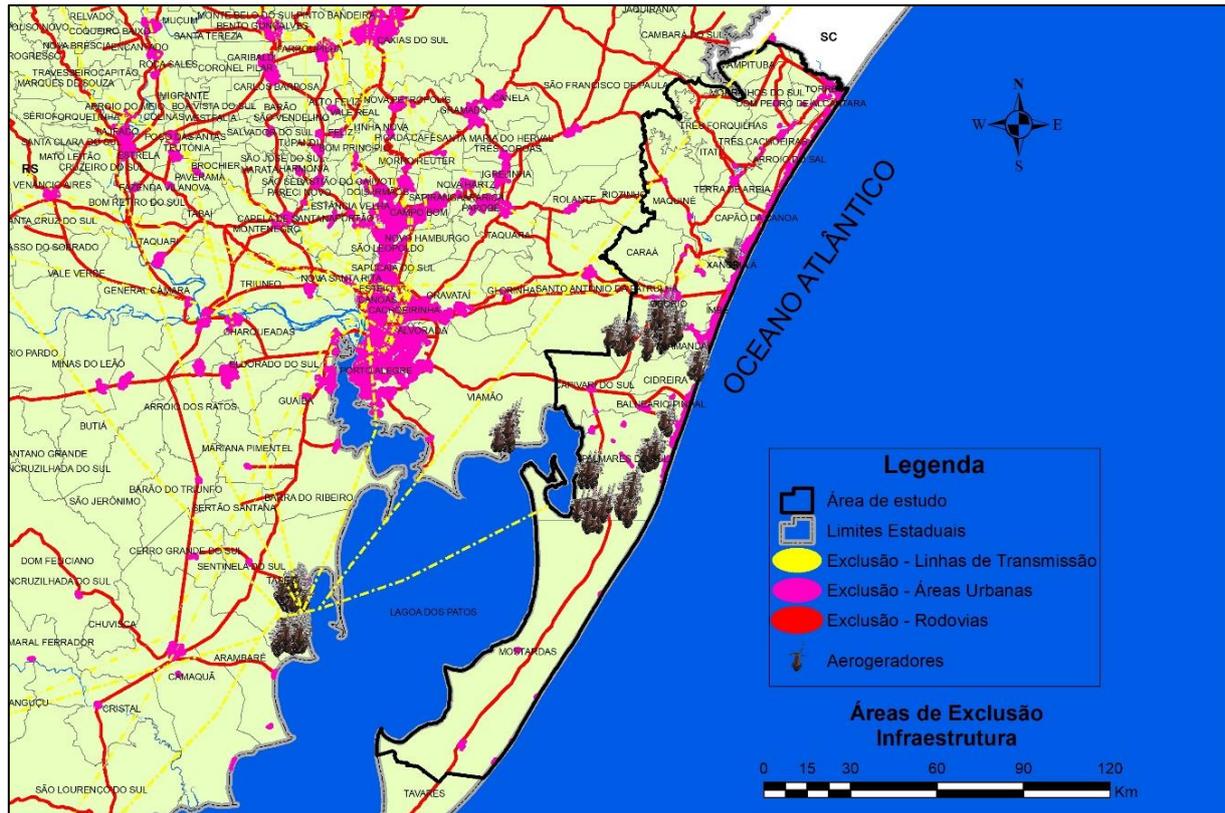


Figura 18: Áreas de exclusão por proximidade com obras de infraestrutura.

Fonte: Editado pelo autor, 2018.

Nota-se pela análise da Figura 18 que poucas redes de alta tensão cortam a área de estudo. As áreas urbanizadas e rodovias concentram-se a partir de Balneário Pinhal e seguem em direção ao norte da área de estudo. A conurbação das aglomerações do litoral norte ocupa praticamente toda a faixa da orla, basicamente restando áreas com campos de dunas e/ou outras áreas de preservação permanente, que impedem a ocupação urbana nestes poucos espaços que restam. Fenômeno relativamente recente, a instalação de aerogeradores ocupa uma área considerável na parte central da área de estudo, mais especificamente nos municípios de Palmares do Sul, Tramandaí, Osório e Xangri-lá, mostrando o potencial eólico que cada vez mais se consolida naquela região.

Portanto, estes três tipos de obras de infraestrutura eliminam relativamente poucas áreas para fins de instalação de aterro sanitário na área de estudo.

6.4 Interferência em Terras Indígenas, Quilombolas, Comunidades Tradicionais, e Assentamentos da Reforma Agrária e Patrimônio Arqueológico, Histórico e/ou Cultural.

Como já explicitado anteriormente, os terrenos que se sobrepuseram ou interseccionaram com terras indígenas, comunidades quilombolas e assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA foram classificados como inaptos, bem como áreas onde existem vestígios

de patrimônio arqueológico, histórico e/ou Cultural. Portanto onde ocorrem estas variáveis as áreas foram excluídas do processo de pré-seleção, como mostra a Figura 19.

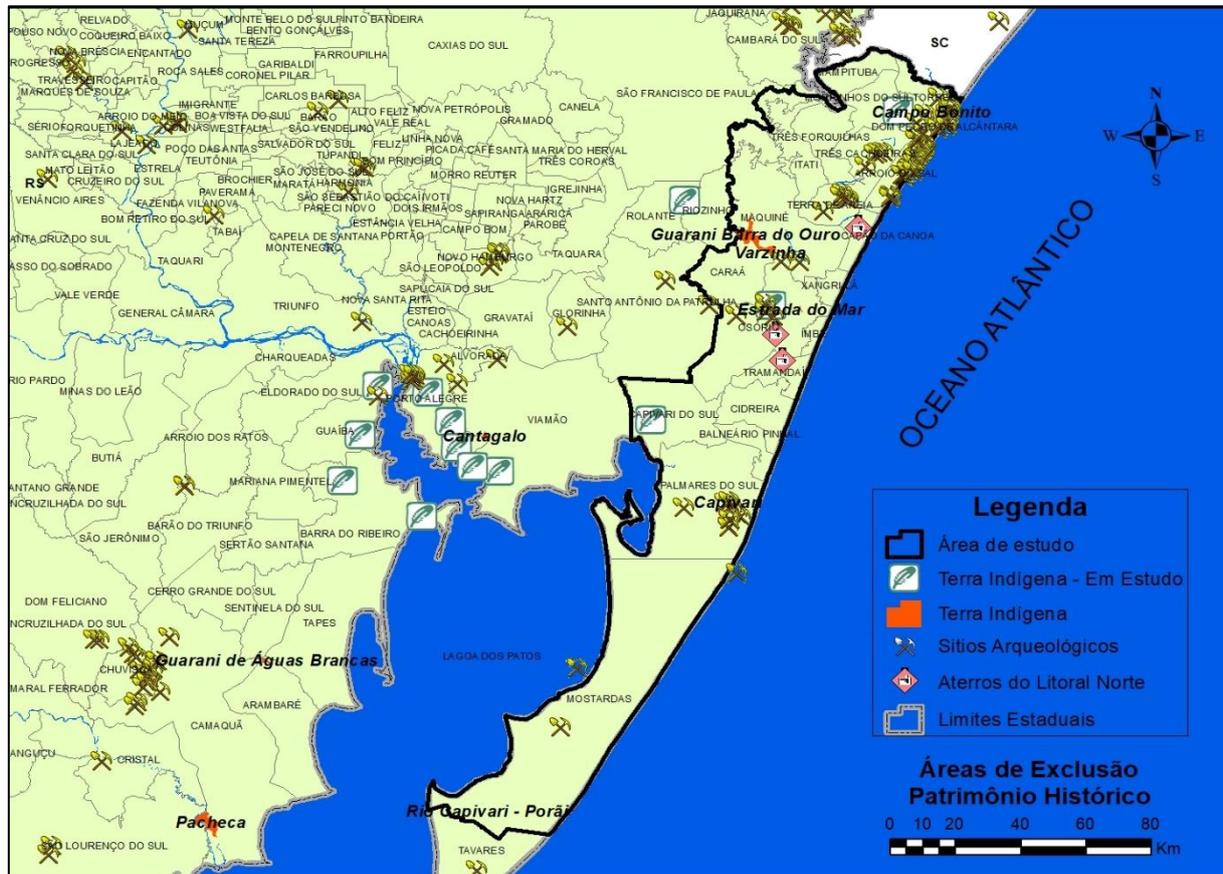


Figura 19: Pré-seleção de áreas aptas a partir das variáveis Interferência em Terras Indígenas, quilombolas, Comunidades Tradicionais, Assentamentos da Reforma Agrária e Patrimônio Arqueológico, Histórico e/ou Cultural.

Fonte: Editado pelo autor, 2018.

Houve impossibilidade em localizar os sítios arqueológicos estaduais, uma vez que o IPHAE-RS não disponibiliza mapas ou arquivos georreferenciados que permitam a localização destas áreas. O IPHAE-RS disponibiliza uma lista atualizada (2017) com o nome dos bens históricos tombados em âmbito estadual. Através da análise desta lista pôde-se constatar que os bens tombados se encontram, em sua maioria, nas zonas urbanas dos municípios (como prédios de igrejas antigas e centros históricos, prefeituras, etc.), o que já torna estas áreas protegidas pela variável “proximidade com zonas urbanas”.

Foram identificadas cinco terras indígenas na área de estudo, sendo uma no município de Palmares do Sul (Terra Indígena Capivari), uma no município de Osório (Terra Indígena Estrada do Mar), uma entre os municípios de Maquiné, Riozinho e Caraá (Terra Indígena Guarani Barra do Ouro), uma entre os municípios de Maquiné, e Caraá (Terra Indígena Varzinha) e uma no município

de Torres (Terra Indígena Campo Bonito), todas de etnia Guarani. Ainda existem algumas outras áreas pontuadas no mapa como terras indígenas em estudo, portanto, ainda não demarcadas.

Já os sítios arqueológicos identificados na área de estudo concentram-se nos municípios de Palmares do Sul, Arroio do Sal, Torres, Três Cachoeiras e Terra de Areia. Apesar de constarem nesta pesquisa como áreas de exclusão, sabe-se que após um período de estudos e resgate, estas áreas poderiam ser liberadas para uso posterior.

Foram identificadas comunidades quilombolas em cinco municípios inseridos na área de estudo: Mostardas, Palmares do Sul, Osório, Maquiné e Terra de Areia, porém, sua localização não foi possível, de forma que deverão ser localizadas posteriormente.

6.5 Resultados da Pré-seleção de Áreas.

Após a delimitação de áreas de exclusão por parâmetros pré-selecionados, houve a necessidade de cruzamento dessas informações, de forma que se possa analisar, de maneira geral, quais áreas restariam disponíveis para qualificação e instalação de um aterro sanitário. Assim, os arquivos *shapefile* com os limites das áreas de exclusão foram unificados e delimitados pela área de estudo.

A unificação de todas as áreas de exclusão gerou um polígono único com um total de 608.548,842534 hectares, ou seja, 83% da área de estudo inicial ficam automaticamente excluídos do processo de seleção, por enquadrarem-se em pelo menos um dos critérios eliminatórios anteriormente listados. O resultado encontra-se na Figura 20.

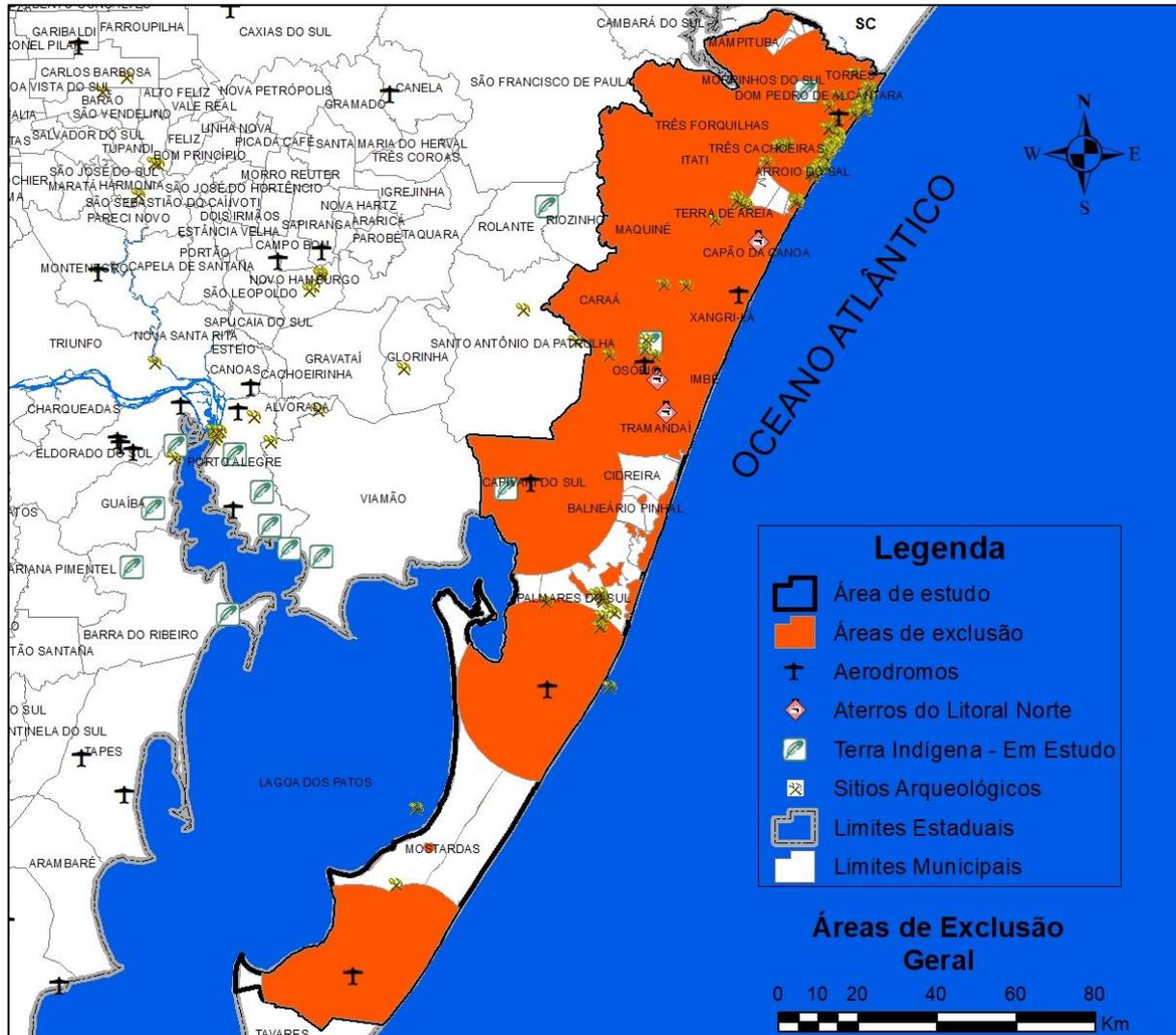


Figura 20: Áreas de exclusão unificadas.

Fonte: Editado pelo autor, 2018.

Analisando a Figura 20, percebe-se que restaram poucas áreas com condições legais de receberem um aterro sanitário; uma área no extremo norte da área de estudo, mais precisamente entre os municípios de Torres, Mampituba e Morrinhos do Sul; ainda no norte da área de estudo também existe uma área entre os municípios de Arroio do Sal e Terra de Areia; mais centralizada existe uma extensão de terras que vai do município de Cidreira até Palmares do Sul; e na região mais ao sul da área de estudo, encontram-se duas áreas, no município de Mostardas.

A partir desta etapa foi necessário selecionar ao menos três áreas para serem avaliadas e se buscar, entre elas, a mais apta a receber um aterro sanitário na região de estudo.

A fim de contemplar todas as áreas disponíveis, buscou-se selecionar ao menos uma área em cada região apta, o que gerou uma segmentação da área de estudo por regiões, as quais foram chamadas de Região Norte, Região Central e Região Sul, todas inseridas na área previamente

selecionada como área de estudo. Para tanto, foi utilizada a ferramenta Google Earth Pro, *software* que disponibiliza imagens de satélite atuais, com alta resolução espacial, além de uma série de outras informações. Através da análise e interpretação dessas imagens, buscou-se selecionar áreas que pareciam visualmente favoráveis aos objetivos propostos nesta pesquisa. Dessa forma, buscou-se identificar áreas com pelo menos 16 hectares e as seguintes características:

- 1) Menor quantidade de cobertura vegetal arbórea nativa;
- 2) Ausência aparente de áreas úmidas e/ou APP's;
- 3) Altura do terreno em relação ao nível do mar (mais alto identificado em cada área);
- 4) Distanciamento de núcleos habitacionais; e
- 5) Proximidade com os principais centros geradores de resíduos.

Expondo brevemente sobre as características buscadas em cada área, visou-se a busca do menor impacto ao ambiente, seja ele em seus aspectos biótico, físico e/ou social. Aspectos normativos (como distanciamento do lençol freático) também foram determinantes para escolha ou descarte prévio das áreas a serem avaliadas. Isso fez com que se evitasse selecionar áreas com cotas próximas ao nível do mar (entre zero e cinco metros), com umidade aparente ou próximas de cursos hídricos. A proximidade com os centros geradores de resíduos é desejável pelo fator custo e impactos com o trânsito e transporte dos resíduos, mas sem esquecer de manter o distanciamento de núcleos habitacionais, a fim de diminuir impactos como a exposição da população aos odores provenientes deste tipo de atividade. Uma menor cobertura vegetal arbórea nativa também é desejável, a fim de diminuir impactos como a sua supressão, principalmente por se tratar de vegetação protegida, e ao mesmo tempo muito sensível (vegetação de restinga com remanescentes arbóreos de mata atlântica).

Após análise, as áreas disponíveis existentes nos extremos norte e sul da área de estudo foram previamente eliminadas do processo de pré-seleção por encontrarem-se muito longe dos centros geradores de massa de resíduos existentes na área de estudo.

Além disso, a área norte encontra-se em um ambiente composto por morros com grande cobertura vegetal nativa e declividades acentuadas, ocupados por agricultura familiar, o que lhe confere importância socioambiental e alto grau de sensibilidade a alterações. Consta também uma área na planície de inundação do Rio Mampituba, ocupada com produção de arroz e, portanto, sazonalmente alagada, com elevação do lençol freático. Algumas das características citadas podem ser vistas na Figura 21.

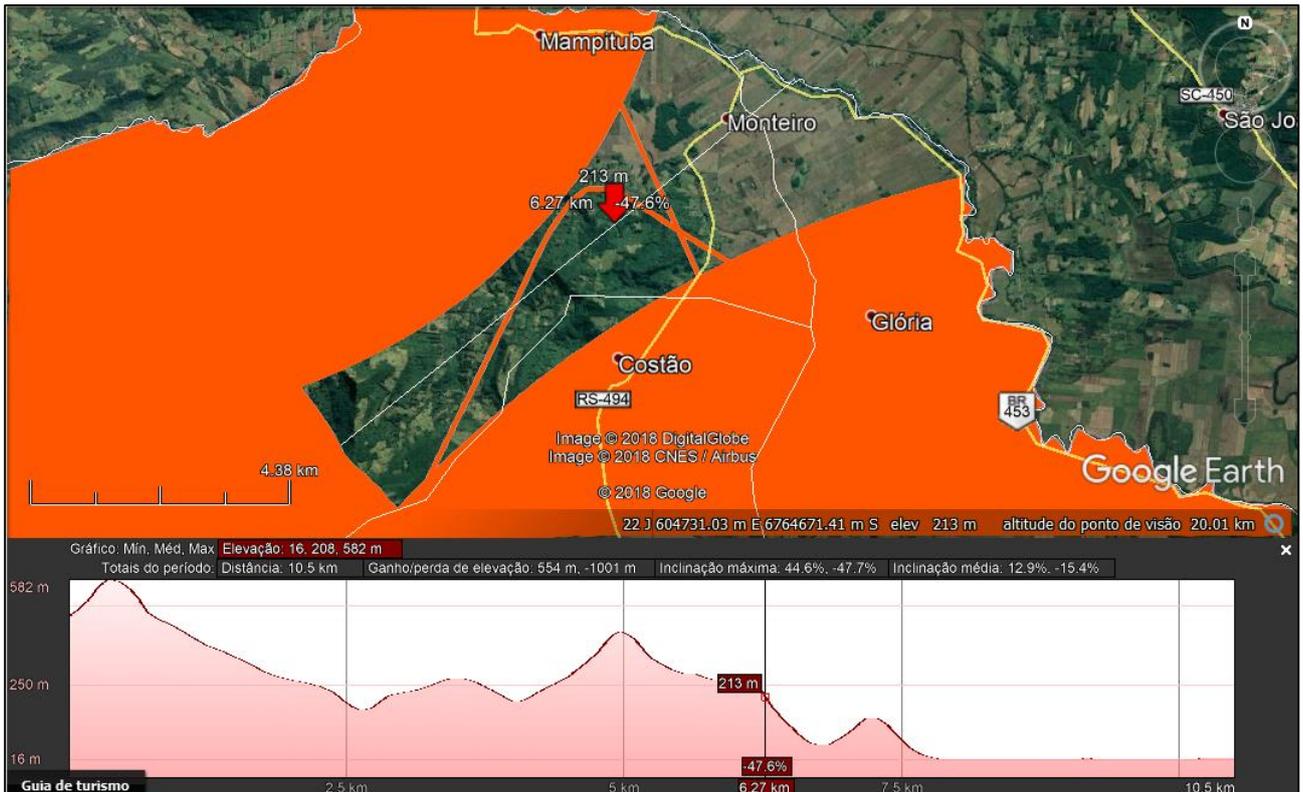


Figura 21: Área excluída no extremo norte, entre os municípios de Torres, Mampituba e Morrinhos do Sul. Dividida entre morros e planície de inundação, com alto percentual de ocupação.

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

Já as áreas disponíveis existentes no extremo sul são compostas por terrenos planos e alagadiços, muitos deles cultivados com arroz, principalmente a oeste da rodovia BR-101, enquanto a leste existem muitas áreas úmidas, lagoas e campos de dunas, aonde a ocupação humana ocorre com criação de gado e silvicultura sobre os campos úmidos. Próximo às margens da rodovia, a ocupação se dá de forma mais intensa, com alguns condomínios residenciais, sedes de fazendas e pequenos comércios. Essas características podem ser percebidas na Figura 22.

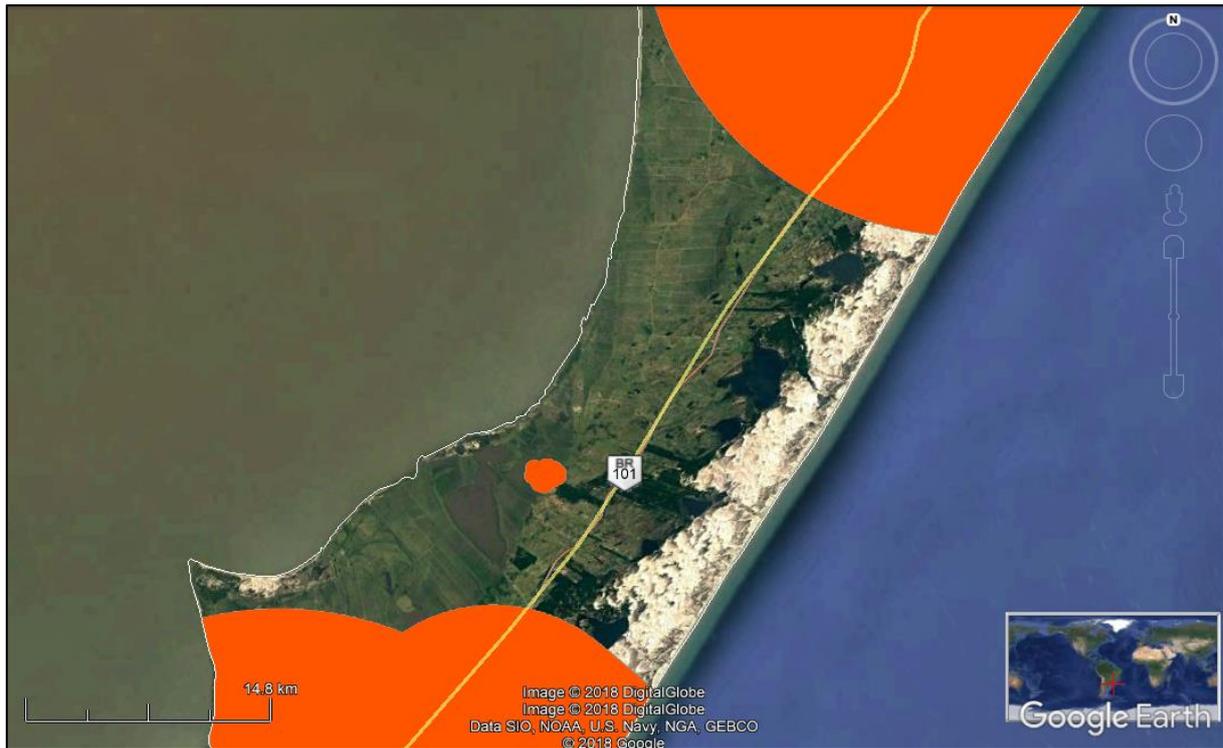


Figura 22: Área excluída do processo de seleção no extremo sul da área de estudo. Percebe-se a oeste da rodovia BR-101 a ocupação das áreas mais úmidas com riziocultura, enquanto a leste notam-se os campos de dunas, lagoas costeiras e silvicultura.

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

Sendo assim, restaram outras áreas, entre os municípios de Arroio do Sal e Palmares do Sul, as quais serão chamadas a partir de agora como Área Norte, Área Central e Área Sul.

6.5.1 Área Norte

A Área Norte encontra-se quase inteiramente no município de Arroio do Sal. Conta ainda com duas pequenas áreas no município de Terra de Areia e de Três Cachoeiras, as quais foram descartadas por serem de pequena extensão e sem as características desejáveis para o objetivo deste estudo.

Portanto, a área norte, no município de Arroio do Sal, pode ser dividida em duas: a área a oeste, com uma pequena extensão de terras que vai da rodovia estadual ERS-389 (conhecida como Estrada do Mar) até as margens da Lagoa Itapeva e a área a leste da referida rodovia, a qual se limita orientalmente com as áreas urbanizadas do litoral (Figura 23).



Figura 23: Área Norte, entre a Lagoa de Itapeva e os núcleos urbanos do balneário de Arroio do Sal, dividido pela rodovia estadual ERS-389. Em laranja a zona de exclusão, que limita as áreas disponíveis.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2018.

A área a leste da ERS-389 encontra-se basicamente em seu estado natural, predominando restingas, áreas úmidas e alagadiças, o que provavelmente freou a expansão urbana do litoral neste ponto. A altitude média está em torno de 9 metros e a baixa ocupação que ocorre nesta área se dá através da criação de canais artificiais que drenam pequenas extensões de terra. Nas áreas drenadas encontram-se basicamente plantios de espécimes arbóreos exóticos para fins comerciais, pela silvicultura. Ainda assim, predominam nesta área ambientes sensíveis e legalmente protegidos, como banhados e áreas úmidas, como se vê na Figura 24.

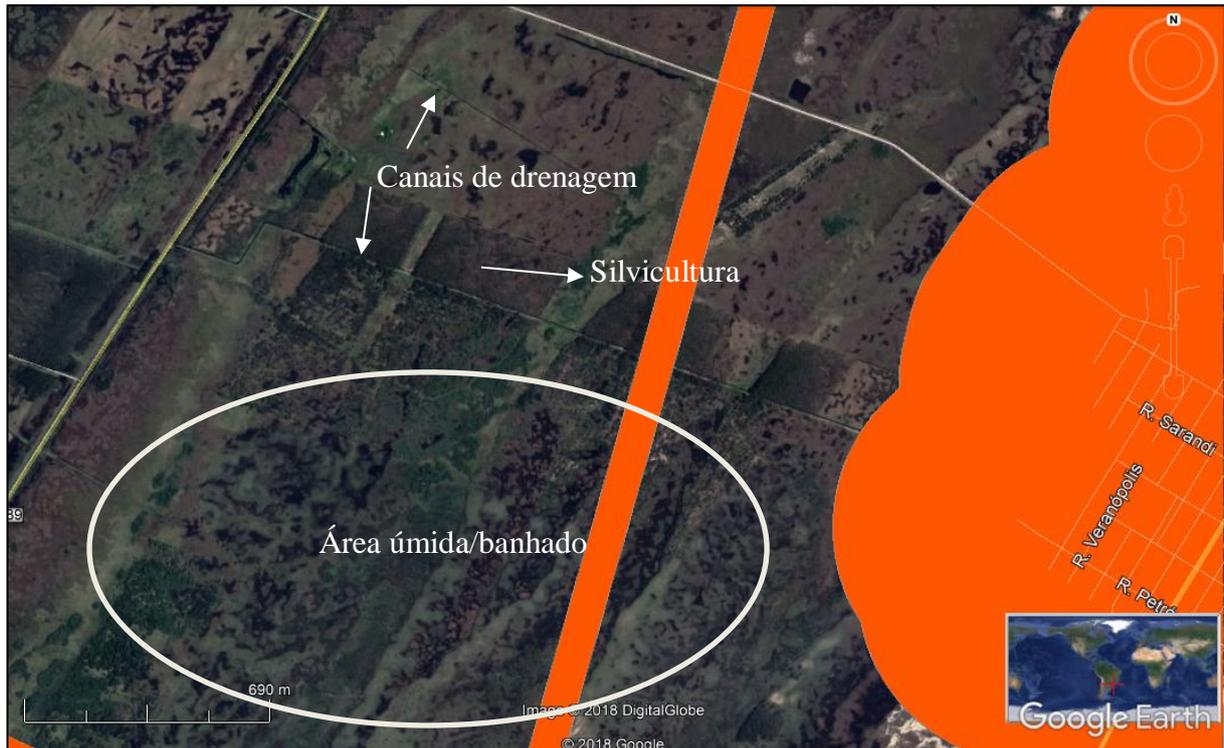


Figura 24: Vista da área a leste da ERS-389. Em laranja, a área restrita de expansão urbana.
Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

A extensão de terras entre a ERS-389 e a zona restrita por expansão urbana possui aproximadamente 2 km. Devido a este e aos demais fatores apresentados anteriormente, não foi possível identificar uma área propícia para instalação de aterro sanitário nesta parte, o que levou a análise para o lado oeste da ERS-389.

A área a noroeste da ERS-389 é composta por fazendas de criação de gado e silvicultura, com alguns pequenos comércios às margens da rodovia. A altitude média fica em torno de 8m, podendo chegar a 11m em alguns campos de dunas recobertos por vegetação nativa. O relevo é plano a suave ondulado, com inclinação máxima de 3,4% e média de 0,6% (EMBRAPA, 1979). O manejo e controle de áreas alagadiças também se dá através da criação de canais artificiais para drenagem e escoamento das águas. Porém, este ambiente encontra-se mais alterado em relação às suas características originais, com menores extensões de áreas alagadiças e banhados, o que permitiu identificar três áreas, já alteradas, passíveis de instalação de um aterro sanitário, as quais foram denominadas como 1-A, 1-B e 1-C, identificadas por polígonos de cor amarela na Figura 25.



Figura 25: Áreas selecionadas para avaliação na Área Norte (em amarelo), a oeste da ERS-389. Uma delas foi escolhida para avaliação, durante os levantamentos de campo.

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

A área 1-A (Figura 26) tem aproximadamente 16,2 hectares, e é atualmente ocupada por silvicultura e pecuária. A análise visual da imagem de satélite não mostra nenhum curso hídrico ou área úmida sobreposta à área, o que a torna interessante sob o ponto de vista dessa pesquisa, uma vez que já se encontra alterada, com inserção de espécies arbóreas exóticas e sem umidade aparente. Mantém uma distância razoável da ERS-389 (aproximadamente 350 metros) e da lagoa Itapeva, a oeste (aproximadamente 220 metros).



Figura 26: Área 1-A. Área plana e aparentemente seca, sem cursos ou corpos d'água, já impactada pela silvicultura e pecuária.

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

A área 1-B tem aproximadamente 17,5 hectares, encontra-se totalmente ocupada com silvicultura e está a 300 metros da Lagoa Itapeva e 500 metros da ERS-389 (Figura 27).



Figura 27: Área 1-B. Totalmente ocupada com silvicultura.

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

A Área 1-C encontra-se 250 metros ao sul da área 1-B e também é ocupada por silvicultura e pastagens. A área também possui alguns drenos artificiais que provavelmente serviram para rebaixar o lençol freático e permitir a ocupação e plantio (Figura 28).



Figura 28: Área 1-C: ocupada com silvicultura (coloração verde escura) e pastagens (noroeste da área). Percebem-se ao menos dois canais de drenagem no terreno.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2018.

As demais áreas existentes a oeste da ERS-389 nessa região não apresentavam condições mínimas de serem avaliadas, pois foram identificados muitos capões nativos e áreas alagadas/banhados, o que impedia a seleção de uma área mínima para avaliação sem tornar tendenciosa a comparação com os demais locais, uma vez que se buscam áreas viáveis para receber um aterro sanitário.

Durante os levantamentos de campo foi escolhida uma das três áreas citadas anteriormente (Áreas 1-A, 1-B ou 1-C) para representar a área norte e ser avaliada neste estudo. Basicamente o acesso às áreas foi fator importante para essa tomada de decisão, uma vez que são áreas particulares e seu ingresso dependeu de autorização dos proprietários.

6.5.2 Área Central

A área central contempla porções dos municípios de Tramandaí, Cidreira e Balneário Pinhal. Entretanto, a pequena porção de terras do município de Tramandaí inserida na área disponível é composta basicamente por campos de dunas e áreas alagadiças às margens de lagoas costeiras, o que

exclui esse município da seleção na área central. A porção de terras pertencente ao município de Balneário Pinhal encontra-se próxima a condomínios residenciais e tem grande porção de terras em terreno alagadiço, às margens da Lagoa da Rondinha. Dessa forma, identificaram-se duas áreas que pareceram mais viáveis, no município de Cidreira, as quais denominamos de Área 2-A e Área 2-B.

Ambas as áreas se encontram a aproximadamente 3 km a noroeste da Lagoa da Fortaleza, na zona rural do município de Cidreira. Possuem altitude em torno de 17 m e não apresentam drenagens visíveis em seu interior. Elas são ocupadas por silvicultura, atividade predominante na região junto com a pecuária e rizicultura. Entre as duas áreas existem dois locais com solo exposto, aparentemente por processos de mineração, como extração de areia (Figura 29).



Figura 29: Áreas 2-A e 2-B, no município de Cidreira.

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

A área 2-A possui aproximadamente 20 hectares enquanto a área 2-B possui 16,5 hectares. A escolha de uma delas se dará conforme a facilidade de acesso, uma vez que apresentam características muito semelhantes entre si.

6.5.3 Área Sul

A área sul encontra-se inserida no município de Palmares do Sul, nas porções de terra que não sofreram restrições no processo de pré-seleção de áreas disponíveis (Figura 30). A análise das porções de terras aptas disponíveis na região mostra que nas proximidades da rodovia BR-101 (área central da Figura 30) a altitude gira em torno de 5 m, o terreno é bastante úmido e ocupado com lavouras de arroz em quase toda sua extensão. As áreas mais altas e secas (basicamente nas margens da rodovia) são ocupadas pelas sedes das propriedades e pequenos comércios. Assim, ficou inviável determinar alguma área para qualificação nesta porção de terras.



Figura 30: Área Sul: áreas restritas (em laranja); porções de terra que não sofreram restrições legais durante o processo de pré-seleção e áreas selecionadas (3-A e 3-B).

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

Assim, restaram porções de terras próximas às lagoas costeiras, aonde os terrenos e os padrões de ocupação se alteram, com altitudes próximas aos 10 metros e ocupação com silvicultura, pecuária e geração de energia eólica. Foram selecionadas duas áreas nesta região, as quais chamaremos de áreas 3-A e 3-B.

A área 3-A (Figura 31) encontra-se a oeste das margens de uma via pavimentada que dá acesso a um parque eólico, distando aproximadamente 2,3 km para oeste do limite norte da Lagoa do Cipó. Sua altitude gira em torno de 13 metros, aparentemente seca e totalmente ocupada por silvicultura.



Figura 31: Vista da área 3-A (em amarelo). Ao sul o parque eólico e a leste a Lagoa do Cipó.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2018.

A área 3-B fica a aproximadamente 2,3 km para sul da localidade de Granjas Vargas, em direção ao balneário Dunas Altas, no lado direito da via. Aproximadamente 1200 metros a nordeste da área 3-B encontra-se a aldeia indígena Capivari, situada ao sul da Lagoa da Lavagem (Figura 32). A altitude nesta região fica em torno de 19 metros, com relevo plano a suave ondulado e a ocupação predominante se dá pela silvicultura e pecuária, sendo que a área 3-B encontra-se totalmente ocupada com silvicultura. Seu acesso se dá por via não pavimentada. Aparentemente não se identificam áreas úmidas no interior da área.



Figura 32: Área 3-B (em amarelo), totalmente ocupada por silvicultura. Ao norte a Lagoa da Lavagem e a Terra Indígena Capivari; e no extremo noroeste da figura encontra-se o limite sul da localidade de Granja Vargas.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2018.

7 AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS

A partir da seleção de três áreas, uma na região norte, uma na região central e outra na região sul anteriormente citadas, e de avaliação em campo, foi feita a classificação de cada uma delas conforme os parâmetros avaliados. Os resultados e a avaliação de cada área, conforme estes parâmetros, são mostrados a seguir.

7.1 Área Norte

O levantamento de campo para avaliação da área norte contemplou uma ida a campo no dia 19/02/2018 para contato e autorização dos proprietários para ingresso nas áreas. Apenas um proprietário foi encontrado no local, visto que os demais não moram ou não estavam em suas residências. Assim, obtivemos autorização para o ingresso e avaliação da área 1-A, sobre a qual foi realizada a avaliação em campo e foi considerada como Área Norte. A Figura 33 mostra a área avaliada, os pontos coletados em campo e o trajeto (em azul) do levantamento realizado.



Figura 33: Área 1-A (área norte), com pontos coletados e trajeto percorrido.

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

Agora, serão avaliados para a área norte os onze itens selecionados para classificação de áreas aptas a receber aterro sanitário.

1) Distanciamento de núcleos habitacionais

Existem sete propriedades próximas a área norte, sendo que duas delas são proprietárias da área avaliada. Existe um padrão de ocupação nesta região, que mantém as residências afastadas da rodovia de acesso, e mais próximas à Lagoa Itapeva. A linha vermelha na Figura 34 representa o limite da faixa de inundação na área, local onde ocorre uma área úmida, às margens da lagoa.



Figura 34: Distâncias entre a área norte e residências próximas.

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

As sete residências encontram-se entre 60 e 280 metros de distância da área avaliada e, portanto, neste quesito a Área Norte foi avaliada como de aptidão mínima (Tabela 18).

Tabela 18: Avaliação do item “Distância de núcleos habitacionais” na área norte.

Distância de Núcleos Habitacionais (m)	Classificação	Pontuação
Distâncias entre 0 e 500 m	Aptidão Mínima	1
Distâncias > 500 m <1500 m	Aptidão Média	
Distâncias > 1500 m	Aptidão Máxima	

2) Acesso Rodoviário

Este fator deve ser relativizado, pois uma área com aptidão máxima para receber um aterro sanitário não deve ser tão próxima a rodovias de grande circulação que se faça sentir sua presença

por odores ou impacto visual, nem tão distante que possa comprometer e impactar vias lindeiras através da geração de poeiras e/ou gases. Como se vê na Figura 34 e na Figura 35, esta área se encontra a aproximadamente 370 metros da rodovia estadual pavimentada ERS-389 (estrada do mar).



Figura 35: Entrada de Acesso à Área Norte a partir da rodovia ERS-389.

Fonte: Autor, 2018.

Então, devido às características de acesso facilitado da área, ela é classificada como de aptidão média, segundo o fator “Acesso Rodoviário” (Tabela 19).

Tabela 19: Avaliação do item “Acesso Rodoviário” na área norte

Distância de vias pavimentadas (m)	Classificação	Pontuação
Distâncias > 1000 m	Aptidão Mínima	
Distâncias > 200 m < 1000 m	Aptidão Média	2
Distâncias > 50 m < 200 m	Aptidão Máxima	

3) Áreas de Preservação Permanente – APP’s

Apesar destes ambientes terem sido evitados durante a pré-seleção de áreas, é possível que existam ambientes legalmente protegidos em partes da área que não foram possíveis de identificar através de análise visual de imagens de satélite. O levantamento de APP’s nas áreas se deu através da técnica de caminhamento e observação para identificação de ambientes legalmente protegidos, como áreas úmidas, banhados, cursos e/ou corpos hídricos e demais ambientes. As APP’s identificadas na área de estudo podem ser vistas na Figura 36.



Figura 36: identificação de APP's.

Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2018.

Foi identificada uma área úmida junto ao limite nordeste da área de estudo. Além desta e de outras áreas úmidas próximas, a Lagoa de Itapeva encontra-se a apenas 230 metros para noroeste desta área. Conforme estabelece a Lei Federal nº 12.651/2012 em seu capítulo II alínea a, ocorre APP em 100 metros no entorno da Lagoa Itapeva, enquanto a área úmida identificada no local não apresenta faixa de APP no seu entorno, uma vez que possui menos de 1 hectare (redação dada pelo parágrafo 4º inciso XI da Lei Federal 12.651/2012). O capítulo IV da Lei Estadual 11.520/2000, em seu artigo 154 define como bens de interesse comum as formações vegetais nativas de ocorrência natural, sendo seu uso, manejo e proteção regulados pela referida lei. Assim, conforme os parâmetros de avaliação do item “Distância de APP's” esta área foi considerada de aptidão mínima para este quesito, recebendo 1 (um) ponto (Tabela 20).

Tabela 20: Avaliação do item “Distância de APP's” na área norte.

Distância de APP's (m)	Classificação	Pontuação
Entre 0 e 200 m	Aptidão Mínima	1
> 200 m < 500 m	Aptidão Média	
> 500 m	Aptidão Máxima	

As fotos da Figura 37 mostram as áreas protegidas identificadas durante a avaliação da área norte.

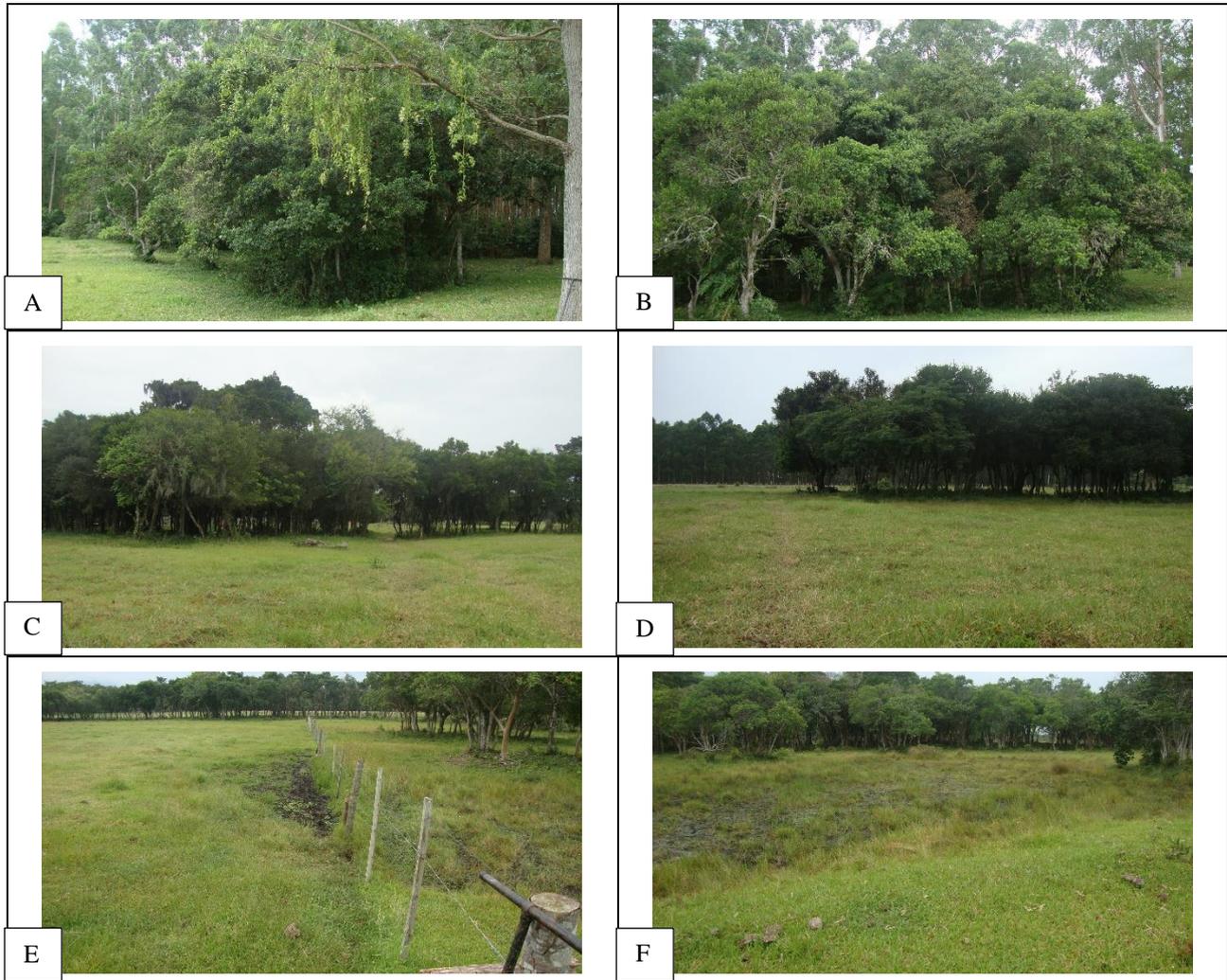


Figura 37: APP's identificadas durante levantamento de campo. Fotos A-B: Capão com vegetação arbórea nativa ao lado de espécimes de eucalipto ao sul da área; fotos C-D: Capão com vegetação arbórea nativa no extremo norte da área; Fotos E-F: Área úmida identificada junto ao limite nordeste.

Fonte: Autor, 2018.

4) Percentual de Cobertura Vegetal Nativa

O percentual de cobertura vegetal nativa na área norte resume-se aos capões identificados na Figura 38, mostrados nas fotos A, B, C e D. O cálculo de áreas cobertas por vegetação nativa consistiu na identificação em campo e mapeamento da área superficial ocupada, o que resultou em um total de 4.509 m² ocupados com vegetação arbórea predominantemente nativa. Nestes locais foram identificadas diversas espécies arbóreas nativas, como o espinheiro (*Mimosa bimucronata*), c, aroeira (*Schinus terebinthifolius*) figueiras (*Ficus sp.*), araçá amarelo (*Psidium cattleianum*) algumas

cobertas por Cipó São João (*Pyrostegia venusta*). Além destes dois capões, encontram-se alguns exemplares arbóreos nativos isolados, como pode ser visto nas fotos da Figura 38.

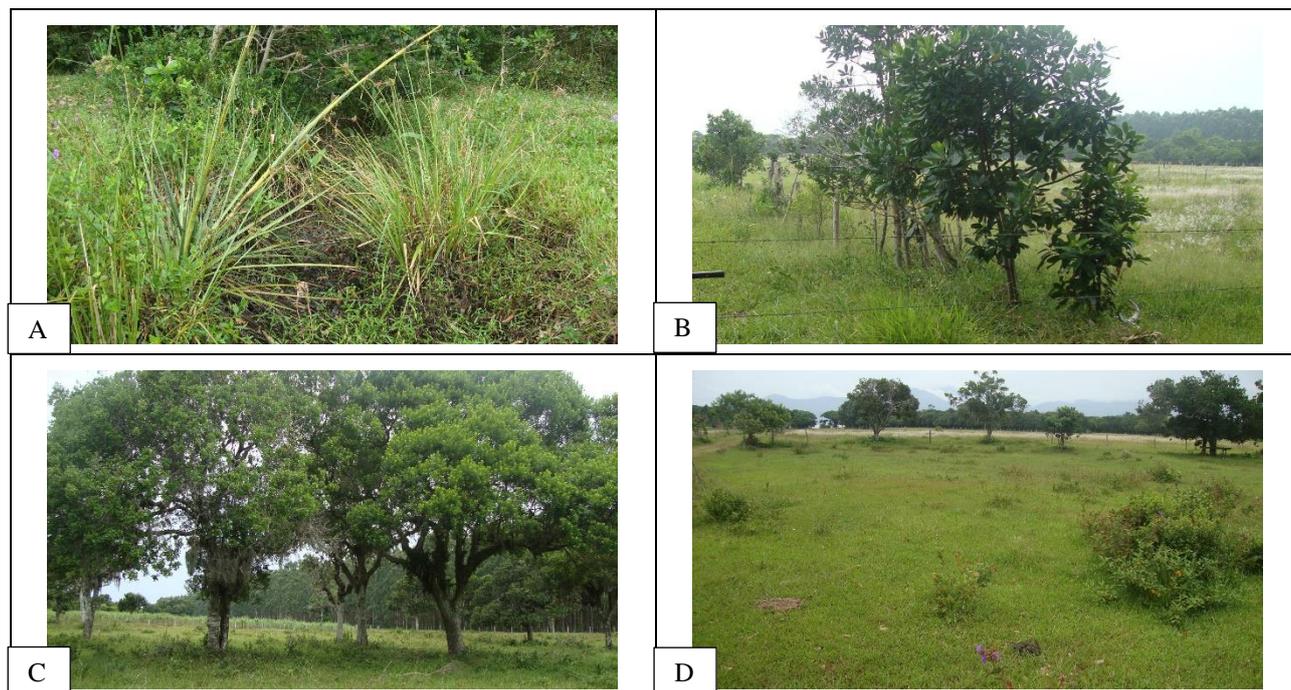


Figura 38: Árvores nativas isoladas, encontradas na área norte. Foto A: exemplar de caraguatá (*Bromelia pinguin*) em dreno artificial, entre gramíneas; Foto B: exemplar de maria mole (*Dendropanax cuneatum*) junto à cerca; Fotos C-D: espécimes nativos diversos.

Fonte: Autor, 2018.

Considerando que a área total avaliada contempla 162.061m², o percentual da área norte coberto por vegetação nativa (4.509 m²) perfaz aproximadamente 2,81 %, classificando-a como de aptidão máxima, segundo este fator (Tabela 21).

Tabela 21: Avaliação do item “Percentual de Cobertura Vegetal Nativa” na área norte.

% de Cobertura Vegetal Nativa	Classificação	Pontuação
61 % - 100 %	Aptidão mínima	
31 % - 60 %	Aptidão média	
0 % – 30 %	Aptidão máxima	3

5) Disponibilidade de Material de Cobertura – Jazidas de Argila

A avaliação deste item contempla pesquisa no endereço eletrônico do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para identificação das jazidas comerciais de argila mais próximas da área norte e que estejam em atividade.

Foi realizado *download* do arquivo *shapefile* georreferenciado com as poligonais das jazidas minerais de todo o Rio Grande do Sul. Após carregamento deste arquivo no programa ArcGIS, foram

selecionadas apenas as áreas que pesquisavam a substância argila, as quais representam um total de 10209 áreas. Após mais uma seleção no banco de dados do arquivo *shapefile* buscando encontrar as jazidas comerciais de argila em fase de operação (concessão de lavra e/ou lavra garimpeira), restaram 159 áreas em todo o estado do RS. Figura 39 mostra as áreas com pesquisa de argila (figura A) em contraponto às jazidas comerciais de argila atualmente existentes (figura B).

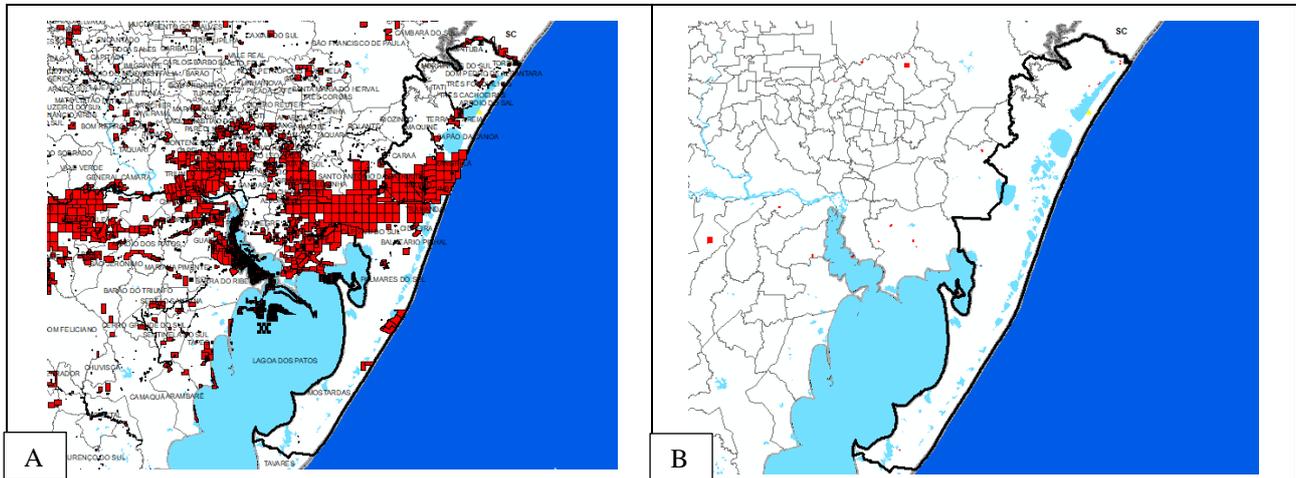


Figura 39: Em vermelho, as áreas com processos minerários de argila. Figura A: processos minerários próximos ao litoral norte, em suas diversas fases; Figura B: Após seleção, jazidas comerciais de argila. A área de estudo encontra-se a leste, enquanto em laranja aparecem as áreas de exclusão.

Fonte: Adaptado de DNPM, 2018.

Ainda assim, ocorre um erro entre as informações mostradas no arquivo *shapefile* de área em relação às informações mostradas no sítio eletrônico do DNPM, quando se pesquisa a referida área segundo o número do processo minerário. No arquivo *shapefile* a substância minerada é argila, mas consultando o endereço eletrônico dos processos minerários e suas fases, geralmente a substância comercializada/licenciada é outra, como saibro, areia, turfa, água mineral, calcário...

Então, passou-se a realizar o processo inverso, pesquisando no sítio do DNPM (Figura 40) os processos minerários, por substância (argilas), por município (desde o mais próximo ao mais distante), e pela fase do processo (buscando entre “Concessão de lavra”; “Lavra garimpeira” e/ou “Licenciamento”, fases que permitem a comercialização do minério).

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/Extra/site/admin/pesquisarProcessos.aspx>. The page is titled "Pesquisar processos" and contains several search filters:

- Data de Protocolização:** Input fields for "até" (until).
- Município:** A dropdown menu set to "RS" and "TRÊS CACHOEIRAS".
- Substâncias:** A table with a search box containing "ARGILA BRANCA" and a list of results: ARGILA, ARGILA COMUM, ARGILA VERMELHA, and ARGILA BRANCA, each with a "Remover" button.
- Unidade Protocolizadora:** A dropdown menu set to "Todos".
- NUP:** An input field.
- Tipo de Uso:** A dropdown menu set to "Selecione" with an "Adicionar" button.
- Tipo de requerimento:** A dropdown menu set to "Todos".
- Fase do processo:** A dropdown menu set to "Licenciamento".
- Nome do titular:** An input field.
- CPF/CNPJ do titular:** An input field.
- Situação:** A dropdown menu set to "Somente Ativos".
- Superintendência:** A dropdown menu set to "Todas".

At the bottom, there is a "Pesquisar" button and a "Limpar" button. A small logo "JKRN" is visible in the bottom left corner of the form area.

Figura 40: Consulta e identificação de jazidas comerciais de argila por município, através do sitio eletrônico do DNPM.

Fonte: <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/Extra/site/admin/pesquisarProcessos.aspx>

Assim, foram identificadas jazidas comerciais de argila nos municípios de Três Forquilhas, Três Cachoeiras e Torres (identificadas por pontos vermelhos na Figura 41).

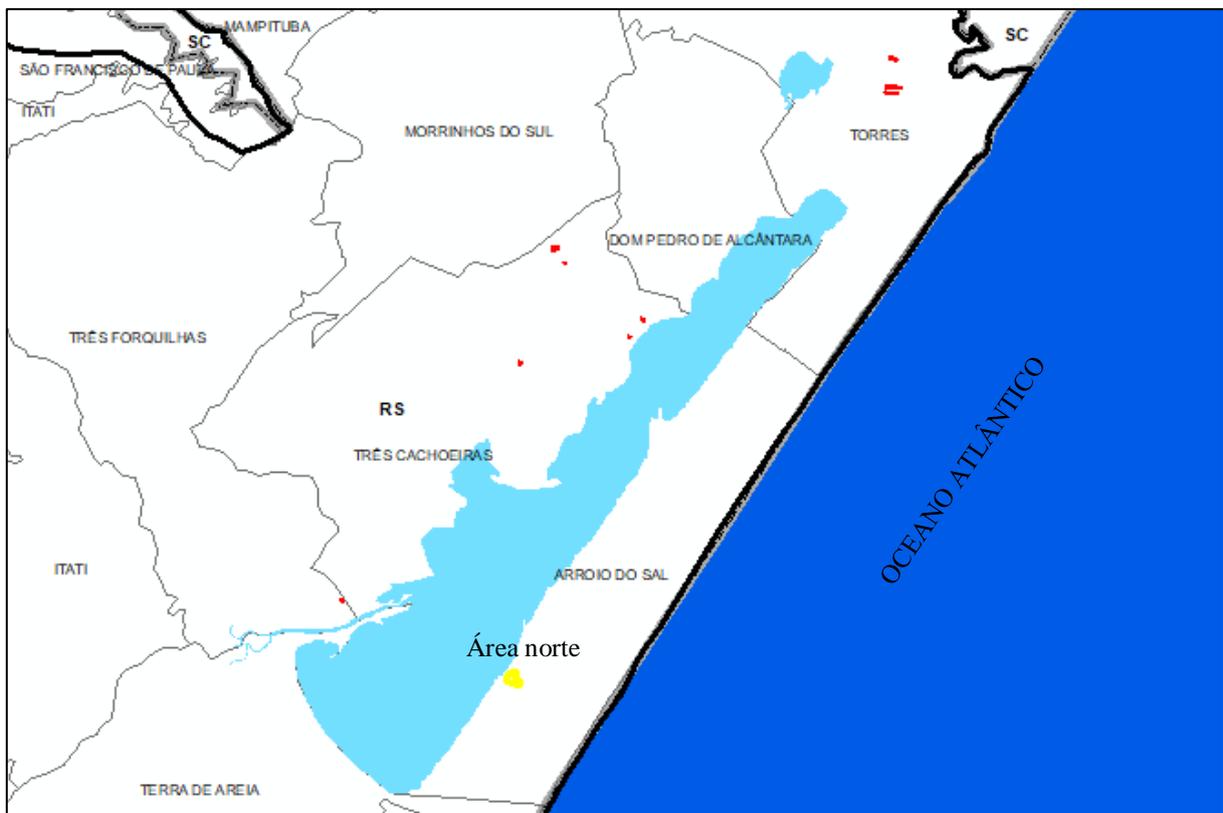


Figura 41: Identificação das jazidas de argila (em vermelho) mais próximas da área norte.

Fonte: jazidas: DNPM, 2018; corpos d'água: CPRM, 2006; Limites Municipais IBGE, 2010.

O cálculo das distâncias entre as jazidas comerciais mais próximas e a área norte foi feito através da ferramenta Google Maps, uma vez que este programa possui ferramenta de traçado de rotas a partir das vias existentes de maneira rápida e de fácil utilização (Figura 42).



Figura 42: Trajetos e distâncias aproximadas entre a área norte e as jazidas de argila mais próximas. Foto A: Jazida no município de Três Forquilhas; Foto B: Jazida no município de Torres.

Fonte: Adaptado de *Google Maps*, 2018.

Os resultados mostraram que existem duas jazidas comerciais de argila a aproximadamente 32 km de distância rodoviária da área norte, situadas uma no município de Torres e a outra no município de Três Forquilhas. Portanto, a área norte se enquadra como de “Aptidão média” segundo o quesito de classificação “Disponibilidade de Material de Cobertura” (Tabela 22).

Tabela 22: Avaliação do item “Disponibilidade de material de cobertura” na área norte.

Distância de Jazidas (Km)	Classificação	Pontuação
> 100 Km	Aptidão Mínima	
> 20 Km < 100	Aptidão Média	2
<20 Km	Aptidão Máxima	

6) Distância dos Centros Geradores de Massa de Resíduos

Para classificar a área norte (e as demais áreas) segundo este parâmetro, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Listagem com os municípios inseridos na área total de estudo;
- Levantamento dos municípios com maior população fixa (estimativa IBGE, 2017);
- Distância Linear entre a área norte e centroides das áreas urbanizadas de cada município;
- Cálculo da distância média entre municípios - áreas avaliadas; e
- Classificação conforme parâmetro selecionado.

Inicialmente, para criar a lista com os municípios foi utilizado o software ArcMAP 10.1 para selecionar os municípios inseridos na área de estudo. Para tal, foi realizada a seleção através da funcionalidade “*select by location*” onde o arquivo a ser selecionado foi o arquivo de limites municipais (IBGE, 2010) e função selecionada foi a “*have their centroid in the source layer feature*”, ou seja, que o seu centro espacial esteja dentro da área de estudo (cruzando com o *shapefile* Área de Estudo) como mostra a Figura 43.

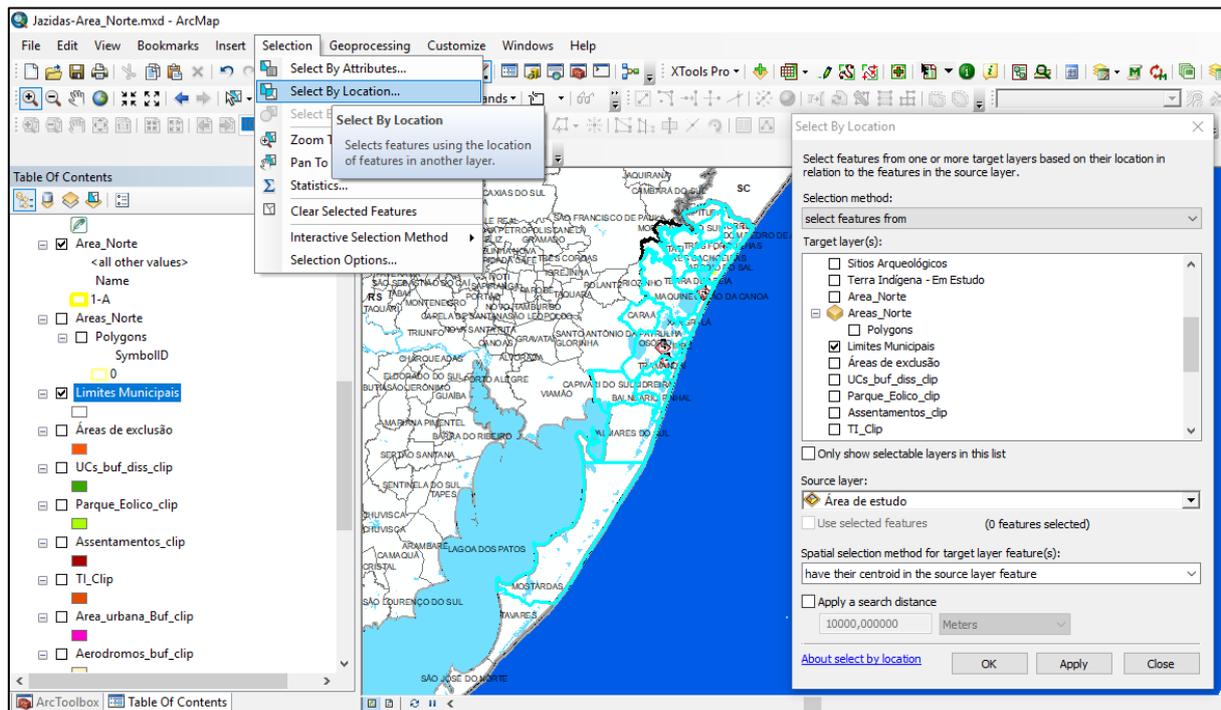


Figura 43: Seleção dos municípios para criação da tabela de informações municipais.

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010.

A seleção resultou em 21 municípios inseridos na área de estudo. Após esta seleção, foram buscados os dados populacionais necessários à classificação do parâmetro avaliado, considerando a produção média diária de lixo por habitante de 1kg/hab/dia (Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – Lixo coletado em Porto Alegre. IBGE, 2000). A Tabela 23 mostra os dados populacionais utilizados para avaliação deste parâmetro.

Tabela 23: Dados populacionais utilizados para avaliação do parâmetro “distância dos centros geradores de massa de resíduos”.

MUNICÍPIO	POP. URBANA	POP. RURAL	POPULAÇÃO TOTAL (censo 2010)	POPULAÇÃO TOTAL (estimada 2017)
ARROIO DO SAL	7509	231	7740	9050
BALNEÁRIO PINHAL	10743	113	10856	12671
CAPÃO DA CANOA	41787	253	42040	48401
CAPIVARI DO SUL	3230	660	3890	4362
CARAÁ	1058	6254	7312	7971
CIDREIRA	12260	408	12668	14710
DOM PEDRO DE ALCÂNTARA	741	1809	2550	2617
IMBÉ	17661	9	17670	20578
ITATI	212	2372	2584	2583
MAMPITUBA	568	2435	3003	3079
MAQUINÉ	2064	4841	6905	7016
MORRINHOS DO SUL	1300	1882	3182	3166
MOSTARDAS	8143	3981	12124	12794
OSÓRIO	37917	2989	40906	44468
PALMARES DO SUL	9803	1166	10969	11449
TERRA DE AREIA	5195	4683	9878	10783
TORRES	33340	1316	34656	37564
TRAMANDAÍ	40577	1008	41585	47521
TRÊS CACHOEIRAS	7501	2716	10217	10904
TRÊS FORQUILHAS	385	2529	2914	2898
XANGRI-LÁ	12379	55	12434	14650

Fonte: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/> e <https://cidades.ibge.gov.br/>

Com base no número total estimado de habitantes de cada município para o ano 2017 (IBGE, 2010) nota-se que quatro deles se destacam em relação aos demais, ao mesmo tempo em que se distribuem pela área de estudo. São eles Capão da Canoa (48.401 hab.), Tramandaí (47.521 hab.), Osório (44.468 hab.) e Torres (37.564 hab.). Oito deles se encontram na faixa entre 10.000 e 20.000 habitantes: Imbé, Cidreira, Xangri-lá, Mostardas, Balneário Pinhal, Palmares do Sul, Três Cachoeiras e Terra de Areia; e os outros nove municípios encontram-se na faixa de população de até 10.000 habitantes (Figura 44).

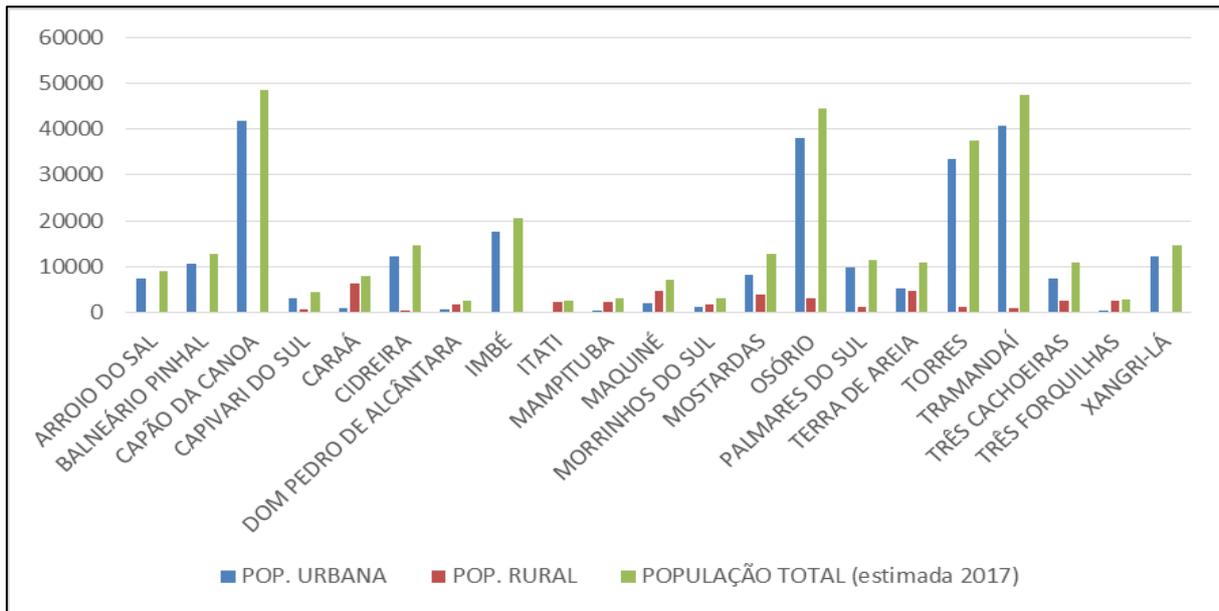


Figura 44: Gráfico dos municípios da área de estudo, por população rural e urbana (2010) e população total (estimada, para o ano de 2017).
 Fonte: IBGE Cidades, 2018.

O cálculo de distância entre os municípios e a área norte foi realizado automaticamente no *software* QuantumGIS através da ferramenta “Matriz de Distância”, a qual calcula a distância média entre diversos pontos e uma base. Inicialmente foi criado um arquivo *shapefile* de centroides a partir dos municípios inseridos na área de estudo. Utilizando o arquivo *shapefile* de áreas urbanas, o arquivo *shapefile* de centroides foi ajustado visualmente, para que o centroide se localizasse sobre o centro da área mais urbanizada de cada município, conseqüentemente a área com maior produção de resíduos destinados a aterros sanitários. Após o ajuste espacial dos centroides, foi aplicado o cálculo das distâncias médias entre cada centro gerador de massa de resíduos e a área norte, bem como foi feito posteriormente para as outras duas áreas (Figura 45).

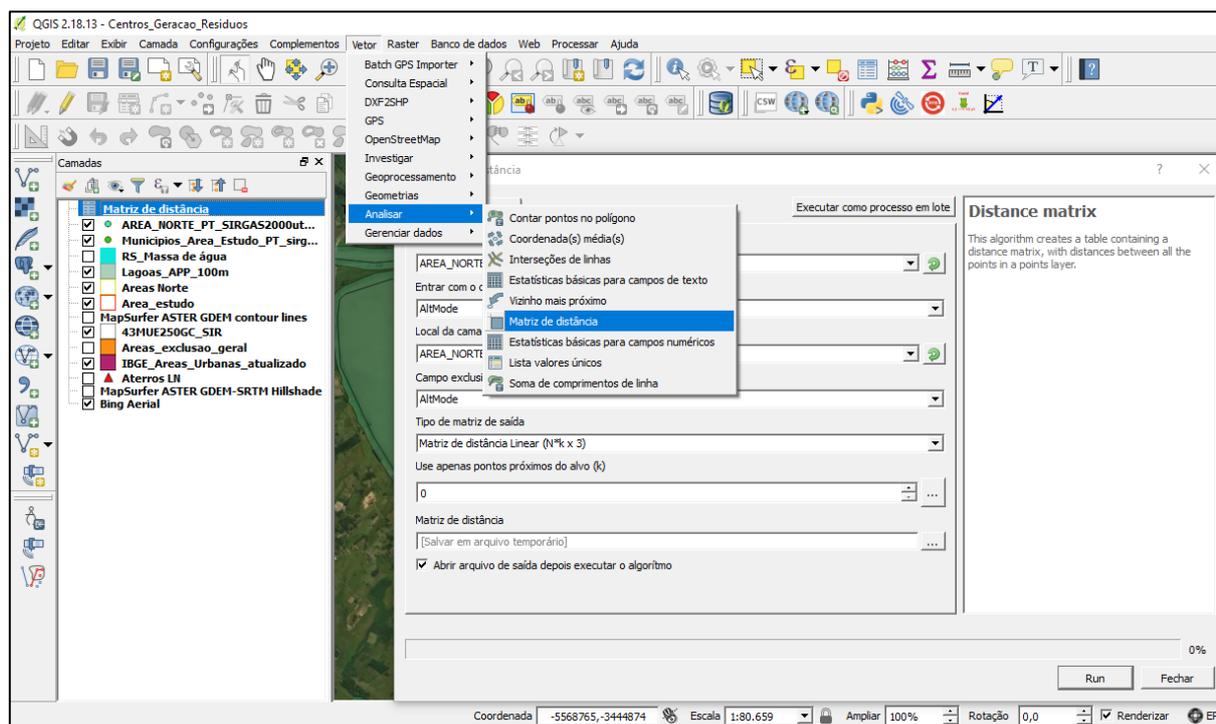


Figura 45: Interface do programa QuantumGIS e a ferramenta “Matriz de distância”.

Fonte: QuantumGIS.

O resultado é uma planilha com o nome dos municípios e as distâncias entre cada centroide e a área norte, os quais foram comparados na Tabela 24.

Tabela 24: Municípios da área de estudo, dados populacionais e distância da área norte.

MUNICÍPIO	POP. URBANA	POP. RURAL	POPULAÇÃO TOTAL (estimada 2017)	Distância Área Norte (Km)
ARROIO DO SAL	7509	231	9050	6,5
BALNEÁRIO PINHAL	10743	113	12671	8,4
CAPÃO DA CANOA	41787	253	48401	23,2
CAPIVARI DO SUL	3230	660	4362	85,2
CARAÁ	1058	6254	7971	49,4
CIDREIRA	12260	408	14710	73,4
DOM PEDRO DE ALCÂNTARA	741	1809	2617	22,6
IMBÉ	17661	9	20578	44,9
ITATI	212	2372	2583	18
MAMPITUBA	568	2435	3079	38,4
MAQUINÉ	2064	4841	7016	29
MORRINHOS DO SUL	1300	1882	3166	21,5
MOSTARDAS	8143	3981	12794	195,5
OSÓRIO	37917	2989	44468	48,5
PALMARES DO SUL	9803	1166	11449	95,5
TERRA DE AREIA	5195	4683	10783	12,6

MUNICÍPIO	POP. URBANA	POP. RURAL	POPULAÇÃO TOTAL (estimada 2017)	Distância Área Norte (Km)
TORRES	33340	1316	37564	31,1
TRAMANDAÍ	40577	1008	47521	55
TRÊS CACHOEIRAS	7501	2716	10904	11,6
TRÊS FORQUILHAS	385	2529	2898	12,6
XANGRI-LÁ	12379	55	14650	25,8

O cálculo da distância média entre as áreas foi feito com base na média simples entre as distâncias dos cinco municípios mais populosos e a área norte (destacados na Tabela 24) e apresentados na Figura 46.

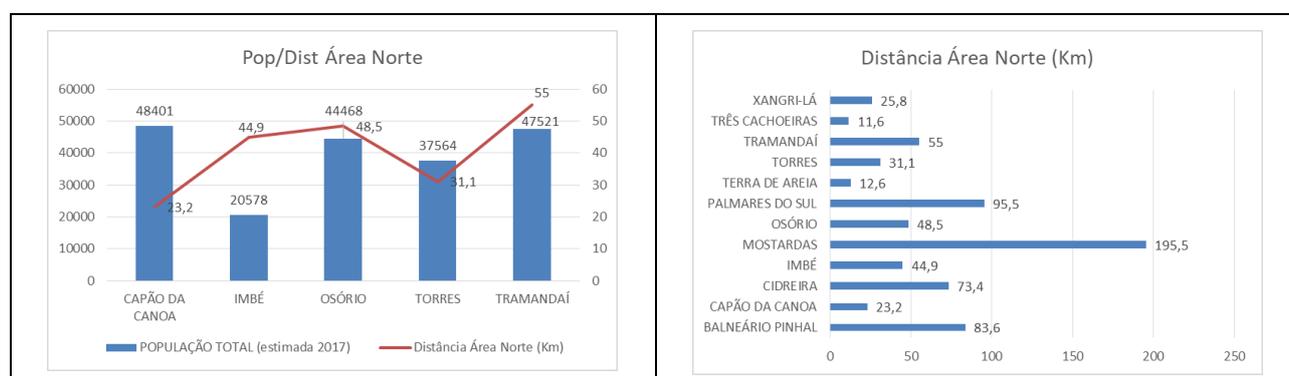


Figura 46: A: População e distâncias médias entre a área norte e os cinco municípios mais populosos da área de estudo.

Fonte: Dados populacionais (IBGE, 2010) e adaptação do autor, 2018.

A distância média entre a área norte e os cinco municípios constantes na Figura 46 é de 40,54 km. Inserindo neste cálculo as distâncias dos municípios com mais de 10.000 habitantes, são considerados 12 municípios de um total de 21, e a média passa para 119,66km, muito em razão da distância ao município de Mostardas (195,5 km). Desconsiderando este município, a distância média entre a área norte e os onze municípios restantes é de 45,9 km. Caso sejam considerados todos os municípios a distância média geral cai para 39,4 km. Portanto a área norte pode ser considerada de aptidão máxima segundo este parâmetro, considerando que apresenta uma distância média de 46 km (Tabela 25).

Tabela 25: Classificação da área norte segundo o item “Distância dos centros geradores de massa de resíduos”.

<i>Dist. Média do Centro de Geração de Massa</i>	Classificação	Pontuação
Área com Distância > 160 km	Aptidão Mínima	
Área com Distância > 80 km e < 160 km	Aptidão Média	
Área com Distância > 0 km e < 80 km	Aptidão Máxima	3

7) Uso do Solo – Impedimentos Legais

A Classificação segundo este item está diretamente relacionada ao planejamento municipal para uso e ocupação do solo. Assim, buscaram-se os planos diretores de desenvolvimento urbano e territorial (PDDUT) de cada município, onde se encontram as áreas avaliadas, sendo que a aptidão foi considerada máxima, caso a área esteja em local planejado para zona industrial, de aptidão média para zona rural e de aptidão mínima, caso seja destinada para a expansão urbana.

O PDDUT do município de Arroio do Sal é regido pela lei municipal 2037/2011, alterada pela lei municipal 2169/2013, a qual altera o artigo 17 e os anexos 02 (zoneamento municipal), 04 e 05. Conforme mostra o mapa de zoneamento de Arroio do Sal (Figura 47) contido no anexo 02 da lei 2169/2013, a área norte encontra-se na zona rural do município, na qual são admitidos os seguintes usos:

“...usos científicos, habitacionais isolados, turísticos, de lazer e atividades compatíveis com o desenvolvimento da produção primária, como a localização de pequenas indústrias vinculadas à produção por propriedade rural...”. (Inciso VI da Lei Municipal 2169/2013).

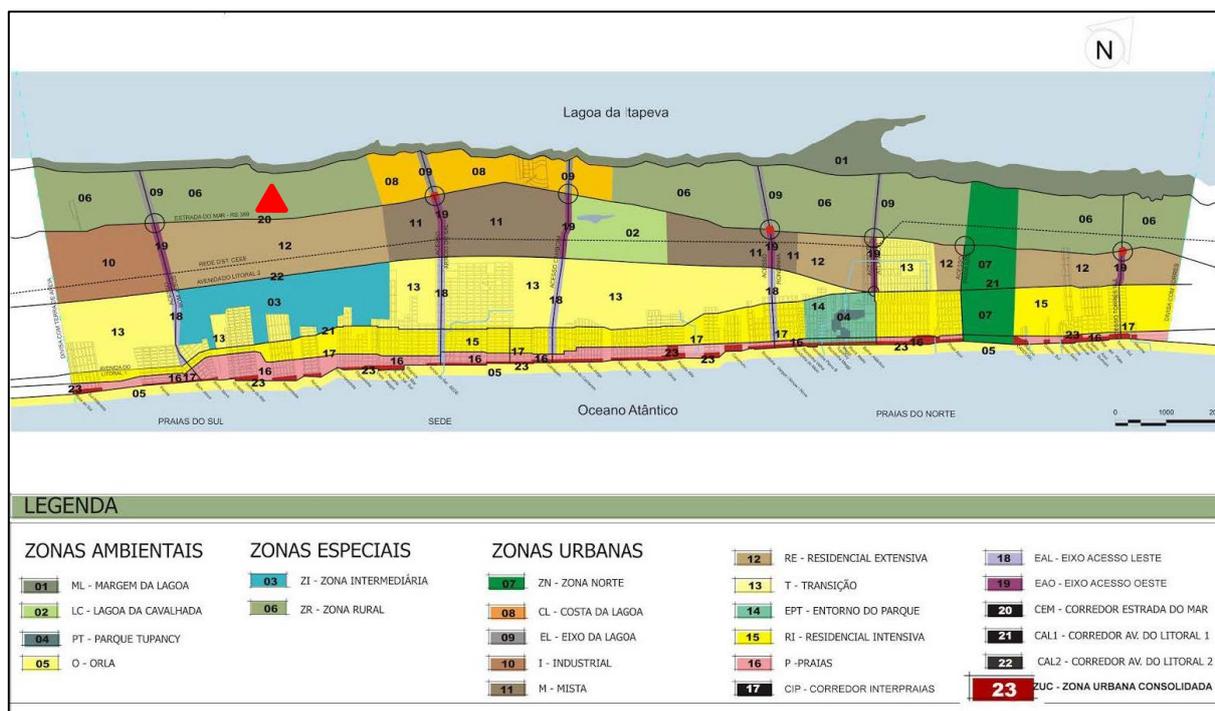


Figura 47: Zoneamento do município de Arroio do Sal e localização da área norte (▲).

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Arroio do Sal, 2018.

Consultando as diretrizes ambientais para os municípios do litoral norte constantes no Zoneamento Ecológico Econômico (Rio Grande do Sul, 2000), a área norte também se enquadra como uma zona de campo (ou rural), porém, sem restrições explícitas às atividades de disposição de resíduos sólidos.

Neste sentido, ainda que o zoneamento municipal indique que a atividade não é favorável para a área norte devido ao seu enquadramento (segundo orientação que avalia a área em um contexto mais amplo, com características ambientais importantes para a preservação), a sua avaliação particular em um contexto ambiental mostra que esta já se encontra amplamente alterada e impactada por atividades como a silvicultura, agricultura e pecuária, portanto, mantendo a sua classificação como de aptidão média (Tabela 26).

Tabela 26: Classificação da área norte segundo o parâmetro “Impedimentos Legais do Uso do Solo”.

Impedimentos / Uso do Solo	Classificação	Pontuação
Área em Zona de Expansão Urbana	Aptidão Mínima	
Área em Zona Rural	Aptidão Média	2
Área em Zona Industrial	Aptidão Máxima	

8) Direção Preferencial dos Ventos

A direção preferencial dos ventos tem relação direta com a dispersão de poluentes e o potencial de impacto de odores em comunidades próximas. Assim, a avaliação deste fator contempla uma avaliação da direção preferencial dos ventos e sua relação de proximidade com núcleos habitacionais.

A direção preferencial e velocidade média dos ventos para a área de estudo foi tomada a partir dos dados da série histórica das normais climatológicas 1960-1990 do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, a partir da estação mais próxima da área de estudo, nesse caso, a estação meteorológica automática do município de Torres, distante aproximadamente 30 km da área norte, e que são exibidos na Figura 48.

Os dados da estação meteorológica de Torres mostram que o vento é predominante da direção nordeste, principalmente de setembro a fevereiro, e sem direção predominante de março a agosto. A velocidade média anual fica em torno de 13,7 km/h, com ventos que variaram de 10,9 km/h (maio) a 16,5 km/h (novembro).

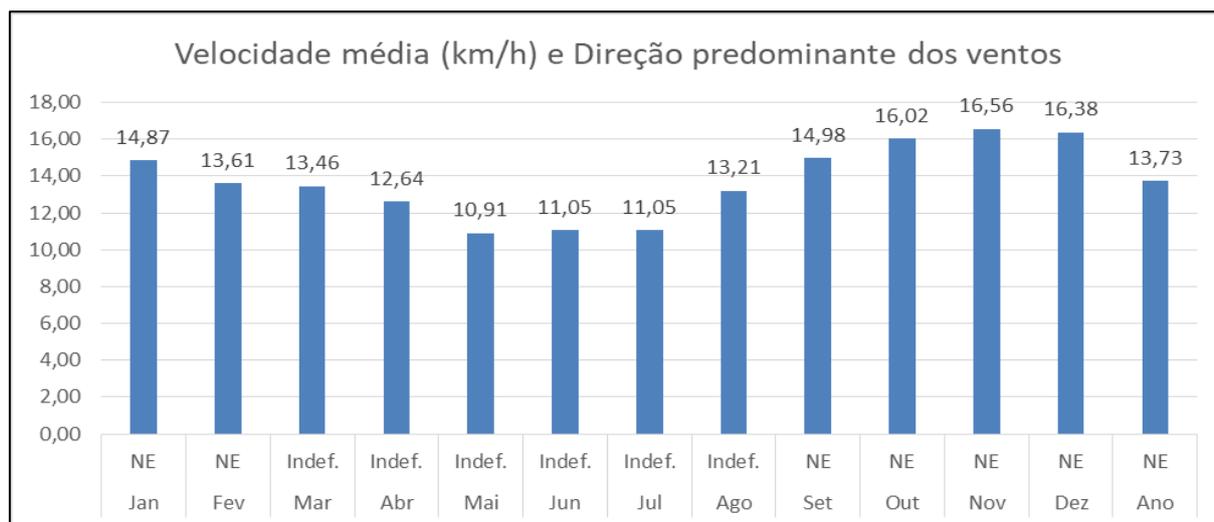


Figura 48: Gráfico da velocidade média e direção predominante dos ventos da estação meteorológica Torres.
 Fonte: Série Histórica 1960-1990, INMET.

Considerando a localização geográfica da área norte em relação aos ventos predominantes e a ocupação no entorno, a classificação segundo este parâmetro a qualifica como de aptidão mínima, embora exista um número reduzido de residências (sete residências), Figura 49 e Tabela 27.



Figura 49: As setas indicam a direção predominante dos ventos na área norte e os círculos em vermelho marcam as residências existentes próximas da área.

Fonte: Adaptado de Google Earth e INMET.

Tabela 27: Classificação da área norte segundo o item “Direção dos ventos e núcleos habitacionais”.

<i>Direção dos Ventos e Núcleos Habitacionais</i>	Classificação	Pontuação
Núcleos Habitacionais entre 500 e 1000 metros	Aptidão Mínima	1
Núcleos Habitacionais entre 1000 e 2000 metros	Aptidão Média	
Núcleos Habitacionais após 2000 metros	Aptidão Máxima	

9) Pontos de Captação de Água para Abastecimento Humano

Este parâmetro foi avaliado através de pesquisa no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, disponível no sítio eletrônico do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, com base de dados atualizada em 08/02/2018. Também foi realizada pesquisa de campo, com questionamento direto ao proprietário da área norte, o qual se encontrava no local durante os levantamentos de campo.

A pesquisa de informações de poços no sistema SIAGAS WEB não detectou nenhum poço próximo à área norte, porém, consultando o morador “Chiquinho”, durante os levantamentos de campo, fomos informados que todas as sete residências do entorno da área norte possuem abastecimento de água por poço artesiano, com profundidade a partir de 4 metros.

Considerando que a área norte é cercada por sete residências, as quais se encontram em distâncias a partir de 60 metros, ela é considerada como de aptidão mínima segundo este parâmetro (Tabela 28).

Tabela 28: Classificação a área norte segundo o parâmetro “Distância de pontos de captação de água para abastecimento humano”.

Distância de Pontos de Captação de Água para Abastecimento (m)	Classificação	Pontuação
Até 200 m	Aptidão Mínima	1
Entre 200 e 500 m	Aptidão Média	
Acima de 500 m	Aptidão Máxima	

10) Impactos na Paisagem

A avaliação dos impactos na paisagem das áreas selecionadas (aqui particularmente da área norte) consistirá em analisar sua topografia (forma) e os usos (função) atuais em relação às alterações que se propõe, e o tipo de exposição a que o empreendimento estará sujeito: exposição esporádica, exposição continuada. A presença ou ausência de barreiras físicas naturais (como dunas, vegetação e/ou acidentes do relevo), o isolamento populacional no entorno e a distância de vias de grande fluxo de veículos permitiram inferir o grau de isolamento visual (e conseqüentemente a percepção de impactos na paisagem) que cada área estará sujeita.

A área norte consiste em terreno plano de aproximadamente 16 hectares, localizado entre a porção leste da Lagoa Itapeva e a rodovia estadual ERS-389. É ocupada atualmente por atividades agropecuárias (criação de gado (7,58 ha), silvicultura (7,76 ha) e lavoura (0,28 ha)) com alguns capões de vegetação nativa isolados (0,16 ha).

A ocupação humana próxima à área se resume a sete propriedades existentes no seu entorno, sendo que ao menos três delas são proprietárias de partes da área norte. Suas atividades se restringem a silvicultura e pecuária.

O isolamento visual da área é razoavelmente bom, apesar de o relevo não apresentar grandes alterações morfométricas, uma vez que se encontra distante de vias de acesso de grande movimentação e também de aglomerações humanas, e ainda conta com o isolamento visual proporcionado por cortinamento vegetal exótico (em relação à ERS-389, distante aproximadamente 350 m da área) e nativo (em relação à vista a partir da Lagoa Itapeva).

A instalação e operação do aterro sanitário nesta área alteraria pontualmente a paisagem na região, porém, com impactos na paisagem sensorial, uma vez que os odores nas proximidades poderiam alterar a impressão e percepção dos moradores das comunidades próximas em relação à

paisagem local, principalmente em períodos de ventos do quadrante oeste. Desta forma, a área pode ser considerada como de aptidão média em relação ao item “impactos na paisagem” (Tabela 29).

Tabela 29: Classificação da área norte segundo o item “Impacto na paisagem”.

Impacto na Paisagem	Classificação	Pontuação
Baixo Isolamento Visual	Aptidão Mínima	
Médio Isolamento Visual	Aptidão Média	2
Alto Isolamento Visual	Aptidão Máxima	

11) Tipo de Solo e Profundidade do Lençol Freático (N. A.)

Para avaliação deste item na área norte foram realizados três (03) furos de sondagem com trado manual de 1,20m. Por conta da limitação de perfuração do aparelho, foram selecionados como locais de perfuração os pontos onde se encontraram as maiores depressões de cada área, a fim de determinar a profundidade média do Nível d'Água (NA). Dessa forma, locais como fundo de canais de drenagens (muito comuns nos terrenos pesquisados) e depressões naturais ou escavadas foram selecionadas para perfuração e sondagem. Os locais onde foram realizados os três furos de sondagem são mostrados na Figura 50.



Figura 50: Locais de perfuração e sondagem na área norte.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2018.

Furo de Sondagem S01

Percorrendo a área norte em levantamento de campo, logo se notou uma depressão proveniente de escavação no solo, com aproximadamente 9 m² e profundidade aproximada em relação ao nível natural do terreno em torno de 1,5 metro. Encontrava-se relativamente seca e coberta por serapilheira, por estar no centro de área utilizada para silvicultura com plantio de eucalipto. As fotos da Figura 51 mostram com mais detalhes a sondagem S01, o perfil do solo e a identificação no N A no local.

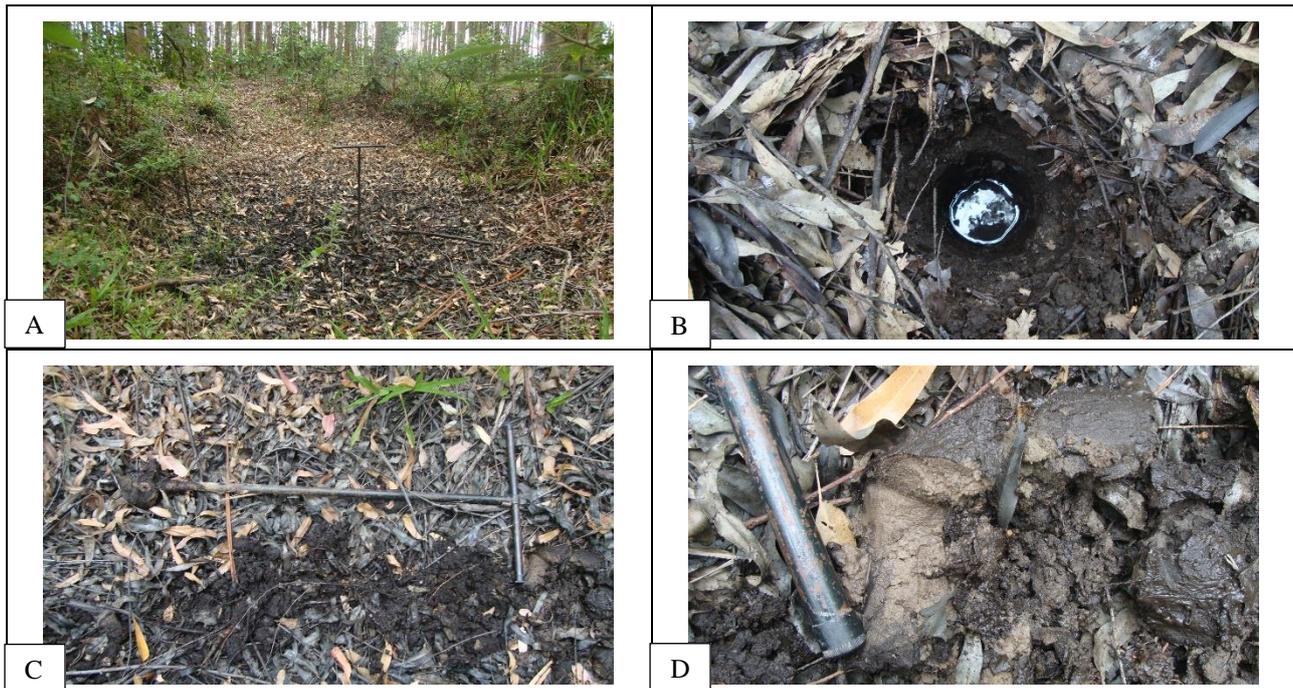


Figura 51: **Foto A:** Local da sondagem S01; **foto B:** identificação do N.A.; **foto C:** perfil do Solo até o NA; **foto D:** Detalhe do solo próximo ao N.A.

Fonte: Levantamento de Campo, 2018.

Nesta sondagem o NA foi detectado a aproximadamente 0,5 (meio metro) abaixo do nível da depressão.

Furo de Sondagem S02

O furo de sondagem S02 foi realizado também em meio a área de silvicultura, mais para a região centro-oeste da área norte, ao nível natural do solo (Figura 52).

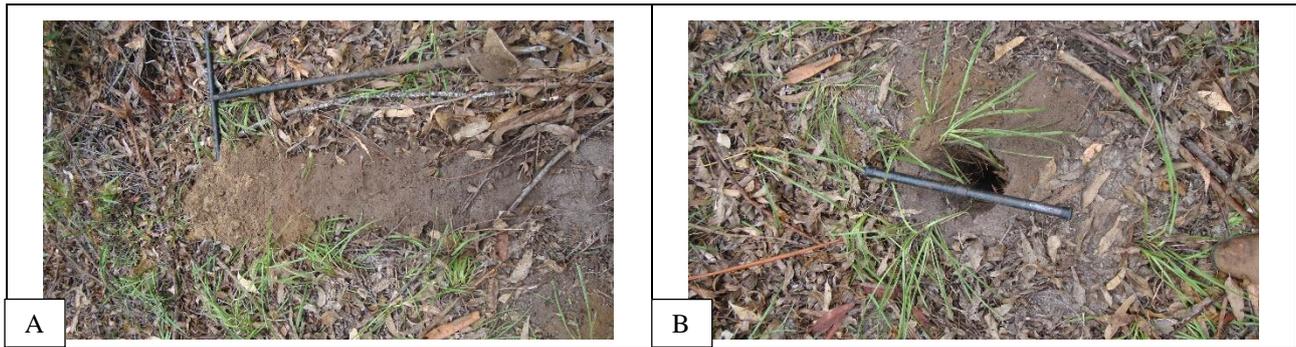


Figura 52: **Foto A:** amostras do perfil de solo no furo S02; **foto B:** detalhe da sondagem.

Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Neste caso, após perfuração completa com o trado manual helicoidal até a profundidade de 1,20 m (um metro e vinte centímetros) o NA não foi detectado.

Furo de Sondagem S03

A sondagem 03 foi realizada na parte norte da área (Figura 53), em meio ao campo usado para pecuária, ocupado por gramíneas da espécie Tifton *Cynodon spp.*, com declividade entre 0 e 3% (relevo plano), ao nível do solo.

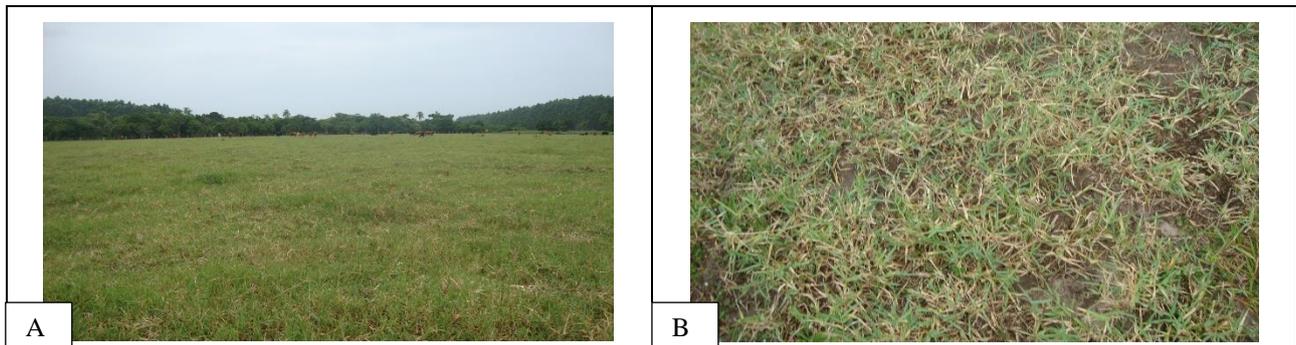


Figura 53: **Foto A:** local da sondagem S03 – campo ocupado com pecuária; **foto B:** destaque para gramíneas da espécie *Cynodon spp.*

Fonte: Levantamento de Campo, 2018.

A sondagem S03 foi realizada até a profundidade de 1,20 m e novamente o NA não foi detectado. Os dados referentes aos locais, tipos de solo e profundidades do NA nos Furos S01, S02 e S03 encontram-se na Tabela 30.

Tabela 30: Dados das sondagens realizadas na área norte.

Nome	Coordenadas (UTM SIRGAS 2000)		Solo predominante	Profundidade NA (m)	Altitude (m)
	X	Y			
Furo S01	603165	6729442	Solo orgânico (0-0,2m); solo arenoso, granulometria areia fina, escura, carregada de matéria orgânica (0,2-0,3 cm)	0,50 m	17
Furo S02	602864	6729564	Solo arenoso, granulometria média a fina, cor escura (0-0,8m); solo arenoso, amarelo, granulometria média a fina (0,80 a 1,20 m)	NE*	19
Furo S03	602984	6729791	Areia cinza escura, média a fina (0-0,8m); solo variegado, amarela e cinza, granulometria média a fina (0,8 a 1,20m)	NE	15

* NE: Não Encontrado (o nível d'água - NA). Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Como mostram os resultados das sondagens na área norte, o solo varia de granulometria areia média a fina, geralmente com coloração escura (associada à presença de matéria orgânica) e com detecção do NA apenas na sondagem S01, a qual foi realizada em depressão a aproximadamente 1 m de profundidade do nível normal do terreno. Apesar da existência de canais de drenagem artificiais no entorno da área (criados para escoamento das águas pluviais e drenagem do terreno), mesmo estes locais não apresentavam acúmulo de lâmina d'água, a exceção de um único ponto. Os resultados das sondagens mostraram que até a profundidade de 1,5 m o lençol freático não é aflorante.

Segundo o senhor Francisco, morador local e proprietário de parte da área norte, embora haja variação do lençol conforme o regime de chuvas, dificilmente não se encontra água quando se escava entre 1,5 m e 2,0 m de profundidade na área norte.

Confrontando as informações de coeficiente de permeabilidade para solos arenosos com areias de granulometria média a fina (10^{-2} a 10^{-3}), tipo de solo predominante na área norte, em um pacote sedimentar de pelo menos 1,5 m de profundidade, classifica-se esta área, segundo este fator, como de aptidão média (Tabela 31).

Tabela 31: Classificação da área norte segundo o parâmetro “Tipo de Solo e Profundidade do N A”.

<i>Profundidade do N. A.</i>	Classificação	Pontuação
Profundidade < 1,5 m	Aptidão Mínima	
Profundidade > 1,5 m ≤ 3,0 m	Aptidão Média	2
Profundidade > 3,0 m	Aptidão Máxima	

7.2 Área Central

O levantamento de campo para avaliação da área central contemplou uma ida a campo no dia 20/02/2018 para contato e autorização dos proprietários para ingresso nas áreas. Chegando na estrada de acesso às áreas pré-selecionadas fomos surpreendidos por tratar-se de área destinada à silvicultura para extração de resina, de propriedade da empresa Irani Celulose (Figura 54).



Figura 54: Entrada de acesso às áreas pré-selecionadas para classificação na área central.

Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Através de um funcionário da empresa, que passava pelo local no momento da captura da Figura 54, fomos orientados a solicitar autorização na sede da empresa, no município de Balneário Pinhal, que posteriormente se mostrou infrutífera. Então, solicitamos acesso à área 3-A, que pertence à empresa Flosul e se encontra a aproximadamente 20 km para sul das áreas centrais (Figura 55), para a qual obtivemos a permissão para ingresso e realização da pesquisa.

Dessa forma, o impasse gerado pela proibição de acesso às áreas pré-selecionadas para avaliação na região central fez com que se decidisse por considerar as duas últimas áreas (até então chamadas de área 3-A e área 3-B, como sendo a área central e área sul, respectivamente, a fim de

manter o número de áreas a serem classificadas, como proposto inicialmente. Assim, a área 3-A que foi classificada, passa a ser a área central, sobre a qual se expõe brevemente a seguir.



Figura 55: Localização e distância entre as áreas centrais e a área sul.

Fonte: adaptado de Google Earth, 2018.

A área central encontra-se no município de Palmares do Sul, com acesso pela rodovia municipal de acesso ao Complexo Eólico Atlântica, a aproximadamente 08 km (oito quilômetros) de seu entroncamento com a rodovia estadual ERS-040. Situa-se às margens da rodovia municipal, a leste, tendo como limites sul e oeste campos ocupados com pecuária bovina e, ao norte, a área limdeira é ocupada com silvicultura (eucaliptos). De propriedade da empresa Flosul, possui aproximadamente 16,8 hectares, totalmente cobertos por floresta de eucalipto, sendo utilizada para silvicultura. A Figura 56 mostra a área avaliada, os pontos coletados em campo e o trajeto (em azul) do levantamento realizado. A altitude média da área fica em torno de 13 metros, com relevo plano (declividade média entre 0,9% e 0,6%) e mergulho em sentido nordeste.

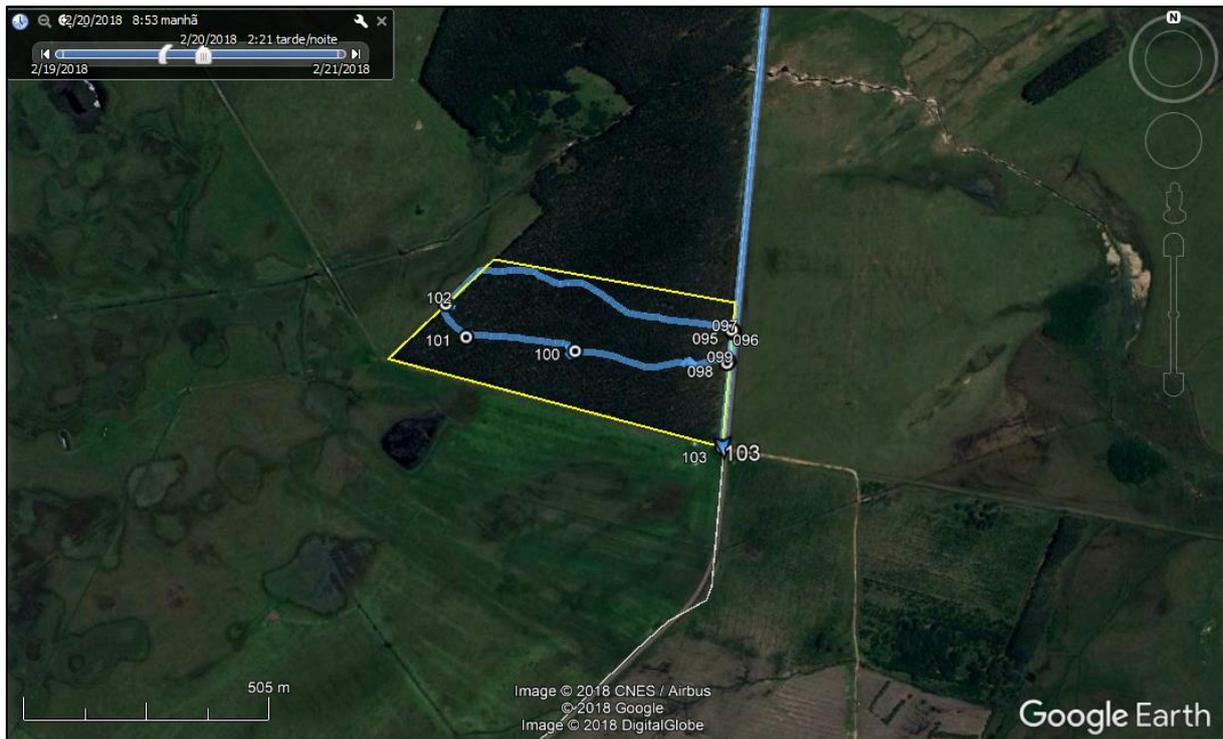


Figura 56: Área 3-A (área central), com pontos coletados e trajeto percorrido.

Fonte: Imagem Astrium (2018) e levantamento de campo, 2018.

O levantamento de campo na área central foi realizado no dia 20 de fevereiro de 2018, com tempo parcialmente encoberto com períodos de sol e pancadas de chuva. Com base nesse levantamento foram avaliados os 11 itens a seguir, que resultarão na classificação desta área para receber o empreendimento aqui proposto.

1) Distanciamento de núcleos habitacionais

Os núcleos habitacionais relevantes mais próximos da área central são as aglomerações urbanas do balneário de Magistério, distante aproximadamente 6 km para leste; a sede de uma fazenda lindeira a aproximadamente 1,8 km para nordeste e a sede do Complexo Eólico Atlântica, a 1,45 km para sudoeste (Figura 57).

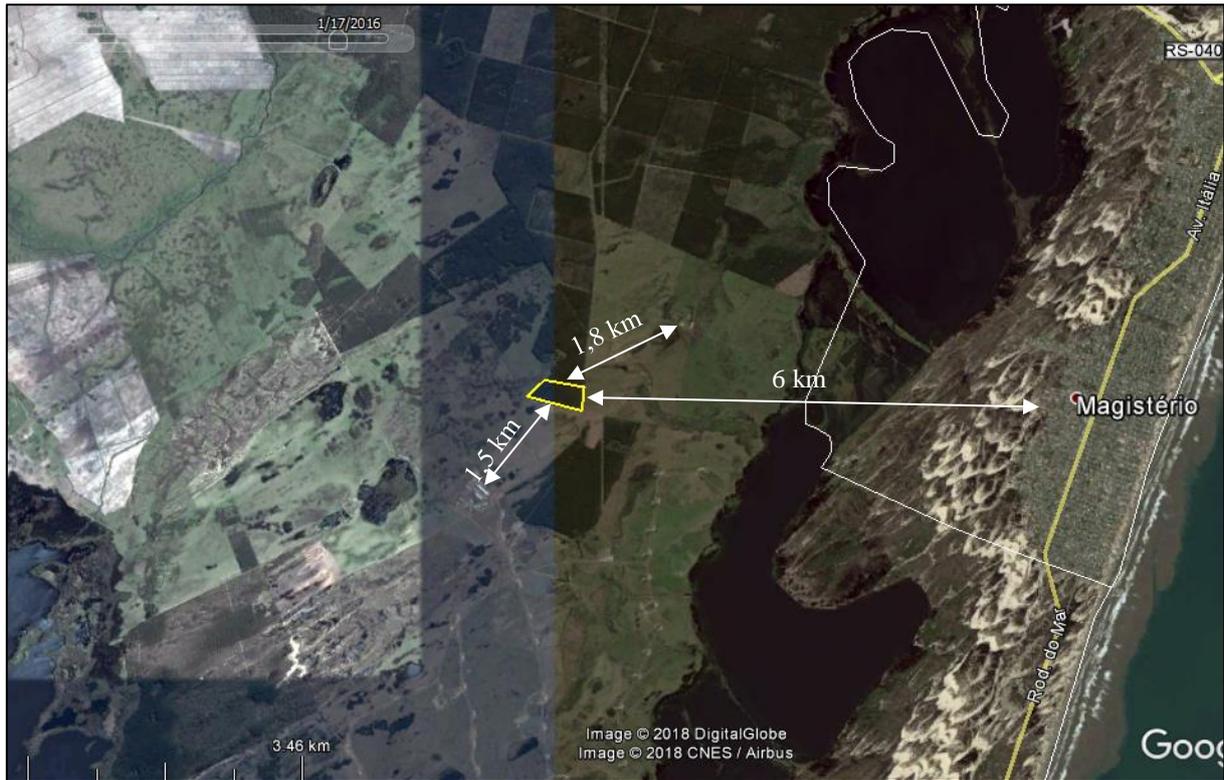


Figura 57: Distâncias entre a área central e núcleos habitacionais próximos.
 Fonte: Imagens Digital Globe/Astrium (2018); levantamento de campo, 2018.

Portanto, como os núcleos habitacionais mais relevantes encontram-se a pelo menos 6 km de distância da área central, esta foi classificada como de aptidão máxima, segundo este requisito (Tabela 32).

Tabela 32: Avaliação do item “Distância de núcleos habitacionais” na área central.

Distância de Núcleos Habitacionais (m)	Classificação	Pontuação
Distâncias entre 0 e 500 m	Aptidão Mínima	
Distâncias > 500 m <1500 m	Aptidão Média	
Distâncias > 1500 m	Aptidão Máxima	3

2) Acesso Rodoviário

Como se vê nas imagens da Figura 58, a área norte se encontra a aproximadamente 8,4 km da rodovia pavimentada ERS-040, estando lindeira a via municipal precariamente pavimentada, que dá acesso ao Complexo Eólico Atlântica e a algumas fazendas da região.



Figura 58: Estrada municipal que dá Acesso à área central a partir da rodovia ERS-040, distante 8,4 km.

Fonte: Imagem adaptada de Google Maps; e levantamento de campo, 2018.

Como mostra a foto da Figura 58, apesar de precária, existe algum tipo de pavimentação na rodovia municipal lindeira à área central (saibro e cascalhos, com drenagem para escoamento pluvial nas margens). Então, devido às características de acesso facilitado da área, ela é classificada como de aptidão máxima, segundo o fator “Acesso Rodoviário” (Tabela 33).

Tabela 33: Avaliação do item “Acesso Rodoviário” na área central.

Distância de vias pavimentadas (m)	Classificação	Pontuação
Distâncias > 1000 m	Aptidão Mínima	
Distâncias > 200 m < 1000 m	Aptidão Média	
Distâncias > 50 m < 200 m	Aptidão Máxima	3

3) Áreas de Preservação Permanente – APP’s

O levantamento de campo para identificação de APP’s na área central envolveu o caminhamento e observação da área, a fim de identificar ambientes legalmente protegidos, como cursos hídricos naturais, áreas úmidas, banhados, etc. O caminhamento realizado na área não mostrou nenhum ambiente legalmente protegido em todo o perímetro. Inclusive, o fato de a área ser explorada para silvicultura, estar ambientalmente licenciada, pressupõe a pré-condição de ausência de APP’s em seu interior, fato este confirmado através do levantamento de campo. As APP’s identificadas no entorno da área central podem ser vistas na Figura 59.

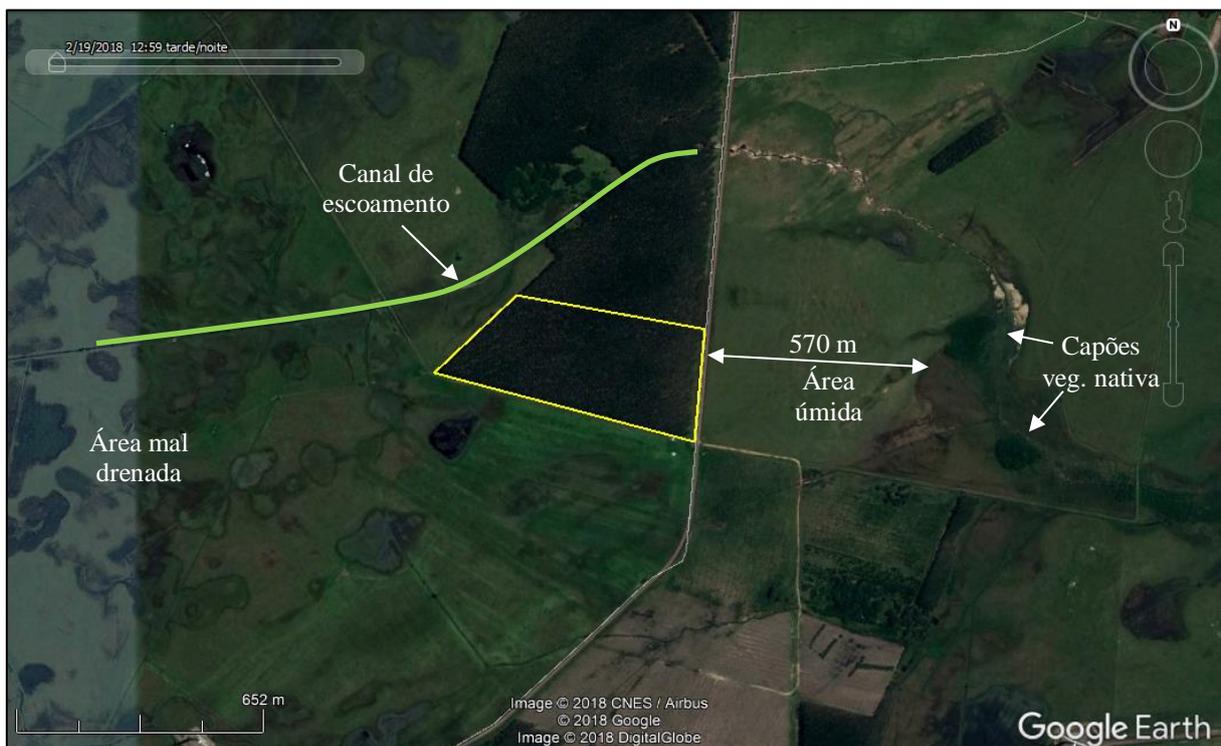


Figura 59: Identificação de APP’s na área central.

Fonte: Imagem Astrium e Levantamento de Campo, 2018.

As fotos a seguir mostram as áreas protegidas identificadas durante a avaliação da área central (Figura 60 e Figura 61).

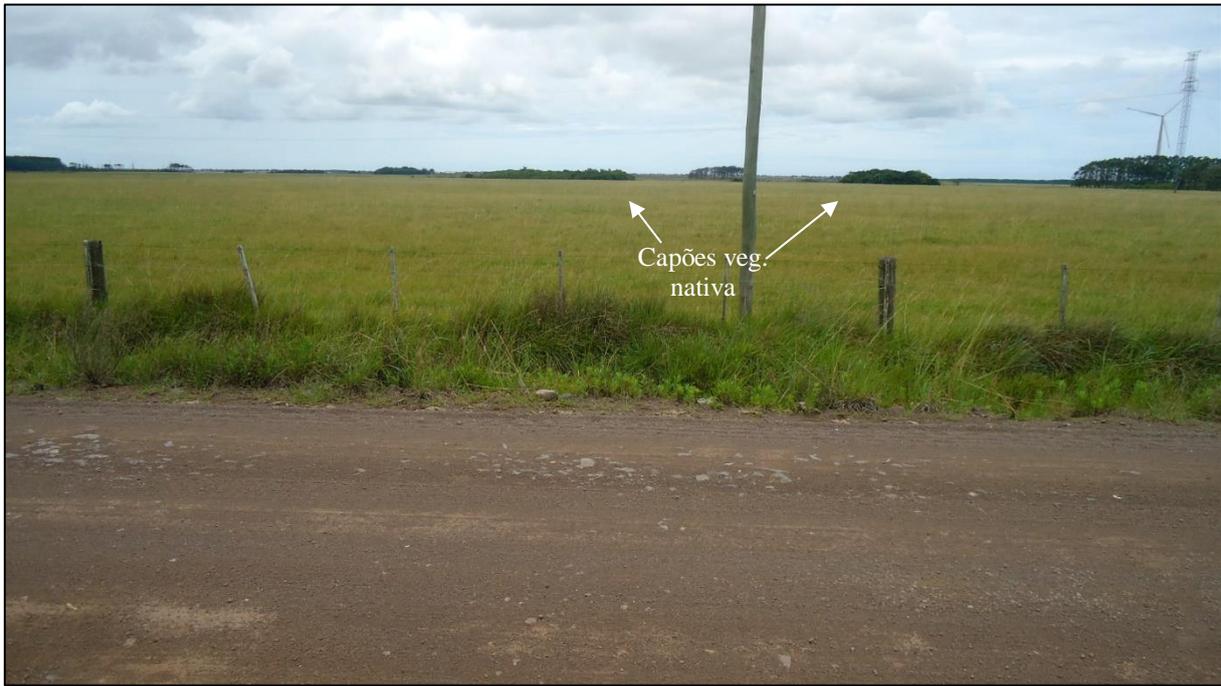


Figura 60: Vista dos capões de vegetação nativa próximos à área úmida identificada a leste da área central.
Fonte: Levantamento de campo, 2018.



Figura 61: Vista das áreas mal drenadas existentes à oeste da área central.
Fonte: Levantamento de campo, 2018.

As áreas mal drenadas existentes a oeste da área central (Figura 61) não puderam ser consideradas como áreas úmidas legalmente protegidas, uma vez que não foram identificados ambientes não manejados ou vegetação que as configurasse como tal. A ocupação por gramíneas e

herbáceas para alimentação do gado mantém a área com a classificação de um ambiente mal drenado, ainda que durante o levantamento de campo estivesse aparentemente seco. Portanto, conforme os parâmetros de avaliação estabelecidos para o item “distância de APP’s” a área central é classificada como de aptidão máxima para este parâmetro (Tabela 34).

Tabela 34: Avaliação do item “Distância de APP’s” na área central.

Distância de APP's (m)	Classificação	Pontuação
Entre 0 e 200 m	Aptidão Mínima	
> 200 m < 500 m	Aptidão Média	
> 500 m	Aptidão Máxima	3

4) Percentual de Cobertura Vegetal Nativa

Considerando o fato de que a vegetação nativa aqui buscada é essencialmente de vegetação arbórea, e que a área central está basicamente ocupada por eucaliptos (Figura 62), vegetação exótica usada para fins comerciais, com espécies herbáceas em suas extremidades, a classificação da área segundo este parâmetro é de aptidão máxima (Tabela 35).



Figura 62: Fotos da cobertura vegetal da área central: gramíneas nas extremidades e eucalipto ao centro.

Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Tabela 35: Avaliação do item “Percentual de Cobertura Vegetal Nativa” na área norte.

% de Cobertura Vegetal Nativa	Classificação	Pontuação
61 % - 100 %	Aptidão mínima	
31 % - 60 %	Aptidão média	
0 % – 30 %	Aptidão máxima	3

5) Disponibilidade de Material de Cobertura – Jazidas Argila

Foram identificadas três jazidas comerciais de argila no município de Viamão (identificadas por pontos vermelhos na Figura 63), sendo a mais próxima da área central a jazida identificada no distrito de Águas Claras.

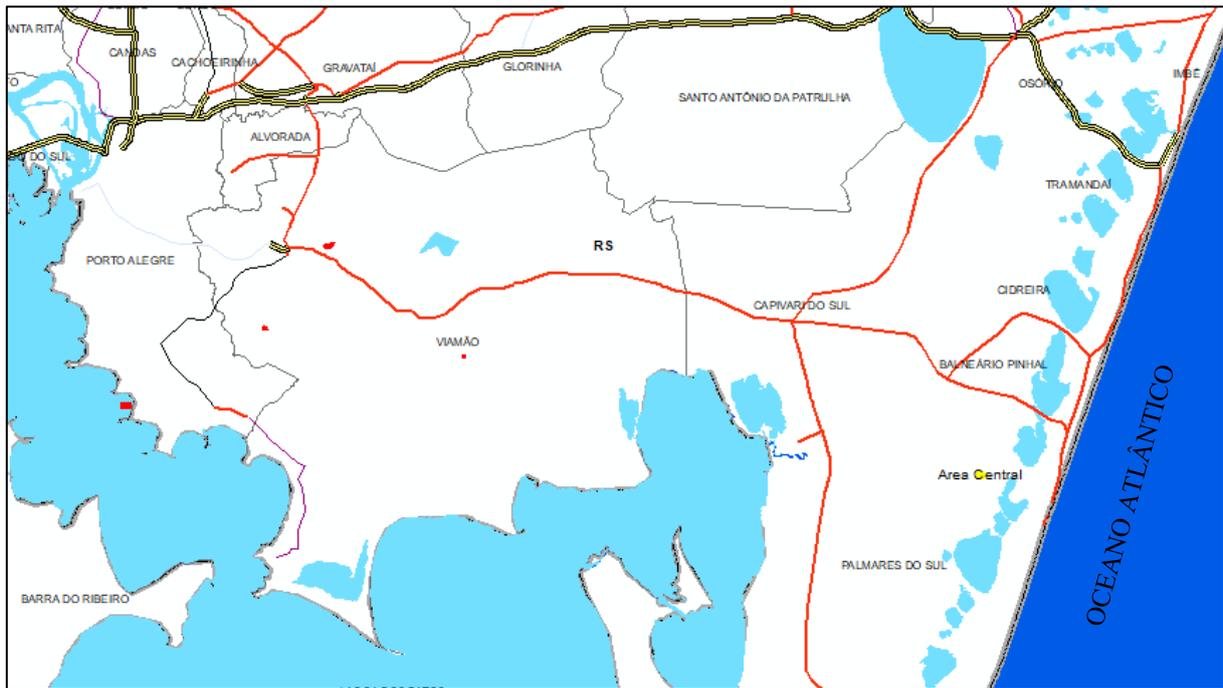


Figura 63: Identificação das jazidas de argila (em vermelho) mais próximas da área central.
Fonte: Jazidas: DNPM, 2018; Corpos d'água: CPRM, 2006; Limites Municipais IBGE, 2010.

O cálculo da distância entre a jazida comercial mais próxima e a área central, realizado através da ferramenta Google Maps, mostra uma distância de aproximadamente 72 quilômetros (Figura 64). Trata-se da jazida da empresa JF Mineração, Indústria e Comércio Eireli ME, a qual consta no DNPM sob o número de processo 810.507/2003, em regime ativo, com validade de licença até 11/08/2020.

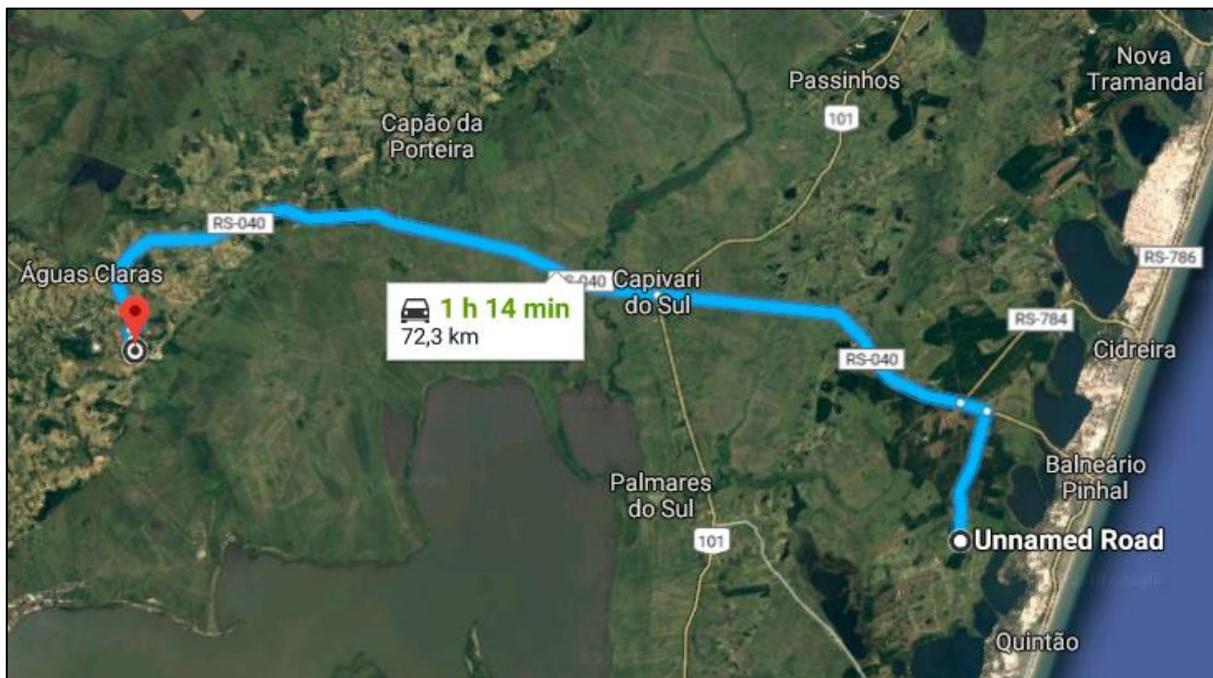


Figura 64: Trajeto e distância aproximada entre a área central e a jazida de argila mais próxima, no distrito de Águas Claras, município de Viamão.

Fonte: Adaptado de *Google Maps*, 2018.

Apesar de praticamente todo o trajeto ser percorrido por vias pavimentadas, a distância resultante enquadra a área central como de “aptidão média” segundo o quesito de classificação “Disponibilidade de Material de Cobertura” (Tabela 36).

Tabela 36: Avaliação do item “Disponibilidade de material de cobertura” na área central.

Distância de Jazidas (Km)	Classificação	Pontuação
> 100 Km	Aptidão Mínima	
> 20 Km < 100 Km	Aptidão Média	2
<20 Km	Aptidão Máxima	

6) Distância dos Centros Geradores de Massa de Resíduos

Para classificar a área central, foram realizados os mesmos procedimentos utilizados na classificação da área norte.

O cálculo de distância entre os municípios e a área central foi realizado automaticamente no *software* QuantumGIS através da ferramenta “Matriz de Distância”, a qual calcula a distância média entre diversos pontos e uma base. Na Tabela 37 constam os nomes dos municípios e as distâncias entre cada centroide e a área central.

Tabela 37: Municípios da área de estudo, dados populacionais e distância da área central.

MUNICÍPIO	POP. URBANA	POP. RURAL	POPULAÇÃO TOTAL (estimada 2017)	Distância Área Central (Km)
ARROIO DO SAL	7509	231	9050	93,6
BALNEÁRIO PINHAL	10743	113	12671	79,5
CAPÃO DA CANOA	41787	253	48401	65,3
CAPIVARI DO SUL	3230	660	4362	23,9
CARAÁ	1058	6254	7971	58
CIDREIRA	12260	408	14710	16
DOM PEDRO DE ALCÂNTARA	741	1809	2617	111
IMBÉ	17661	9	20578	43,6
ITATI	212	2372	2583	90,4
MAMPITUBA	568	2435	3079	124,4
MAQUINÉ	2064	4841	7016	68,2
MORRINHOS DO SUL	1300	1882	3166	108,4
MOSTARDAS	8143	3981	12794	107,4
OSÓRIO	37917	2989	44468	43,5
PALMARES DO SUL	9803	1166	11449	18,4
TERRA DE AREIA	5195	4683	10783	81,8
TORRES	33340	1316	37564	119
TRAMANDAÍ	40577	1008	47521	33,8
TRÊS CACHOEIRAS	7501	2716	10904	99,6
TRÊS FORQUILHAS	385	2529	2898	86,4
XANGRI-LÁ	12379	55	14650	62,7

O cálculo da distância média entre os cinco municípios mais populosos e a área central (destacados na Tabela 37) é apresentado na Figura 65.

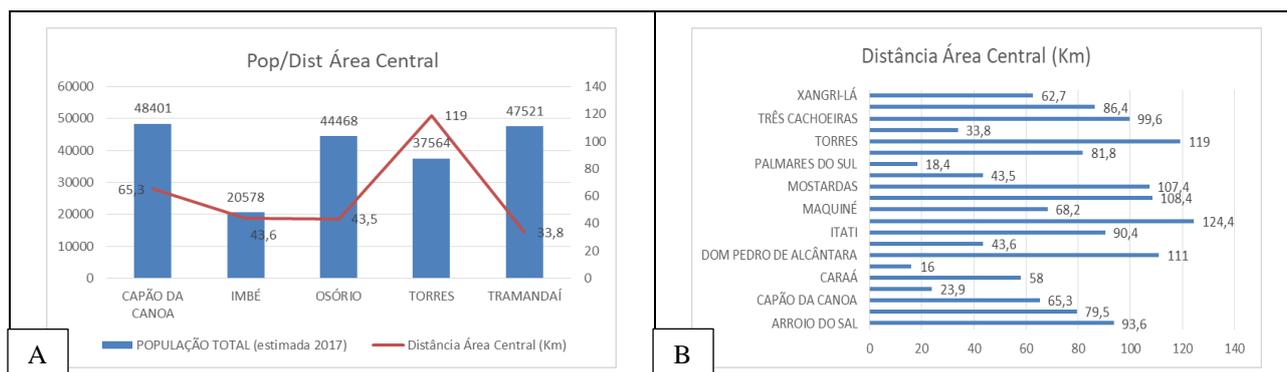


Figura 65: **A:** População e distâncias médias entre a área central e os cinco municípios mais populosos da área de estudo; **B:** distância entre a área central e todos os municípios.

Fonte: Dados populacionais (IBGE, 2010) e adaptação do autor, 2018.

A distância média entre a área central e os cinco municípios mais populosos, constantes na Tabela 37 é de 61,04 km. Inserindo neste cálculo as distâncias dos municípios com mais de 10.000

habitantes, são considerados 12 municípios de um total de 21, e a média passa para 66,09 km. Caso sejam considerados todos os municípios a distância média geral sobe para 73,09 km. Portanto a área central pode ser considerada de aptidão máxima segundo este parâmetro (Tabela 38).

Tabela 38: Classificação da área central segundo o item “Distância dos centros geradores de massa de resíduos”.

<i>Dist. Média do Centro de Geração de Massa</i>	Classificação	Pontuação
Área com Distância > 160 km	Aptidão Mínima	
Área com Distância > 80 km e < 160 km	Aptidão Média	
Área com Distância > 0 km e < 80 km	Aptidão Máxima	3

7) Uso do Solo – Impedimentos Legais

Apesar de não obtermos acesso ao mapa de zoneamento do município, o qual, segundo técnicos da prefeitura, é muito “precário”, fomos informados que ambas as áreas, central e sul, encontram-se na zona rural do município.

Portanto, ainda que o zoneamento municipal indique que a atividade não é favorável para a área devido ao seu enquadramento (zona rural), a sua avaliação particular em um contexto ambiental mostra que esta já se encontra amplamente impactada pelas atividades de silvicultura, portanto, mantendo a sua classificação como de aptidão média (Tabela 39).

Tabela 39: Classificação da área central segundo o parâmetro “Impedimentos Legais do Uso do Solo”.

<i>Impedimentos / Uso do Solo</i>	Classificação	Pontuação
Área em Zona de Expansão Urbana	Aptidão Mínima	
Área em Zona Rural	Aptidão Média	2
Área em Zona Industrial	Aptidão Máxima	

8) Direção Preferencial dos Ventos

A direção preferencial e velocidade média dos ventos para a área central, tomada a partir dos dados da série histórica das normais climatológicas 1960-1990 do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET da estação meteorológica mais próxima da área, nesse caso, a estação meteorológica automática de Porto Alegre, distante aproximadamente 80 km, são exibidos na Figura 66.

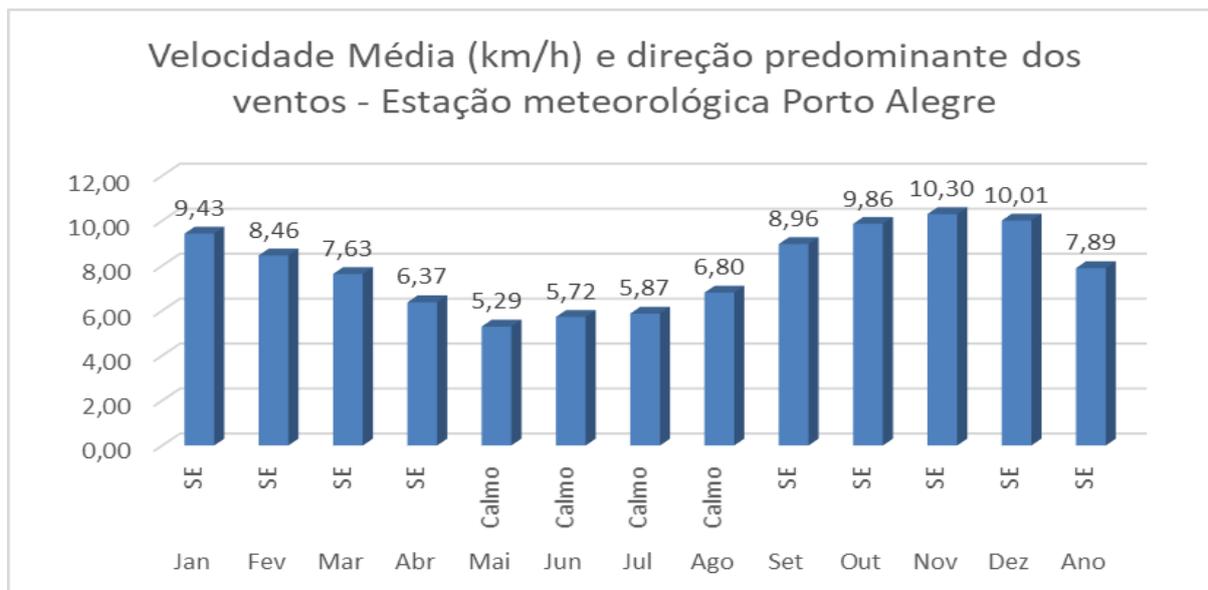


Figura 66: Gráfico da velocidade média (km/h) e direção predominante dos ventos da estação meteorológica Porto Alegre.

Fonte: Série Histórica 1960-1990, INMET.

Os dados da estação meteorológica de Porto Alegre mostram que o vento é predominante da direção sudeste na maior parte do ano, principalmente de setembro a abril, com velocidade média anual de 7,9 km/h, variando entre 5,3 km/h no mês de ventos mais calmos (maio) e 10,3 km/h no mês de ventos mais intensos (novembro), e sem direção predominante de maio a agosto.

Porém, a distância da estação meteorológica de Porto Alegre das áreas central e sul fizeram com que se buscassem dados complementares em relação aos ventos locais, uma vez que a proximidade com o litoral, a rugosidade do terreno, entre outros fatores, pode influenciar os ventos locais. Assim, foram consideradas as informações de ventos anuais disponíveis no Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (Atlas eólico: Rio Grande do Sul, 2014) para a região de Palmares do Sul e proximidades, o qual se baseia em uma série de dados de ventos locais.

Segundo estes dados, os ventos para a região de Palmares do Sul são mais predominantes do quadrante nordeste, secundariamente da direção leste, como pode ser visto na Figura 67.

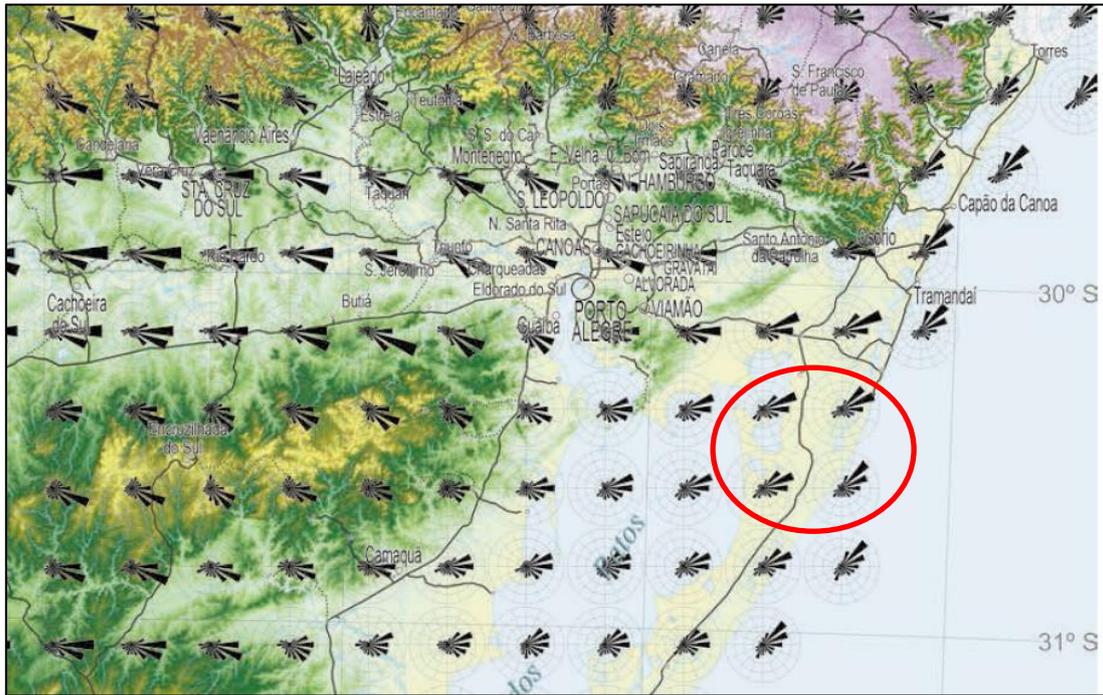


Figura 67: Fragmento do mapa com a Rosa dos Ventos Anuais, apresentando as frequências e direções predominantes em cada região, com destaque para a área de estudo (inserida no círculo vermelho).

Fonte: Atlas Eólico do RS (2014).

Considerando a localização geográfica da área central em relação aos ventos predominantes e a ocupação no entorno, esta é considerada como de aptidão máxima (Figura 68 e Tabela 40).



Figura 68: As setas indicam a direção predominante dos ventos na área central. Não há núcleos habitacionais nesta direção; a ocupação se dá essencialmente por florestas exóticas, agricultura e pecuária.

Fonte: Imagens Astrium e Digital Globe (2013); Atlas Eólico: RS (2014). Adaptado de Google Earth, 2018.

Tabela 40: Classificação da área central segundo o item “Direção dos ventos e núcleos habitacionais”.

<i>Direção dos Ventos e Núcleos Habitacionais</i>	Classificação	Pontuação
Núcleos Habitacionais entre 500 e 1000 metros	Aptidão Mínima	
Núcleos Habitacionais entre 1000 e 2000 metros	Aptidão Média	
Núcleos Habitacionais após 2000 metros	Aptidão Máxima	3

9) Pontos de Captação de Água para Abastecimento Humano

Este parâmetro foi avaliado através de pesquisa no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, disponível no sítio eletrônico do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, uma vez que não foram identificadas residências próximas à área central e, portanto, não há poços artesanais que porventura não estariam cadastrados no sistema SIAGAS-WEB.

A pesquisa de informações de poços no sistema SIAGAS WEB detectou um poço tubular a aproximadamente 1300 metros da área central (Figura 69).

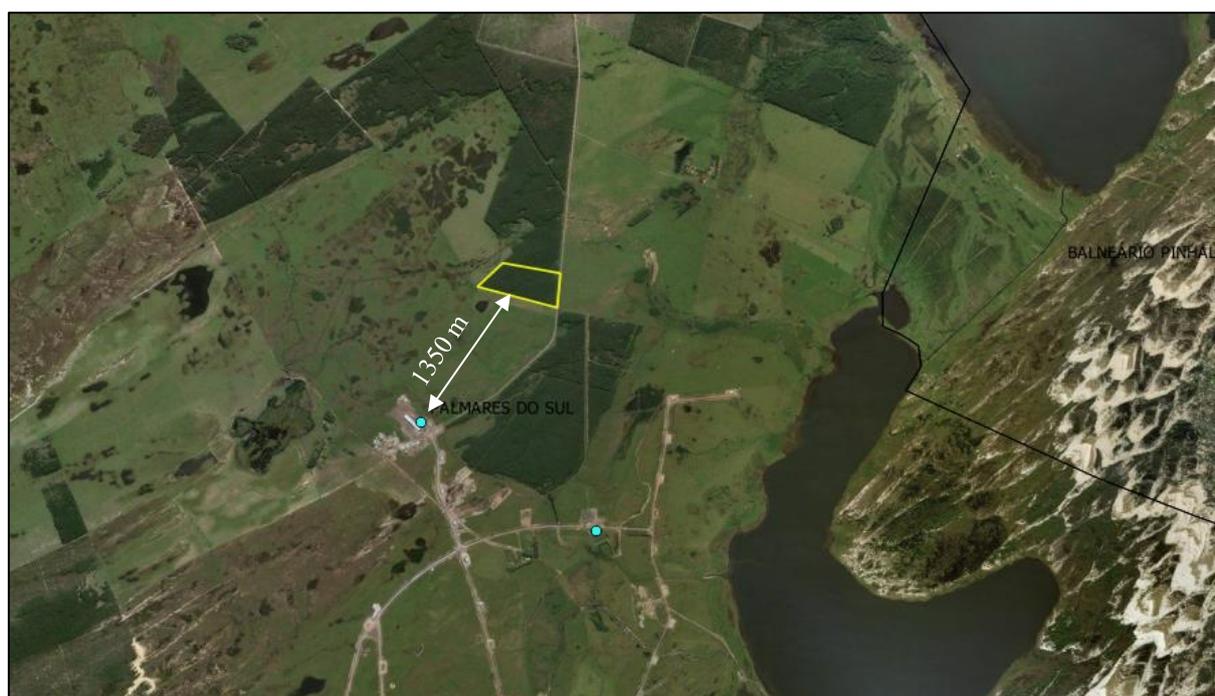


Figura 69: Localização dos poços (pontos na cor ciano) para abastecimento humano mais próximos da área central (polígono amarelo).

Fonte: SIAGAS-WEB. Adaptado em QuantumGIS, 2018.

O poço mais próximo da área central localiza-se na sede do Complexo Eólico Atlântica, distando aproximadamente 1350 metros, o que classifica a área como de aptidão máxima segundo este parâmetro (Tabela 41).

Tabela 41: Classificação a área central segundo o parâmetro “Distância de pontos de captação de água para abastecimento humano”.

Distância de Pontos de Captação de Água para Abastecimento (m)	Classificação	Pontuação
Até 200 m	Aptidão Mínima	
Entre 200 e 500 m	Aptidão Média	
Acima de 500 m	Aptidão Máxima	3

10) Impactos na Paisagem

A avaliação dos impactos na paisagem da área central se deu pela análise de sua topografia (forma) e os usos (função) atuais em relação as alterações que se propõe, e o tipo de exposição a que o empreendimento estará sujeito.

A área central consiste em terreno plano de aproximadamente 16,8 hectares, localizada na zona rural do município de Palmares do Sul, 2,4 km a oeste da lagoa Rincão das Éguas, às margens da estrada municipal de acesso ao Complexo Eólico Atlântica, 8 km ao sul de seu entroncamento com a Rodovia Tapir Rocha (ERS-040). É praticamente toda ocupada por silvicultura (16,84 ha) com um pequeno trecho ao longo de sua extremidade leste coberto por pastagens (0,78 ha).

A ocupação humana próxima à área se resume a algumas fazendas bem afastadas, sendo que a mais próxima se encontra a 2 km de distância e se dedica à pecuária.

O isolamento visual da área é razoavelmente bom, apesar do relevo não apresentar grandes alterações morfométricas, uma vez que se encontra distante de vias de acesso de grande movimentação e também de aglomerações humanas, e ainda conta com isolamento visual proporcionado pelo cortinamento vegetal exótico já existente.

A instalação e operação do aterro sanitário nesta área alteraria pontualmente a paisagem na região, uma vez que o relevo é plano e os usos do solo na região (pecuária e silvicultura) não seriam mais possíveis, visto que a conformação do aterro (células sobrepostas com inclinação de 45°) transformariam a área como de uso restrito por declividade. Desta forma, a área central pode ser considerada como de aptidão média em relação ao item “impactos na paisagem” (Tabela 42).

Tabela 42: Classificação da área central segundo o item “Impacto na paisagem”.

Impacto na Paisagem	Classificação	Pontuação
Baixo Isolamento Visual	Aptidão mínima	
Médio Isolamento Visual	Aptidão média	2
Alto Isolamento Visual	Aptidão máxima	

11) Tipo de Solo e Profundidade do Lençol Freático (NA)

Para avaliar este item na área central buscou-se identificar a profundidade do lençol freático (ou do NA) e a composição do pacote sedimentar do solo, conforme preconiza a NBR 13.896/1997.

Áreas com predominância de solos com coeficiente de permeabilidade $K = 10^{-4}$ cm/s ou superior, não é recomendada a construção de aterros, mesmo utilizando-se impermeabilizações complementares. (MANCINI, 2016). Bittencourt (2018) apresenta os valores típicos de permeabilidade conforme tipos de solo, os quais foram utilizados como base para esta avaliação (Tabela 43).

Tabela 43: Coeficiente de permeabilidade (k) típica, por tipos de solo.

Permeabilidade	Tipo de solo	k a 20 °C (cm/s)
Alta	Pedregulho	$> 10^{-1}$
Média	Areia grossa	10^{-1}
Média	Areia média	10^{-2}
Média	Areia fina	10^{-3}
Média	Areia argilosa	10^{-5}
Baixa	Siltes	10^{-4} a 10^{-7}
Baixa	Argilas	10^{-3} a 10^{-5}
Muito Baixa	Argilas	10^{-6} a 10^{-7}
Baixíssima	Argilas	$< 10^{-7}$

Fonte: (Bittencourt, 2018).

Para avaliação da área central foram realizados três (03) furos de sondagem com trado manual, em locais onde se encontraram as maiores depressões na referida área, a fim de determinar mais facilmente a profundidade média do NA, como mostra a Figura 70.

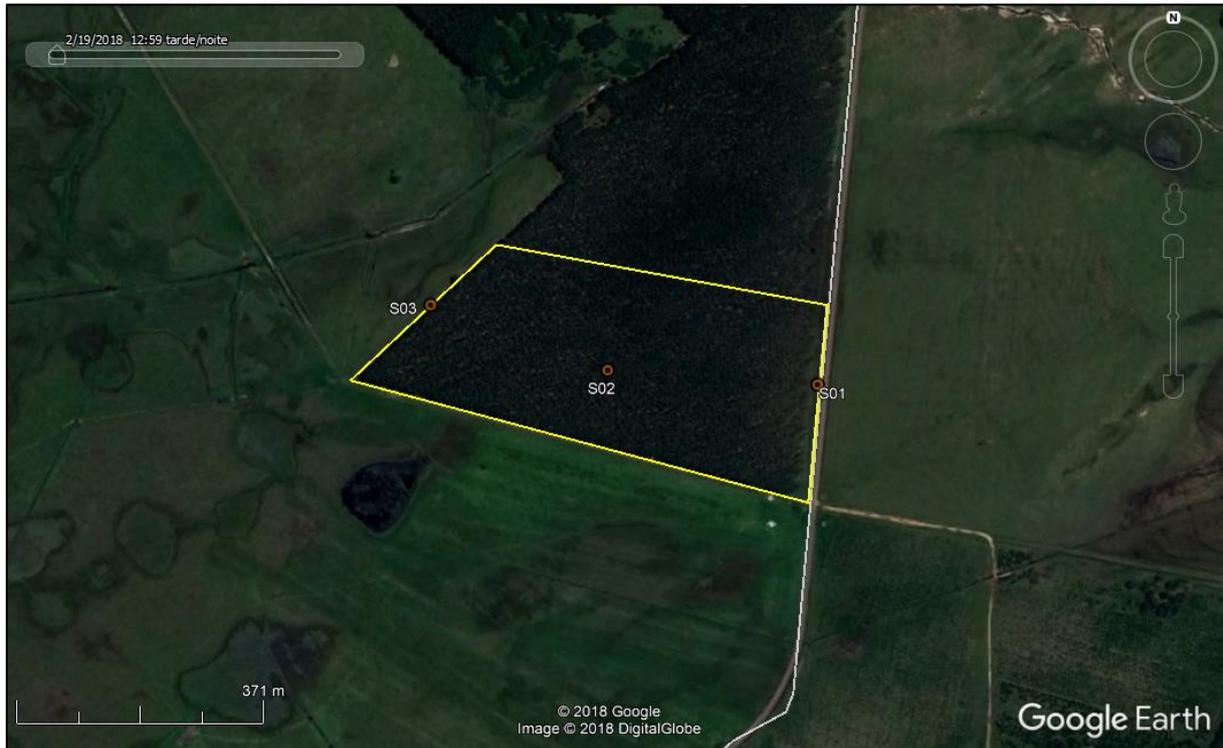
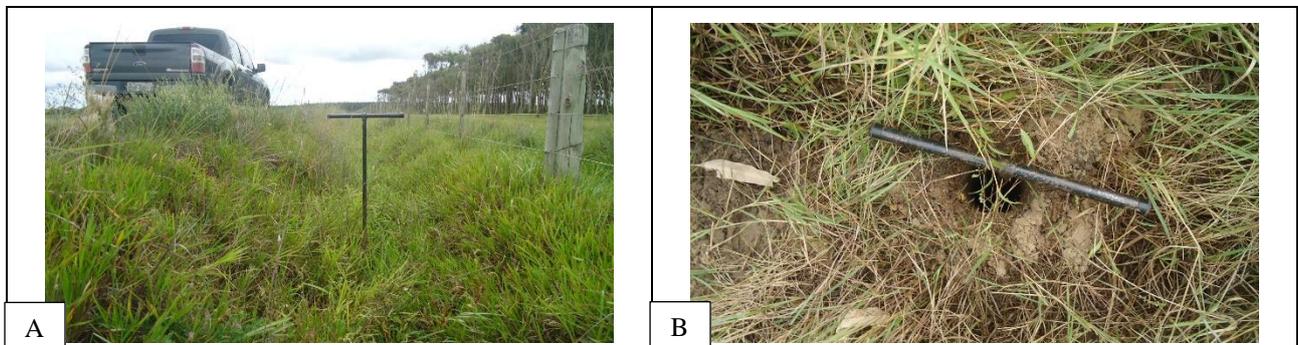


Figura 70: Locais de perfuração e sondagem na área central.
Fonte: Imagem Astrium, 2015. Adaptações do autor, 2018.

Furo de Sondagem S01

Logo na chegada da área central se percebe um dreno artificialmente escavado às margens da via municipal lindeira a área, escavado para escoamento pluvial, se estendendo paralelamente à via e a área, com aproximadamente 1 metro de largura por 0,5 metro de profundidade aproximada em relação ao nível natural do terreno. Encontrava-se relativamente seco e coberto por gramíneas (*Cynodon spp.*). As fotos da Figura 71 mostram com mais detalhes a sondagem S01 e o perfil do solo local.



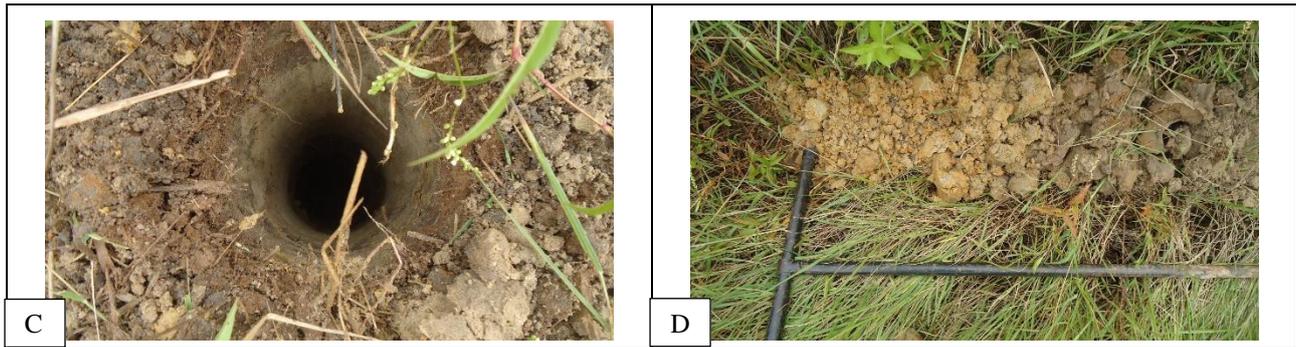


Figura 71: **Foto A:** Local da sondagem S01; **foto B:** perfuração até 1,2 m de profundidade; **foto C:** NA não detectado; **foto D:** perfil de solo no furo S01.

Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Nos primeiros 10 centímetros de profundidade o solo se mostrou argiloso, plástico; entre 10-25 cm era composto por areia fina; entre 25-50 cm solo areno argiloso, cinza, plástico; entre 50 cm e 1,20 m solo arenoso, fino, variegado amarelo e cinza; pouco plástico.

Apesar da sondagem S01 ter sido realizada em uma cota 0,5 metro mais baixa do que o terreno natural, o NA não foi detectado. Portanto, considerando a depressão do terreno mais a perfuração, pode-se concluir que o NA encontra-se abaixo de 1,5 m de profundidade neste local.

Furo de Sondagem S02

O furo de sondagem S02 foi realizado em meio a área de silvicultura (floresta de eucaliptos), próximo ao centro da área, ao nível natural do solo, que estava coberto por serapilheira e gramíneas esparsas. A área é relativamente plana, seca, sem indícios de APP's ou vegetação nativa. As fotos da Figura 72 mostram o perfil do solo a partir das amostras retiradas na sondagem S02, o local da perfuração e detalhe do furo de sondagem S02.



Figura 72: Local da sondagem S02, amostras de solo e trado completamente inserido no furo de sondagem.
Fonte: Levantamento de campo, 2018.

O solo no furo S02 é composto da seguinte forma: 0 a 0,30 m areia fina, marrom; 0,3 m a 0,8 m areia fina, cinza; 0,8 m a 1, 20 m areia siltosa, cinza claro, pouco plástica.

Após perfuração completa com o trado manual helicoidal até a profundidade de 1,20 m (um metro e 20 centímetros) o NA não foi detectado.

Furo de Sondagem S03

A sondagem 03 foi realizada no extremo oeste da área central na transição entre a floresta de eucaliptos e o campo usado para pecuária, com declive suave para nordeste (0 e 3%) (relevo plano), seco, ao nível do solo (Figura 73). Pouco antes da realização desta sondagem ocorreu uma pancada de chuva de aproximadamente 10 minutos.

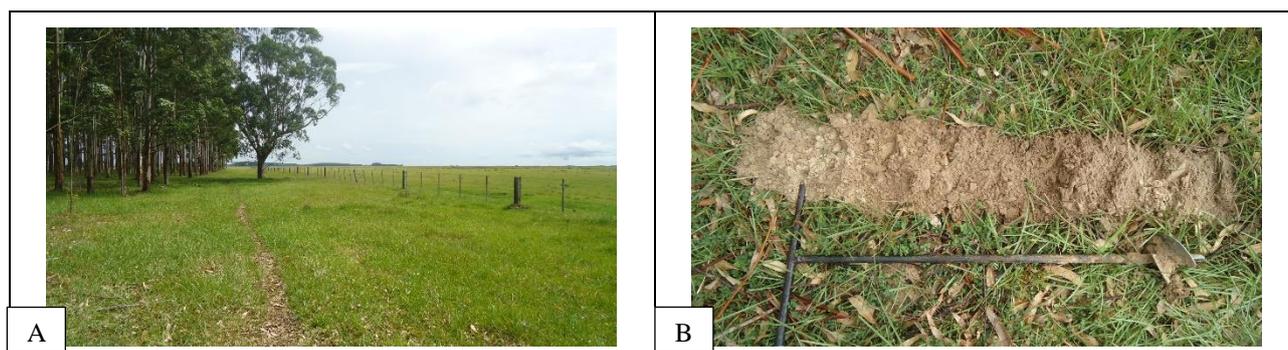


Figura 73: **Foto A:** local da sondagem S03 – divisa floresta de eucalipto / campo com gramíneas; **foto B:** perfil de solo na área da sondagem S03.

Fonte: Levantamento de Campo, 2018.

O solo no furo S03 tem a seguinte composição: 0,0 m a 0,75 m areia fina, marrom; 0,75 m a 1,20 m areia fina, branca, sem umidade. Novamente o NA não foi detectado.

Os dados referentes ao local, tipo de solo e profundidade do NA nos Furos S01, S02 e S03 da área central encontram-se na Tabela 44.

Tabela 44: Dados das sondagens realizadas na área central.

Nome	Coordenadas (UTM SIRGAS 2000)		Solo predominante	Profundidade NA (m)	Altitude (m)
	X	Y			
Furo S01	565311	6649638	0,0-0,1m: Areia argilosa, escura, plástica; 0,1-0,25m: areia fina; 0,25-0,5m: areia fina, cinza, plástica; 0,5-1,20m: areia fina, variegada de amarelo e cinza, pouco plástica.	N E	13
Furo S02	564993	6649661	0,0-0,3m: areia fina, escura; 0,3-0,8m: areia fina, cinza; 0,8-1,20m: areia siltosa, cinza claro, pouco plástica.	N E	27
Furo S03	564726	6649761	0,0-0,75m: areia fina, marrom; 0,75-1,20m: areia fina, branca, sem umidade.	N E	29

* NE: Não Encontrado (o nível d'água - NA). Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Como mostram os resultados das sondagens na área central, o solo varia de granulometria areia fina a areia siltosa, geralmente com coloração cinza, variando pouco entre coloração branca e variegada. Apesar do furo S01 ter sido executado dentro de um canal de drenagem (que se encontrava seco) não foi detectado o NA. Considerando isso, e que em nenhum dos outros dois pontos foi detectado o NA, pode-se concluir que o lençol freático se encontra abaixo da profundidade de 1,5 m.

Confrontando as informações de coeficiente de permeabilidade para solos arenosos de granulometria fina ($k = 10^{-3}$ cm/s) a areno siltosos ($k = 10^{-4}$ a 10^{-7} cm/s) tipo de solo predominante na área central, em um pacote sedimentar de pelo menos 1,5 m de profundidade, classifica-se esta área, segundo este fator, como de aptidão média (Tabela 45).

Tabela 45: Classificação da área central segundo o parâmetro “Tipo de Solo e Profundidade do N A”.

<i>Profundidade do N. A.</i>	Classificação	Pontuação
Profundidade < 1,5 m	Aptidão Mínima	
Profundidade > 1,5 m ≤ 3,0 m	Aptidão Média	2
Profundidade > 3,0 m	Aptidão Máxima	

7.3 Área Sul

O levantamento de campo para avaliação da área sul contemplou uma ida à campo no dia 21/02/2018 para contato e autorização dos proprietários para ingresso nas áreas.

A área sul encontra-se às margens da estrada que liga a localidade de Granja Vargas ao balneário de Dunas Altas, no município de Palmares do Sul, a 16 quilômetros do entroncamento com a BR-101. Possui 16 hectares e, assim como as áreas do seu entorno, é ocupada por uma floresta de pinus, utilizada para extração de resina. Parece seguir um padrão da ocupação e uso do solo na região, contém diversos drenos artificiais em seu entorno e também em seu interior, provavelmente criados para drenar as áreas e permitir seu uso sem restrições que poderiam ser impostas por ambientes úmidos (protegidos). O relevo da área é ondulado, parecendo um campo de pequenas dunas manejado para ocupação. A Figura 74 mostra a localização da área sul em relação ao seu entorno.

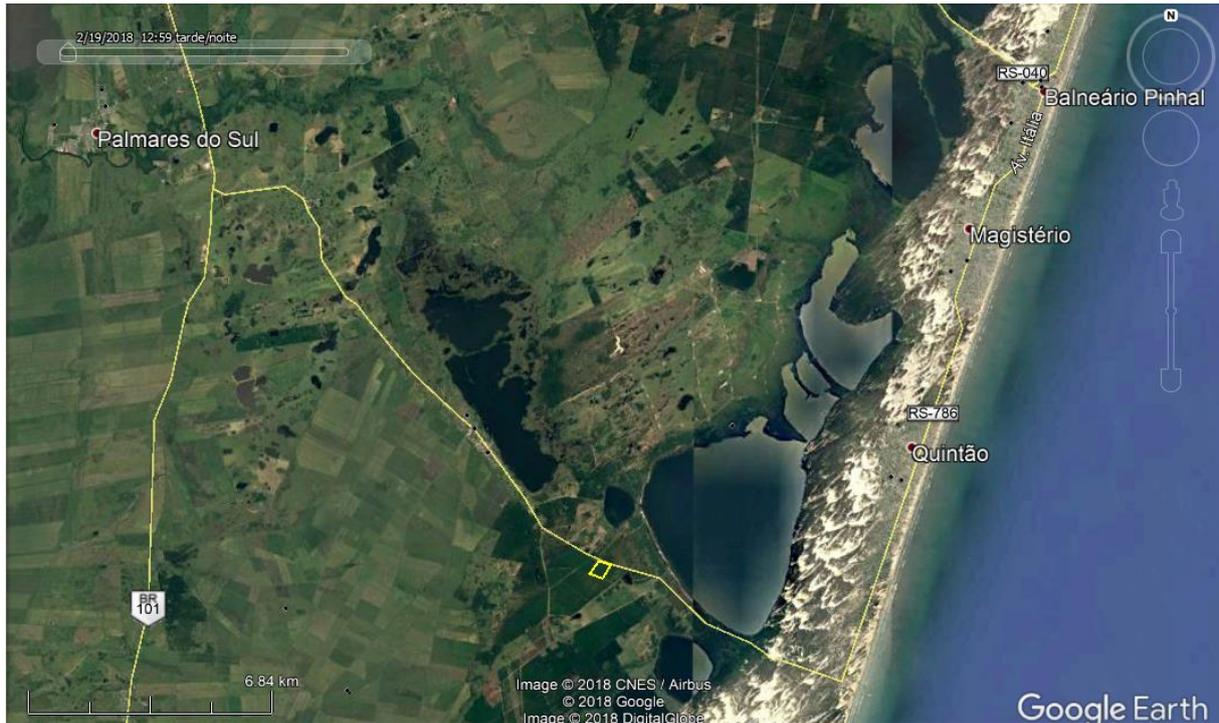


Figura 74: Localização da área sul (em amarelo) no município de Palmares do Sul.

Fonte: Imagem Landsat, Adaptado de Google Earth, 2018.

A área sul é legalmente licenciada para silvicultura com plantio de Pinus para extração de resina (Figura 75).



Figura 75: Vista para noroeste a partir da área sul, às margens da estrada que liga o balneário de Dunas Altas à localidade de Granja Vargas, em Palmares do Sul.

Fonte: Levantamento de campo, 2018.

O levantamento de campo na área sul foi realizado no dia 21 de fevereiro de 2018, com tempo parcialmente encoberto com períodos de sol. Com base nesse levantamento foram avaliados os 11 itens a seguir, que resultaram na classificação da área sul.

1) Distanciamento de núcleos habitacionais

Os núcleos habitacionais mais próximos da área sul são a aldeia indígena Tekoa Yryapu, distante aproximadamente 1,2 km para nordeste; e a comunidade de Granja Vargas, a 2,4 km para noroeste (Figura 76).



Figura 76: Distâncias entre a área central e núcleos habitacionais próximos.
 Fonte: Imagens Digital Globe/Astrium (2018); levantamento de campo, 2018.

Como há um núcleo habitacional relevante a aproximadamente 1,2 km de distância da área sul, esta foi classificada como de aptidão média segundo este requisito (Tabela 46).

Tabela 46: Avaliação do item “Distância de núcleos habitacionais” na área sul.

Distância de Núcleos Habitacionais (m)	Classificação	Pontuação
Distâncias entre 0 e 500 m	Aptidão Mínima	
Distâncias > 500 m <1500 m	Aptidão Média	2
Distâncias > 1500 m	Aptidão Máxima	

2) Acesso Rodoviário

Como se vê nas imagens da Figura 77, a área sul se encontra a aproximadamente 16,4 km da rodovia pavimentada BR-101, estando lindeira a estrada municipal que dá acesso à localidade de Granja Vargas e ao balneário de Dunas Altas, ambos no município de Palmares do Sul.



Figura 77: Estrada municipal que dá acesso à área sul a partir da rodovia BR-101.

Fonte: Adaptada de Google Maps; e levantamento de campo, 2018.

Como mostra a foto constante na Figura 77, a estrada de acesso à área sul não possui pavimentação, sendo bastante arenosa, o que poderia causar impactos pela emissão de gases e poeiras, principalmente na comunidade de Granja Vargas, uma vez que o trânsito dos caminhões de transporte

de resíduos passaria pela localidade diariamente. Então, devido às condições de acesso e seu distanciamento de vias pavimentadas, a área sul é classificada como de aptidão mínima segundo o fator “Acesso Rodoviário” (Tabela 47).

Tabela 47: Avaliação do item “Acesso Rodoviário” na área sul.

Distância de vias pavimentadas (m)	Classificação	Pontuação
Distâncias > 1000 m	Aptidão Mínima	1
Distâncias > 200 m < 1000 m	Aptidão Média	
Distância < 200 m	Aptidão Máxima	

3) Áreas de Preservação Permanente – APP’s

O levantamento de campo para a identificação de APP’s seguiu a mesma metodologia utilizada nas áreas anteriores (caminhamento e observação da área, a fim de identificar ambientes legalmente protegidos). O caminhamento realizado na área não mostrou nenhum ambiente legalmente protegido em todo o perímetro. Mesmo os drenos artificiais do terreno não mantinham qualquer acúmulo de água. Porém, foram encontrados, ao longo do caminhamento, espécimes da flora protegidos, inclusive imunes ao corte, como algumas espécies de cactos e palmeiras, os quais são mostrados na Figura 78.



Figura 78: Identificação de APP’s na área sul.

Fonte: Imagem Astrium e Levantamento de Campo, 2018.

As fotos a seguir (Figura 79), mostram as árvores protegidas identificadas durante a avaliação da área sul.



Figura 79: Exemplares de Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) identificados no interior da área sul e exemplares de cactos (*Opuntia monacantha*) identificados ao longo do limite nordeste da área, paralelo à estrada municipal.

Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Os espécimes vegetais protegidos e imunes ao corte deverão ser transplantados em caso de escolha dessa área para instalação de um aterro sanitário. As áreas úmidas encontradas no entorno da

área sul estão a pelo menos 450 metros de distância. Portanto, conforme os parâmetros de avaliação estabelecidos para o item “distância de APP’s” a área sul é classificada como de aptidão média para este parâmetro (Tabela 48).

Tabela 48: Avaliação do item “Distância de APP’s” na área sul.

Distância de APP's (m)	Classificação	Pontuação
Entre 0 e 200 m	Aptidão Mínima	
> 200 m < 500 m	Aptidão Média	2
> 500 m	Aptidão Máxima	

4) Percentual de Cobertura Vegetal Nativa

Considerando que o número de espécimes vegetais nativos encontrados no interior da área sul é ínfimo frente à ocupação da área, composta majoritariamente por vegetação exótica, a classificação da área segundo este parâmetro é de aptidão máxima (Tabela 51).

Tabela 49: Avaliação do item “Percentual de Cobertura Vegetal Nativa” na área sul.

% de Cobertura Vegetal Nativa	Classificação	Pontuação
61 % - 100 %	Aptidão Mínima	
31 % - 60 %	Aptidão Média	
0 % – 30 %	Aptidão Máxima	3

5) Disponibilidade de Material de Cobertura – Jazidas de Argila

Seguindo a metodologia anteriormente utilizada, as jazidas comerciais de argila encontradas no município de Viamão (identificadas por pontos vermelhos na Figura 80), são as mais próximas da área sul.

O cálculo da distância entre a jazida comercial mais próxima e a área sul, realizado através da ferramenta Google Maps, mostra uma distância de aproximadamente 71,5 quilômetros (Figura 81). Trata-se da jazida da empresa JF Mineração, Indústria e Comércio Eireli ME, a qual consta no DNPM sob o número de processo 810.507/2003, em regime ativo, com validade de licença até 11/08/2020, estabelecida no Beco da Professora, número 881, distrito de Águas Claras, Viamão.

Tabela 50: Avaliação do item “Disponibilidade de material de cobertura” na área sul.

Distância de Jazidas (Km)	Classificação	Pontuação
> 100 Km	Aptidão Mínima	
> 20 Km < 100 Km	Aptidão Média	2
<20 Km	Aptidão Máxima	

6) Distância dos Centros Geradores de Massa de Resíduos

O resultado do cálculo da distância média entre a área sul e os centros geradores de resíduos de cada município é mostrado na Tabela 51, os quais foram inseridos, para fins de comparação, na Figura 82.

Tabela 51: Municípios da área de estudo, dados populacionais e distância da área sul.

MUNICÍPIO	POP. URBANA	POP. RURAL	POPULAÇÃO TOTAL (estimada 2017)	Distância Área sul (Km)
ARROIO DO SAL	7509	231	9050	103,98
BALNEÁRIO PINHAL	10743	113	12671	16,37
CAPÃO DA CANOA	41787	253	48401	75,69
CAPIVARI DO SUL	3230	660	4362	28,99
CARAÁ	1058	6254	7971	67,37
CIDREIRA	12260	408	14710	25,98
DOM PEDRO DE ALCÂNTARA	741	1809	2617	121,45
IMBÉ	17661	9	20578	53,98
ITATI	212	2372	2583	100,74
MAMPITUBA	568	2435	3079	134,75
MAQUINÉ	2064	4841	7016	78,39
MORRINHOS DO SUL	1300	1882	3166	118,85
MOSTARDAS	8143	3981	12794	97,2
OSÓRIO	37917	2989	44468	53,67
PALMARES DO SUL	9803	1166	11449	18,91
TERRA DE AREIA	5195	4683	10783	92,15
TORRES	33340	1316	37564	129,34
TRAMANDAÍ	40577	1008	47521	44,1
TRÊS CACHOEIRAS	7501	2716	10904	110
TRÊS FORQUILHAS	385	2529	2898	96,73
XANGRI-LÁ	12379	55	14650	73,09

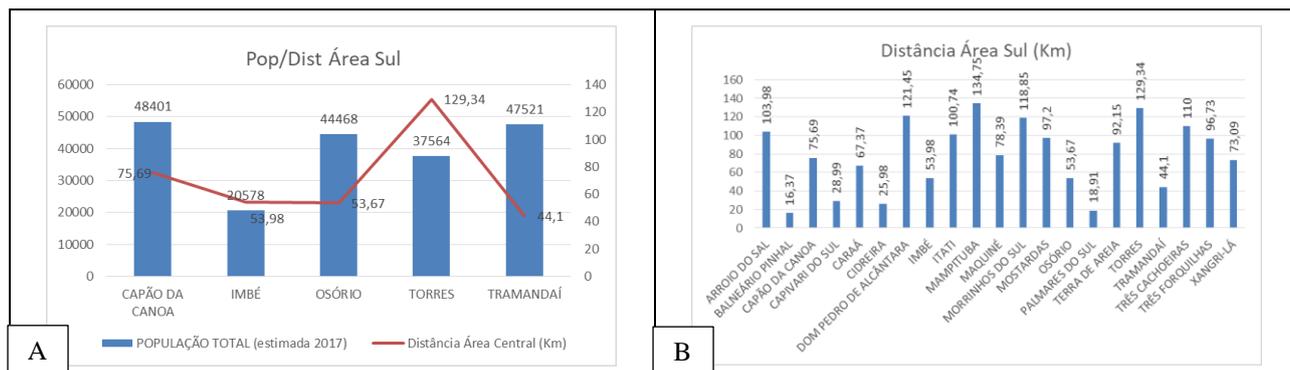


Figura 82: **A:** População e distâncias médias entre a área sul e os cinco municípios mais populosos da área de estudo; **B:** distância entre a área sul e todos os municípios.

Fonte: Dados populacionais (IBGE, 2010) e adaptação do autor, 2018.

A distância média entre a área central e os cinco municípios mais populosos (destacados na Tabela 51) constantes na Figura 82 é de 71,36 km. Inserindo neste cálculo as distâncias dos municípios com mais de 10.000 habitantes, são considerados 12 municípios de um total de 21, e a média passa para 66,95 km. Caso sejam considerados todos os municípios a distância média geral sobe para 78,18 km. Portanto a área sul pode ser considerada de aptidão máxima segundo este parâmetro (Tabela 52).

Tabela 52: Classificação da área sul segundo o item “Distância dos centros geradores de massa de resíduos”.

<i>Dist. Média do Centro de Geração de Massa</i>	Classificação	Pontuação
Área com Distância > 160 km	Aptidão Mínima	
Área com Distância > 80 km e < 160 km	Aptidão Média	
Área com Distância > 0 km e < 80 km	Aptidão Máxima	3

7) Uso do Solo – Impedimentos Legais

Como a área sul encontra-se na zona rural do município de palmares do Sul, em área ocupada por silvicultura (assim como a área central) sua classificação não pode ser diferente.

Portanto, a sua avaliação particular em um contexto ambiental mostra que esta já se encontra amplamente impactada pelas atividades de silvicultura, mantendo a sua classificação como de aptidão média (Tabela 53).

Tabela 53: Classificação da área sul segundo o parâmetro “Impedimentos Legais do Uso do Solo”.

<i>Impedimentos / Uso do Solo</i>	Classificação	Pontuação
Área em Zona de Expansão Urbana	Aptidão Mínima	
Área em Zona Rural	Aptidão Média	2
Área em Zona Industrial	Aptidão Máxima	

8) Direção Preferencial dos Ventos

A direção preferencial e velocidade média dos ventos para a área sul é a mesma que a determinada para a área central, uma vez que foram utilizados os mesmos dados (Atlas eólico: Rio Grande do Sul, 2014).

A análise do mapa da Rosa dos Ventos mostra que o vento é predominante da direção nordeste e secundariamente leste, com ampla variação durante o ano (Figura 83).



Figura 83: Recorte do mapa Frequência x Direção anual dos ventos, com enfoque na área sul.

Fonte: Atlas Eólico: RS, 2014.

Considerando a localização da área sul, a direção predominante dos ventos e a existência de ocupações humanas a menos de dois quilômetros de distância (Figura 84), a área é classificada como de aptidão média (Tabela 54).

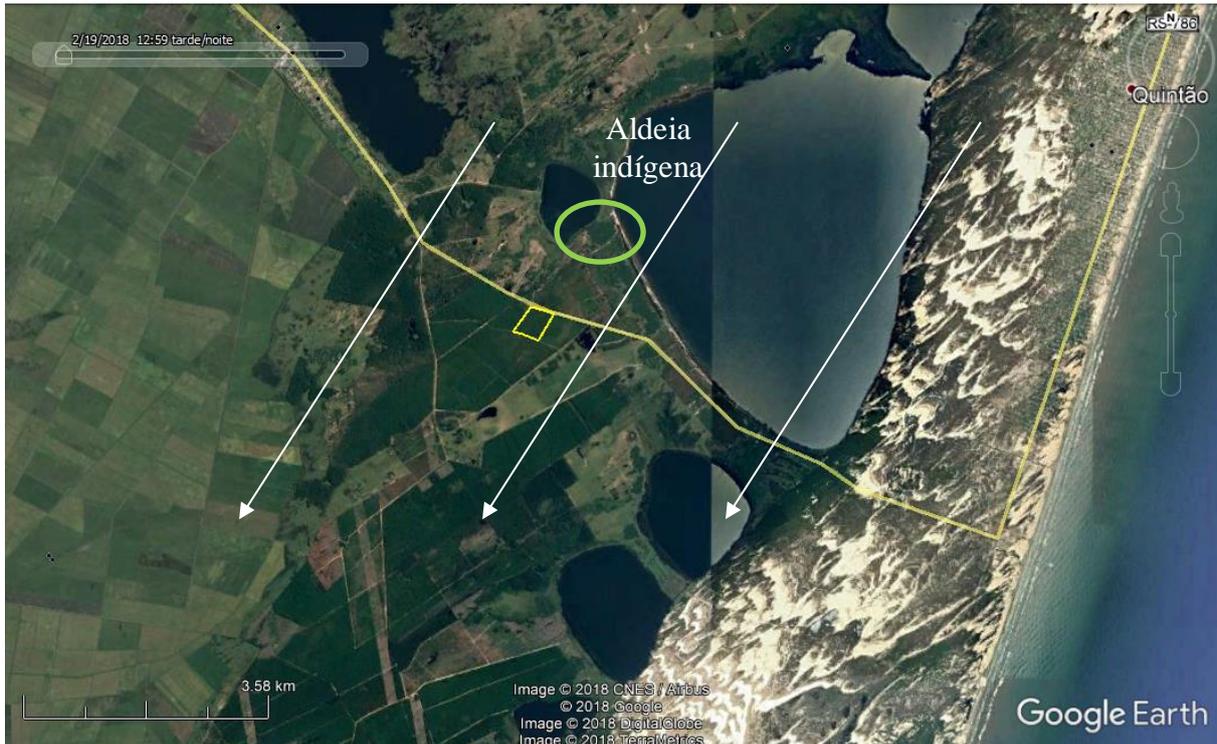


Figura 84: As setas indicam a direção predominante dos ventos e a 1,2 km a nordeste se encontra uma aldeia indígena.

Fonte: Imagens Astrium e Digital Globe (2013); Ventos segundo Atlas Eólico - RS (2014).

Tabela 54: Classificação da área norte segundo o item “Direção dos ventos e núcleos habitacionais”.

<i>Direção dos Ventos e Núcleos Habitacionais</i>	Classificação	Pontuação
Núcleos Habitacionais entre 500 e 1000 metros	Aptidão Mínima	
Núcleos Habitacionais entre 1000 e 2000 metros	Aptidão Média	2
Núcleos Habitacionais após 2000 metros	Aptidão Máxima	

9) Pontos de Captação de Água para Abastecimento Humano

Este parâmetro foi avaliado através de pesquisa no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS (SIAGAS WEB) sobre informações de poços no entorno da área sul. O sistema detectou um poço tubular a aproximadamente 1300 metros da área sul (Figura 85).



Figura 85: Localização dos poços (pontos na cor ciano) para abastecimento humano mais próximos da área central (triângulo amarelo).

Fonte: SIAGAS-WEB. Adaptado em QuantumGIS, 2018.

O poço mais próximos da área sul encontrado no sistema SIAGAS-WEB localiza-se na sede de uma fazenda, é utilizado para abastecimento humano, distando aproximadamente 1500 metros, o que classifica a área como de aptidão máxima segundo este parâmetro (Tabela 55).

Tabela 55: Classificação da área sul segundo o parâmetro “Distância de pontos de captação de água para abastecimento humano”.

Distância de Pontos de Captação de Água para Abastecimento (m)	Classificação	Pontuação
Até 200 m	Aptidão Mínima	1
Entre 200 e 500 m	Aptidão Média	
Acima de 500 m	Aptidão Máxima	3

10) Impactos na Paisagem

A avaliação dos impactos na paisagem da área sul se deu pela análise de sua topografia (forma) e os usos (função) atuais em relação às alterações que se propõe, e ao tipo de exposição a que o empreendimento estará sujeito.

A área sul consiste em terreno de relevo suave ondulado, de aproximadamente 16 hectares, localizada na zona rural do município de Palmares do Sul, às margens de uma estrada municipal que liga a localidade de granja Vargas ao balneário de Dunas Altas. A partir da BR-101, entrando para

Granja Vargas, fica a aproximadamente 16 km para sul, sendo ocupada por uma floresta de Pinus para extração de resina.

A ocupação humana mais próxima da área sul é uma aldeia indígena, com residências a uma distância de aproximadamente 1,2 km, e o limite das ocupações ao sul da localidade de Granja Vargas, que se encontram a 2,3 km para nordeste. Existem ainda algumas sedes de fazendas, a 1,5 km para sudeste e sudoeste.

O isolamento visual da área é relativamente baixo, uma vez que a altura média das árvores atualmente fica em torno de 4 (quatro) metros, existe a proximidade com a comunidade da Granja Vargas e da Aldeia indígena e ainda há o tráfego de veículos na estrada lindeira à área. O relevo não apresenta grandes alterações morfométricas, embora apresente variações entre dunas e depressões escavadas, em torno de dois metros.

A instalação e operação do aterro sanitário nesta área alteraria consideravelmente a paisagem na região, uma vez que o relevo é plano com cotas em torno de 8 a 10 metros, a vegetação arbórea possui alturas aproximadas de 4 metros, e a conformação final das células elevaria as cotas para pelo menos 20 metros acima do nível atual. O uso atual do solo na área sul (silvicultura para extração de resina) não seria mais possível mesmo após seu encerramento, visto que a conformação final do aterro (células sobrepostas com inclinação de 45°) transformariam a área como de uso restrito por declividade.

O impacto causado pelos odores poderia afetar significativamente a comunidade de Granja Vargas e da aldeia indígena Tekoa Yryyapu, principalmente em dias com ventos do quadrante sul e sudeste, causando impacto sensorial negativo em relação à paisagem na região. Desta forma, a área sul pode ser considerada como de aptidão mínima em relação ao item “impactos na paisagem” (Tabela 56).

Tabela 56: Classificação da área sul segundo o item “Impacto na paisagem”.

Impacto na Paisagem	Classificação	Pontuação
Baixo Isolamento Visual	Aptidão Mínima	1
Médio Isolamento Visual	Aptidão Média	
Alto Isolamento Visual	Aptidão Máxima	

11) Tipo de Solo e Profundidade do Lençol Freático (NA)

Para avaliar este item na área sul buscou-se identificar a profundidade do lençol freático (ou do NA) e a composição do pacote sedimentar do solo, conforme preconiza a NBR 13.896/1997.

Foram realizados seis (06) furos de sondagem com trado manual helicoidal em locais onde se encontraram as maiores depressões no interior da área, a fim de determinar mais facilmente a profundidade média do NA, como mostra a Figura 86.



Figura 86: Locais de perfuração e sondagem na área sul.
Fonte: Imagem Astrium, 2015. Adaptações do autor, 2018.

Furo de Sondagem S01

Na chegada da área sul se percebe um dreno artificialmente escavado, já colmatado, provavelmente devido às características naturais do solo na área (areias inconsolidadas), servindo como drenagem artificial para a área sul e também como dreno para a estrada municipal lindeira, se estendendo paralelamente à via e a área. Com aproximadamente 3 metros de largura por 0,5 metro de profundidade aproximada em relação ao nível natural do terreno. Encontrava-se relativamente seco e coberto por gramíneas. As fotos da Figura 87 mostram com mais detalhes a sondagem S01 e o perfil do solo local.



Figura 87: **Foto A:** Local da sondagem S01; **foto B:** detalhe do ponto de perfuração; **foto C:** perfil de solo no furo S01.

Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Nos primeiros 40 centímetros de profundidade o solo se mostrou arenoso, granulometria fina, seca; de 0,4 a 1,0 m solo arenoso, granulometria média a fina, com umidade aumentando em relação direta com a profundidade do solo; de 1,0 m a 1,20 m Solo areno-siltoso, escuro, com umidade e plasticidade (possivelmente turfeira).

Apesar da sondagem S01 ter sido realizada em uma cota 0,5 metro mais baixa do que o terreno natural, o NA não foi detectado. Portanto, considerando a depressão do terreno mais a perfuração, pode-se concluir que o NA encontra-se abaixo de 1,5 m de profundidade neste local.

Furo de Sondagem S02

O furo de sondagem S02 foi realizado próximo ao limite centro-oeste da área sul, em meio a um dreno artificial existente no local. As fotos da Figura 88 mostram o local da perfuração e o perfil do solo a partir das amostras retiradas na sondagem S02.



Figura 88: Local da sondagem S02 e detalhes do solo encontrado.

Fonte: Levantamento de campo, 2018.

O solo no furo S02 é composto da seguinte forma: 0 a 0,50 m areia fina, cinza, pouco úmida; 0,5 m a 1,0 m areia siltosa, variegada, cinza com amarelo, plástica; 1,0 m a 1,20 m: areia muito fina, úmida, cinza, sem características de plasticidade.

Após a perfuração completa com o trado manual helicoidal até a profundidade de 1,20 m (um metro e 20 centímetros) o NA não foi detectado e, considerando a profundidade do dreno, pode-se afirmar que o NA se encontra a mais de 1,5 metros de profundidade.

Furo de Sondagem S03

A sondagem S03 foi realizada no extremo sudoeste da área sul, no mesmo canal de drenagem artificial perfurado na sondagem S02, canal este sem umidade aparente (Figura 89).



Figura 89: **Foto A:** local da sondagem; **foto B:** Furo S03; **foto C:** perfil de solo na área da sondagem S03.
Fonte: Levantamento de Campo, 2018.

O solo no furo S03 tem a seguinte composição: 0,0 m a 0,3 m areia fina, cinza claro, seca; 0,3 m a 1,0 m areia muito fina a siltosa, amarelo escuro, pouca umidade; 1,0 m a 1,30 m areia fina, amarela, pouco úmida. Novamente o NA não foi detectado.

Furo de Sondagem S04:

A sondagem S04 foi executada no centro da área sul, em outro dreno artificial construído na área, em uma profundidade de aproximadamente 0,5 m abaixo do nível natural do terreno (Figura 90).



Figura 90: Detalhes do furo de sondagem S04.

Fonte: Levantamento de campo, 2018.

O perfil de solo na área da sondagem S04 é o seguinte: 0 m a 0,2 m composto por areia fina, coloração cinza claro; de 0,2 m a 0,5 m o solo é composto por areia fina, cor amarela, sem umidade; de 0,5 a 0,8 m areia escura, granulometria fina, sem umidade; de 0,8 a 1,2 m areia escura, fina, pouca umidade. O NA não foi identificado novamente, ou seja, o lençol freático seguramente se encontra a mais de 1,5 metros de profundidade neste local.

Furo de Sondagem S05:

A sondagem S05 foi realizada em um dreno próximo ao limite nordeste da área sul. Este dreno também se encontrava colmatado por sedimentos finos, sem umidade aparente. As fotos da Figura 91 mostram um pouco mais da sondagem S05 e do perfil de solo encontrado no local.



Figura 91: Detalhes do furo de sondagem S05 e do material encontrado.

Fonte: Levantamento de Campo, 2018.

O solo encontrado na sondagem S05 tem a seguinte composição: 0 a 0,5m areia cinza clara, fina a muito fina, sem umidade; 0,5 a 1,10 m areia cinza, fina a muito fina, pouco úmida; 1,1 a 1,2 m solo siltico-arenoso, escuro, pouco plástico, úmido (possível camada de turfeiras). O NA não foi detectado no furo S05.

Furo de Sondagem S06:

A sondagem S06 foi executada no limite sul da área, no interior de uma drenagem com aproximadamente 1 metro de profundidade em relação ao nível do solo e sem indícios de umidade aparente. As fotos da Figura 92 mostram mais detalhes do local e do furo de sondagem S06.





Figura 92: Furo de sondagem S06 e perfil de solo no local.

Fonte: Levantamento de Campo, 2018.

O perfil de solo encontrado com a sondagem S06 é o seguinte: 0 a 0,4 m areia fina, cinza claro, sem umidade; 0,4 a 0,7 m solo siltoso, amarelo, plástico, pouco úmido; 0,7 a 1,2 m solo siltoso, variegado, vermelho, cinza e amarelo, plástico, pouco úmido. Mesmo em um ponto com maior profundidade em relação ao nível natural do terreno, o NA não foi encontrado, o que mostra que o lençol freático se encontra a pelo menos 2 metros de profundidade neste local.

Os dados referentes ao local, tipo de solo e profundidade do NA nos Furos S01 a S06 da área sul encontram-se na Tabela 57.

Tabela 57: Dados das sondagens realizadas na área sul.

Nome	Coordenadas (UTM SIRGAS 2000)		Solo predominante	Prof. NA (m)	Altitude (m)
	X	Y			
Furo S01	561140	6640254	0-0,4m: Areia fina, seca; 0,4-1,0m: areia média a fina, umidade aumentando com a profundidade; 1,0-1,20m: areia muito fina a siltosa, escura, úmida e plástica (turfa);	NE	10
Furo S02	561040	6640069	0,0-0,5m: areia fina, cinza escura, pouco úmida; 0,5-1,0m: silte, plástico, variegado cinza e amarelo; 1,0-1,20 m: areia fina a muito fina, cinza, úmida.	NE	13

Nome	Coordenadas (UTM SIRGAS 2000)		Solo predominante	Prof. NA (m)	Altitude (m)
	X	Y			
Furo S03	560907	6639911	0,0-0,3m: areia fina, cinza claro; 0,3-1,0m: areia muito fina a siltosa, amarelo escura, pouco úmida; 1,0-1,30m: areia fina, amarela, pouco úmida.	NE	18
Furo S04	561151	6640002	0,0-0,20m: areia fina, cinza claro; 0,20-0,50m: areia amarela, fina; 0,50-0,80m: areia fina, marrom; 0,80-1,20m: areia fina, marrom, pouco úmida.	NE	20
Furo S05	561395	6640094	0,0-0,50m: areia fina a muito fina, cinza claro; 0,50-1,10m: areia fina a muito fina, cinza claro, pouco úmida; 1,10-1,20m: solo siltico-arenoso, marrom, úmido, pouco plástico, odor de matéria orgânica (turfa?).	NE	22
Furo S06	561205	6639757	0,0-0,40m: areia fina, cinza claro; 0,40-0,70m: silte, amarelo, plástico, pouco úmido; 0,70-1,20m: silte, variegado cinza, vermelho e amarelo, plástico, pouco úmido.	NE	22

* NE: Não Encontrado (o nível d'água - NA). Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Como mostram os resultados das sondagens na área sul, o solo varia de granulometria areia fina a areia siltosa, geralmente com coloração cinza, variando pouco entre coloração branca e variegada. Nos furos S01 e S05 foram identificadas, nas camadas próximas a 1,20m solos plásticos, escuros, com odor de matéria orgânica, que podem representar camadas de turfas, desta metragem para maiores profundidades, o que não pode ser constatado pela limitação do aparelho utilizado.

Considerando que em nenhum dos seis pontos foi detectado o NA, mesmo que as perfurações tenham sido realizadas em profundidades entre 0,5 a 1m abaixo do nível superficial do solo, pode-se concluir que o lençol freático se encontra pelo menos abaixo da profundidade de 1,5 m.

Confrontando as informações de coeficiente de permeabilidade para solos arenosos de granulometria fina ($k = 10^{-3}$ cm/s) a areno siltosos ($k = 10^{-4}$ a 10^{-7} cm/s) tipo de solo predominante na área sul, em um pacote sedimentar de pelo menos 1,5 m de profundidade, classifica-se esta área, segundo este fator, como de aptidão média (Tabela 58).

Tabela 58: Classificação da área sul segundo o parâmetro “Tipo de solo e Profundidade do N A”.

<i>Profundidade do N. A.</i>	Classificação	Pontuação
Profundidade < 1,5 m	Aptidão Mínima	
Profundidade > 1,5 m ≤ 3,0 m	Aptidão Média	2
Profundidade > 3,0 m	Aptidão Máxima	

7.4 Resultados da Classificação e Comparações entre as Áreas

A fim de melhor entender o resultado da classificação de cada área e realizar comparações entre as três áreas avaliadas, foram inseridas as classificações de cada uma em uma única tabela, mostrada a seguir (Tabela 59).

Tabela 59: Síntese dos resultados de cada área para os onze itens avaliados.

Item	Parâmetro	Área	Classificação	Pontuação
1	Distanciamento de núcleos habitacionais	NORTE	Aptidão Mínima	1
		CENTRO	Aptidão Máxima	3
		SUL	Aptidão Média	2
2	Acesso Rodoviário	NORTE	Aptidão Máxima	3
		CENTRO	Aptidão Máxima	3
		SUL	Aptidão Mínima	1
3	Áreas de Preservação Permanente – APP’s	NORTE	Aptidão Mínima	1
		CENTRO	Aptidão Máxima	3
		SUL	Aptidão Média	2
4	Percentual de Cobertura Vegetal Nativa	NORTE	Aptidão Máxima	3
		CENTRO	Aptidão Máxima	3
		SUL	Aptidão Máxima	3
5	Disponibilidade de Material de Cobertura	NORTE	Aptidão Média	2
		CENTRO	Aptidão Média	2
		SUL	Aptidão Média	2
6	Distância dos Centros Geradores de Resíduos	NORTE	Aptidão Máxima	3
		CENTRO	Aptidão Máxima	3
		SUL	Aptidão Máxima	3
7	Uso do Solo – Impedimentos Legais	NORTE	Aptidão Média	2
		CENTRO	Aptidão Média	2
		SUL	Aptidão Média	2
8	Direção Preferencial dos Ventos	NORTE	Aptidão Mínima	1
		CENTRO	Aptidão Máxima	3
		SUL	Aptidão Média	2
9	Pontos de Captação de Água para Abastecimento	NORTE	Aptidão Mínima	1
		CENTRO	Aptidão Máxima	3
		SUL	Aptidão Máxima	3

Item	Parâmetro	Área	Classificação	Pontuação
10	Impactos na Paisagem	NORTE	Aptidão Média	2
		CENTRO	Aptidão Média	2
		SUL	Aptidão Mínima	1
11	Tipo de Solo e Profundidade do Lençol Freático	NORTE	Aptidão Média	2
		CENTRO	Aptidão Média	2
		SUL	Aptidão Média	2
Pontuação Total por Área		NORTE		21
		CENTRO		29
		SUL		23

Como resultado final, tivemos a área central, com um somatório total de 29 pontos, como sendo a mais apta a receber um aterro sanitário para resíduos sólidos entre as três áreas avaliadas. Ela se destacou principalmente pelo distanciamento de núcleos populacionais em relação à direção preferencial dos ventos e à inexistência de APP's em seu interior e áreas próximas.

As áreas norte e sul ficaram com um somatório final de 21 e 23 pontos respectivamente, quase em empate técnico. A proximidade com residências abastecidas por poços artesianos, ventos predominantes em direção às residências, existência de APP de área úmida em seu limite nordeste e capões de mata nativa em seu interior fizeram com que a área norte tivesse a menor pontuação entre as três avaliadas.

Portanto, conforme os itens selecionados nesta fase de classificação a área central seria a mais apta a receber um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos na área de estudo, dentre as três áreas avaliadas.

8 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

É indiscutível a necessidade de se encontrar uma solução local para a disposição de resíduos sólidos urbanos no litoral norte do Rio Grande do Sul. Como já destacado, o único aterro sanitário que recebe resíduos de outros municípios da região é o aterro sanitário de Tramandaí, operado pela empresa Nordeste Ambiental, e que desde 2016 funciona com uma licença de operação emergencial. Segundo a empresa Nordeste Ambiental, a FEPAM-RS informou que não renovará sua licença de operação e que as atividades do aterro devem ser encerradas gradativamente. Até o ano de 2016 este aterro recebia resíduos de 14 municípios, sendo 11 deles do litoral norte e três da região nordeste do Planalto Vulcânico. Atualmente, alguns desses municípios já estão enviando seus resíduos para o aterro sanitário de Minas do Leão, distante pelo menos a 200 km do litoral norte. O município de Torres envia seus resíduos para um aterro sanitário localizado no município de Araranguá, Santa Catarina distante aproximadamente 60 km. A alegação principal da FEPAM-RS para não renovação da licença de operação do aterro sanitário de Tramandaí é a profundidade insuficiente entre a cota superficial do terreno na área das células e o lençol freático (apesar do erguimento artificial das cotas por aterramento).

Outra pauta a ser considerada é a necessidade de investimento, por parte dos municípios, visando a diminuição de rejeitos enviados para aterros sanitários. É imprescindível que, mesmo que não disponham de áreas para instalação de aterros sanitários, estes invistam em educação ambiental, instalação e orientação da população em relação à coleta seletiva, separação dos resíduos já nas residências, e também busquem outras alternativas antes da destinação final, como áreas de transbordo com central de triagem, e até mesmo a instalação de Centrais de Tratamento de Resíduos Sólidos, enviando à destinação final apenas o rejeito realmente não aproveitável.

Ressalta-se que nem todas as áreas aptas disponíveis após a fase de pré-seleção foram avaliadas, uma vez que não havia condições técnicas, financeiras e de cronograma para tal. Ainda, que a proposta de pesquisar as áreas tinha como objetivo determinar se de fato é possível legal e tecnicamente instalar um aterro sanitário de resíduos sólidos na região do litoral norte gaúcho, visto ser de extrema importância, tanto ambiental como financeira.

Buscando áreas com subsolo argiloso ou siltoso, que pudessem ser considerados aptos conforme a norma NBR 13896/1997, conclui-se que estes encontram-se em áreas já excluídas durante o processo de pré-seleção, por conta de alguma limitação legal imposta ou com acesso proibido, durante os levantamentos de campo. Em relação a esse assunto, cabem algumas reflexões acerca da fase de pré-seleção de áreas e dos impedimentos legais utilizados.

Sobre a Profundidade do Lençol Freático (NA) Identificada Durante as Sondagens

A Norma NBR 13.896/1997 (Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação) aponta a necessidade da existência de um pacote sedimentar com no mínimo 1,5 metro, entre o lençol freático e o nível superficial do terreno, assim como de solos com coeficiente de permeabilidade igual ou inferior a 10^{-4} (siltes e/ou argilas).

Os levantamentos de campo mostraram que, das áreas que restaram possivelmente aptas para receber um aterro sanitário, a maioria possui um pacote sedimentar predominantemente composto por areias finas a muito finas, ou seja, com coeficiente de permeabilidade superior a 10^{-4} , o que inviabilizaria a instalação de aterros sanitários nessas áreas, caso esta norma jurídica seja seguida rigorosamente.

Por outro lado, também se conclui que existem áreas com nível do lençol freático com a profundidade mínima indicada pela norma, uma vez que mesmo perfurando 1,2 m em locais com até um metro de profundidade não foi identificado o NA (caso da área sul), ou seja, se alcançou a profundidade mínima indicada de 1,5 m sem atingir o lençol freático.

As sondagens realizadas nas três áreas avaliadas constataram que o lençol freático de todas as áreas se encontra abaixo da profundidade de 1,5 metros, porém não foi possível avaliar profundidades maiores, seja pela falta de dados secundários (poços artesianos cadastrados no sistema SIAGAS-WEB) próximos, seja pela limitação do aparelho utilizado. Ainda, cabe ressaltar que não foram consideradas variações no NA devido à pluviosidade e ocupação do solo nas áreas avaliadas, ainda que se tenha ciência que as atividades de silvicultura possam influenciar no nível do lençol freático local. Uma avaliação mais aprofundada do NA nesses locais, com medições periódicas de NA e correlação com períodos de pluviosidade mostraria com maior assertividade este dado, porém se torna inviável técnica e financeiramente para o estudo ora apresentado. Dessa forma, para fins de classificação neste estudo tomaram-se as profundidades identificadas nas sondagens como estáticas.

Sobre o Distanciamento de Aeródromos

Conforme a diretriz legal (Lei Federal nº 12.725/2012) foi estabelecido que as áreas em um raio de 20 km a partir do centro de qualquer aeródromo seriam excluídas do processo de pré-seleção. Ao longo da área de estudo foram identificados 06 aeródromos, distribuídos entre Mostardas e Torres, os quais, juntos, foram responsáveis pela exclusão automática de 454.160 hectares, o que consiste em aproximadamente 62% da área total pesquisada (área total = 732.584,7 hectares).

Uma vez que nenhum destes aeródromos recebe voos comerciais regulares, sendo utilizados como escolas de aviação e/ou uso particular para pouso e decolagem de pequenas aeronaves, cabe o

questionamento se não seria possível flexibilizar a limitação de 20 km de seu entorno como Área de Segurança Aeroviária. Uma possível diminuição do raio de 20 km de entorno poderia significar a possibilidade de alocação de aterros com o perfil legalmente indicado em alguma área previamente excluída e que apresente as demais características desejadas.

Sobre o Distanciamento de Unidades de Conservação da Natureza

Já a pré-seleção com base no distanciamento mínimo para unidades de Conservação da natureza baseou-se nos parâmetros mais conservadores da lei, mantendo uma distância de 10 km no entorno de qualquer unidade de conservação, seja ela uma unidade de proteção integral ou de uso sustentável. Isso fez com que 339,4 mil hectares (ou 46% da área total) fossem automaticamente excluídos do processo de pré-seleção, incluindo principalmente as encostas e vales dos morros existentes na transição litoral-planalto, áreas onde provavelmente se encontrariam terrenos com os pacotes sedimentares com o coeficiente de permeabilidade indicado pela NBR 13.896/1997.

Cabe então a reflexão se o distanciamento de 10 km de unidades de conservação de uso sustentável seria realmente necessário, visto que o próprio conceito de “aterro sanitário” implica em práticas sustentáveis para uma atividade potencialmente poluidora. Talvez essa restrição pudesse ser flexibilizada e compensada com um maior rigor em relação à instalação e operação de um aterro sanitário em áreas próximas a unidades de conservação de uso sustentável, inclusive porque muitas vezes estas funcionam como áreas de transição entre um ambiente dedicado exclusivamente à preservação e às áreas ocupadas no seu entorno.

Considerando as restrições anteriormente citadas, e as demais utilizadas para pré-seleção e exclusão de áreas, restou algo em torno de 17% do total da área de estudo para ser avaliado e classificado, mostrando a sensibilidade dos parâmetros do meio no litoral norte para fins de urbanização e mesmo para instalação de obras de saneamento, tão necessários para o desenvolvimento de qualquer região.

É necessário que os órgãos responsáveis pela fiscalização e pelo ordenamento do território tenham a sensibilidade e a visão global do ambiente, não se mantendo meramente restritivos, a fim de que se possa compatibilizar o crescimento da região do litoral norte com as necessidades de existência de infraestrutura mínima que garanta a saúde da população, e isso inclui primordialmente o saneamento básico. A qualificação técnico-científica nas diversas áreas do conhecimento, incluindo nelas o aprimoramento das análises geográficas expostas nesta pesquisa, nos mostra diariamente a possibilidade de adequação e construção segura de estruturas para a ocupação ordenada, nos mais variados ambientes.

Finalmente, avaliamos que os custos ambientais e financeiros para o transporte dos resíduos do litoral norte até o aterro sanitário existente no município de Minas do Leão podem levar a um colapso na disposição de resíduos, por um lado diminuindo a vida útil do aterro com esta sobrecarga e, por outro, onerando ainda mais as finanças dos municípios, que terão que repassar à população os custos do transporte dos resíduos para essas distâncias, além dos riscos ambientais ocasionados por este transporte, em caso de acidentes.

Neste sentido, considera-se que o debate técnico-científico está em aberto, tanto pela necessidade exponencial da disposição de resíduos sólidos como pelas normas técnicas relativas à proposição de aterros sanitários controlados e os avanços técnicos para o isolamento de áreas com esta finalidade.

Algumas conclusões pontuais, sob o ponto de vista operacional dessa pesquisa:

- 1) O arquivo *shapefile* de jazidas minerais disponibilizado no SIGMINE-WEB do DNPM está desatualizado e com informações equivocadas. Não apresenta a fase dos processos do ano de 2017 em diante e/ou muitas vezes a substância informada na coluna “subs” não condiz com o mineral extraído, conforme dados do processo minerário.
- 2) As imagens de satélite georreferenciadas disponibilizadas nos *softwares* ArcMap e QuantumGIS estão desatualizadas em relação às imagens disponibilizadas no *software* Google Earth. Isso fez com que a análise e interpretação de imagem de satélite, bem como algumas operações de geoprocessamento, fossem executadas no Google Earth, em detrimento do uso dos *softwares* SIG.
- 3) A altitude acusada, tanto no GPS quanto no Google Earth, nas áreas central e sul, apresentaram uma diferença grande em relação às áreas próximas (diferença aproximada de 13 metros em relação ao entorno). Possivelmente a altimetria dos aparelhos considera a resposta espectral da vegetação (copa das florestas) para calcular a altitude e, dessa forma, apresenta essa diferença em relação à altitude real do terreno.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5.422: **Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.** 57 pgs. 1985.
- NBR 6.484: **Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio.** 17 pgs. 2001.
- NBR 8.419: **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.** 7 pgs. 1992.
- NBR 10.004: **Resíduos sólidos – Classificação.** 77 pgs. 2004.
- NBR 10.006: **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.** 7 pgs. 2004.
- NBR 10.007: **Amostragem de Resíduos Sólidos.** 25 pgs. 2004.
- NBR 13.896: **Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.** 12 pgs. 1997.
- NBR 15.849: **Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.** 24 pgs. 2010.
- AB’SABER, A. N. **Um Conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário.** In: Geomorfologia. n.18. São Paulo: IGEOG/USP, 1969.
- ALANBARI, M. A.; AL-ANSARI, N.; JASIM, H. K. **GIS and Multicriteria Decision Analysis for Landfill Site Selection in Al-Hashimiyah Qadaa.** In: *Natural Science*, 2014, n° 6, p. 282-304.
- ALIANÇA GLOBAL, 2003. **Relatório para Alternativas às Incineradoras/Aliança Global Anti-incineradoras (Gaia) 2003.** Elaborado por Neil Tangri, Essential Action, USA. Disponível em 25/04/2014 em: <http://www.portalresiduossolidos.com/incineracao-de-residuos-uma-tecnologia-desaparecer>.
- ALMEIDA, F. F. M. de. 1969. **Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira:** Anais XXIII Congresso Brasileiro de Geologia. p. 29–46.
- AMARO, Aurélio Bandeira & VERDUM, Roberto (org.) **Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas Interfaces com o espaço geográfico: entre conquistas e desafios.** Porto Alegre: Editora Letral; 2016. p. 9-10.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **SIGEL - Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico.** Mapas e Informações Geográficas do setor elétrico. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/informacoes-geograficas> / Acesso em fevereiro de 2017.
- ARROIO DO SAL, 2011. Lei número 2.037, de 08 de setembro de 2011. **Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal e o Sistema de Planejamento e Gestão do Desenvolvimento** e Lei número 2.169, de 16 de outubro de 2013, que dá nova redação ao artigo 17 e aos anexos 02, 04 e 05.

Disponível em: <http://arriodosal.rs.gov.br/2017/02/08/plano-diretor-lei-2-0372011/> Acesso em fevereiro de 2018.

Atlas Eólico: Rio Grande do Sul / elaborado por Odilon A. Camargo. [et al.] e editado pela Secretaria de Energia Minas e Comunicações. Porto Alegre: SEMC, 2002. 70 p.: il. Mapas.

BITTENCOURT, D. M. A. **Permeabilidade e Fluxo Unidimensional em Solos**. Geotecnia – Aula 02. Apresentação de slides. 39 pg. Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17430/material/GEO_II_01_Percolacao%20e%20Fluxo%201D_1-2.pdf / acesso em 28/02/2018.

BRACK, P. Vegetação e paisagem do Litoral Norte do Rio Grande do Sul: exuberância, raridade e ameaças á biodiversidade. In: Norma Luiza Würdig; Suzana Maria F. de Freitas. (Org.). **Ecossistemas e biodiversidade do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre: Nova Prova. 2009

BIOTA-GEOM, 2013. **Avaliação Ambiental Preliminar – Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos**. Nordeste Ambiental Ltda. Tramandaí/RS. 16 pg.

----- 2016. **Relatório Operacional Trimestral – Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos**. Nordeste Ambiental Ltda. Tramandaí/RS. 20 pg.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 428/2010 - "Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3° do artigo 36 da Lei n° 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências" - Data da legislação: 17/12/2010 - Publicação DOU n° 242, de 20/12/2010, pág. 805.

-----Resolução CONAMA N° 237/1997 - **Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental**. Publicada no DOU n° 247, de 22 de dezembro de 1997, Seção 1, 9 pgs. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237> acesso em dezembro/2017.

-----Resolução ANATEL n° 686/2017. “**Revogar Normas e Regulamentos Técnicos de Certificação de Produtos para Telecomunicações**”. Publicado no DOU em: 16/10/2017. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2017/952-resolucao-686#art1> acesso em março/2018.

----- Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

----- IBGE, CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características da população: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>. Acesso em Fevereiro, 2018.

----- IBGE CIDADES, 2016. **Estimativa da população 2016**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/fontes.php?lang=>

----- Lei Federal nº 12.305/2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos;** altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

----- Lei Federal nº 6.766/1979. **Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.**

----- Lei Federal nº 9.985/2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, **institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza** e dá outras providências.

----- Lei Federal nº 11.934/2009. **Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos;** altera a Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965; e dá outras providências.

----- Lei Federal nº 12.651/2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa;** altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm Acesso em agosto/2016.

----- Lei Federal nº 12.725/2012. **Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12725.htm acesso em setembro/2017.

CALIJURI, M. L. e LORENTZ, J. F. 2003. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas.** (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila). 57 pg. Il.

CALLIARI, L. R.; PEREIRA, P. S.; DE OLIVEIRA, A. O.; FIGUEIREDO, S. A. **Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil.** Gravel, Porto Alegre, v. 3, n. 15, p. 15-30, 2005.

CAMARGO, A. P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo.** Campinas: IAC, 1971. 28p. (Boletim Técnico, 116).

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. **Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather.** Bragantia, Campinas, v.52, p.169-172, 1993.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações.** Rio de Janeiro: LTC, 6ª edição, 1996. 234p.

CASSETI, V. **Abordagem sobre os estudos do relevo e suas perspectivas (Notas Preliminares).** Anais do I Simpósio Nacional de Geomorfologia. Rev. Sociedade & Natureza. Uberlândia, ano 3, n. 15, p. 37-43, jan/dez, 1996.

CASTRO, D. de & MELLO, R. S. P. 2013. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.** Porto Alegre: Ed. Via Sapiens. 180 pg. il. Vários autores.

Classificação climática de Köppen-Geiger Source: <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?oldid=16801300> Contributores: Alchimista, Angrense, DCandido, Dante Raglione, Darwinius, Fasouzafreitas, Felipe Menegaz, Heitor C. Jorge, Juntas,

LeonardoG, Manuel Anastácio, Marcelo-Silva, Ne8rd, OS2Warp, PatríciaR, Ramonne, Reynaldo, SangeYasha, 41 edições anônimas.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**, Escala 1:750.000. Porto Alegre, 2008.

CPRM/SIAGAS. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. Acessado em: 20/09/2016. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>

DAER-RS. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul. **Normas de Projetos Rodoviários**. Volume 1. Porto Alegre, fevereiro de 1991. 139 p.

DMLU, 2013. Departamento Municipal de Limpeza Urbana. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Porto Alegre**. PMGIRS; Volume 1 – Diagnóstico e Prognóstico. Porto Alegre. 363 pg.

DNIT – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Normas para Projetos de Estradas de Rodagem**. Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro/BRASIL. Serviço de Publicações. 1973. 26p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.: Il.

FEAM, 2006. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações Básicas para a Operação de Aterro Sanitário**. / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2006. 36p.: il.

FEE, 2015. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. **Lista de COREDES em 2015**. Disponível em: <https://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/> Acesso em setembro 2016.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Hoessler. **Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte - Livro Digital**. In: Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental nº 1. FEPAM-RS, 2000. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/zee/> acesso em dezembro/2017.

-----2016. **Reunião ordinária para renovação da licença ambiental de operação do Aterro Sanitário Loreno Schenkel - Tramandaí/RS**. Sede da FEPAM-RS, Porto Alegre, Outubro/2016.

FRÉSCA, F. R. C.; **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos-SP. 2007. 134 p. il.

GERCO. **Programa de Gerenciamento Costeiro**. 1988. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br>. Acesso em: 16 set. 2016.

GUASSELLI, L. A.; SALDANHA, D. L.; SUERTEGARAY, D. M. A.; DUCATI, J. R.; FONTANA, D. C. **Macrozoneamento do Estado do Rio Grande do Sul**. In: Pesquisas em Geociências, 33 (1): 3-11, 2006. Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre, RS – Brasil.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

IBGE, [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. 2000. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – Lixo coletado em Porto Alegre**. IBGE, 2000. Rio de Janeiro. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coleta.do110.shtm/ Acesso em fevereiro/2018.

----- **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 2012.

INMET, 2016. Instituto Nacional de Meteorologia. **Balanco Hídrico e cálculo do valor do Excedente Hídrico pelo método de Thornthwaite**. Acessado em: 08/2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/balancoHidricoClimatico>.

JUSTUS, A.R.M. 1986. **Uso potencial da terra. Capacidade de uso dos recursos naturais renováveis**. Pp. 633-696. In: IBGE. Levantamento de recursos naturais 33. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JÚNIOR, W.; CARVALHO FILHO, A. **Cerrados: solos, aptidão e potencialidade agrícola**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. Anais... Goiânia, 1992. p.1-31.

KÖPPEN, W. 1931. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica.

LEITE, P.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Sul**. v. 2. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990.

LIMA, Gisele Sant'anna de Lima; GUIMARÃES, Lucy Teixeira. **Metodologia para seleção de áreas para implantação de aterro sanitário municipal**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, 2001.

LIXO. In: **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa** [em linha], 2008-2013, <https://www.priberam.pt/dlpo/lixo> [consultado em 24-02-2017].

LEPSCH, I.F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário de meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographic Information Systems and Science, 2nd edition**. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England. 2005. 537 pg.

MACHADO, G. B. **Tratamento de lixo com tecnologia de Plasma**. In: Portal de Resíduos Sólidos. Artigo publicado em 11/06/2013. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/tratamento-de-lixo-com-tecnologia-de-plasma/> Acesso em agosto de 2016.

----- **Aterro Sanitário.** *In:* Portal de Resíduos Sólidos. Artigo publicado em 18/06/2013. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/tratamento-de-lixo-com-tecnologia-de-plasma/> Acesso em agosto de 2016.

----- **Compostagem.** *In:* Portal de Resíduos Sólidos. Artigo publicado em 29/11/2013. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/compostagem/> Acesso em agosto de 2016.

----- **Incineração de resíduos – uma tecnologia a desaparecer.** *In:* Portal de Resíduos Sólidos. Artigo publicado em 25/04/2014. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/incineracao-de-residuos-uma-tecnologia-desaparecer/> Acesso em agosto de 2016.

MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F. & RHIND, D.W. (1991). *Geographical information systems: principles and applications* (2 vols), Logman, London. Disponível em: <http://www.wiley.com/legacy/wileychi/gis/volumes.html>

MANCINI, S. D. 2016. **Dimensionamento de Aterros Sanitários.** Universidade Estadual Paulista – UNESP. Disciplina de Manejo de Resíduos Sólidos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba – UNESP. 13 p.

MARQUES, Marília Daher. **Seleção de área para implantação do aterro sanitário simplificado [manuscrito]: estudo de caso para o município de Guapó – GO** / Marília Daher Marques. - 2011. 63 pg. il. Figs. Tabs.

MARTONS, L. R. 1967. **Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.** Publicação Especial da Escola de Geologia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 13, 102 p.

MAT, Nur Azriati; BENJAMIN, Aida Mauziah; ABDUL-RAHMAN, Syariza e WIBOWO, Antoni. *A Framework For Landfill Site Selection Using Geographic Information Systems and Multi Criteria Decision Making Technique.* *In:* The 4th International Conference on Quantitative Sciences and Its Applications (ICOQSIA 2016). Disponível em: <http://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4966078>. Acesso em fevereiro, 2017.

MEJIA, C. A. Z.; CASTAÑEDA, F. A. M.; VARELA, P. A. M. (2012). *A Methodology for Landfill Location Using Geographic Information Systems: A Colombian Regional Case.* *In:* Ingeniería e Investigación, Vol. 32, nº 1, pp. 64-70. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingeninv/article/view/28527/28826/> Acesso em Agosto 2016.

MENDES, L. R. T. 2012. **Emissão e Controlo de Odores em Aterros Sanitários.** Departamento de Ambiente e Ordenamento. Universidade de Aveiro. Portugal. Dissertação de Mestrado. 115 p. il.

MENEGAT, R.; FERNANDES, L. A. D.; KOESTER, E. & SCHERER, C. M. S. 1998. **Porto Alegre antes do homem: evolução geológica.** *In:* Atlas Ambiental de Porto Alegre (Menegat, R.; Porto, M. L.; Carraro, C. C. & Fernandes, L. A. D., coords.). Porto Alegre: UFRGS/PMPA/INPE.

MOHR, L. V. BICA, V. J. e PORTO, M. L. Uso do Sistema de Informações Geográficas (G.I.S. - Software PC ARC/INFO) em Avaliação Ambiental. L.V. Mohr; V.J. Bica; M.L. Porto (orientadora).

In: Salão de Iniciação Científica (1994 out 06-10: Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS/PROPESQ, 1994.

MOURA, N. S. V. *Et al.* “**Litoral norte do estado do Rio Grande do Sul: indicadores socioeconômicos e principais problemas ambientais**”. *In: Desenvolvimento e Meio Ambiente.* n. 13. Editora UFPR, 2006, p. 99-124.

PITZ, J. C. e FIGUEIREDO, D. de; **Sistemas de Informações Geográficas.** Artigo Científico. Centro de Ciências Agrárias – CCA, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2001. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~j.barreto/trabaluno/ICCPitz20011.pdf> acesso em setembro/2017.

PROFILL. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí: Revista.** Disponível em: http://www.profill.com.br/22http://www.profill.com.br/wp-content/themes/profill/downloads/revista_v_09-05-05.pdf/

PROGRAMA DE GERENCIAMENTO COSTEIRO DO RIO GRANDE DO SUL – GERCO
Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/programas/programa_gerco.asp escala 1:100.000.

PROJETO RADAMBRASIL/IBGE. **Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

PUCCI, F. G. **Biometanização da fração orgânica do resíduo sólido urbano: Uma revisão do estado da arte.** Trabalho de Conclusão de curso. Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos - SP, Brasil, 2013.

RAMBO, B. 1950. **A porta de Torres.** Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues. Vol. 2. p.125-136.

RESÍDUO. *In: Dicionário Priberam da Língua Portuguesa* [em linha], 2008-2013, <https://www.priberam.pt/dlpo/res%C3%ADduo> [consultado em 24-02-2017].

RIO GRANDE DO SUL. **Diagnóstico da dinâmica social da Bacia do Rio Tramandaí.** Porto Alegre: Secretaria Estadual do Meio Ambiente/ Departamento de Recursos Hídricos/ Profill Engenharia e Ambiente, 2004b.

----- **Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte – RS. Zoneamento Ecológico-Econômico e Proposta de Enquadramento dos Recursos Hídricos.** Porto Alegre; GERCO-FEPAM, 2000 (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), 96 p. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/zee/> acesso em agosto/2017

----- Lei Estadual nº 11.520 de 03 de agosto de 2000. **Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.**

----- **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.** Rio Grande do Sul: Comitê da Bacia do Rio Tramandaí, 2005.

SALES, E. M.; DOS SANTOS, J. C. M.; DA COSTA, A. B.; LISBOA, V. N. F.; DE MEDEIROS, A. M. **Odores Provenientes de Graves Problemas Ambientais.** *In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química.* Artigo Científico. Florianópolis, SC. 2014. 8 p.

SANTOS, J. S. dos. **Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete.** In: Salão de iniciação Científica (18: 2006: Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C. & ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5ª ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 92p.

SCHWARZBOLD, A. & SCHÄFER, A. 1984. **Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil.** Amazoniana, v. 9, n. 1, pp. 87-104.

SIDDIQUI, M. Z., EVERETT J. W., VIEUX, B. E.; **Landfill Siting Using Geographic Information Systems: A Demonstration.** Journal of Environmental Engineering. p.515 – 522. Junho, 1996.

SILVA, C. R. da. **Áreas potenciais para o aterro de resíduos sólidos industriais classe II A: o caso do município de Osório/RS.** Dissertação de mestrado. Porto Alegre. UFRGS/ POSGea, 2011. 182 p. Il.

SOLO ARQUITETURA. 2013. Relatório Técnico 1178-15/2013 – **Ensaio de Permeabilidade de Solos.** Xangri-lá. 30 pg.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS; 2008.

STROHAECKER, Tania Marques. 2007. **A urbanização no Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa.** Tese de Doutorado. IGEO/UFRGS.

SUERTEGARAY, D. M. A.; FUJIMOTO, N. S. V. M. Morfogênese do relevo do Rio Grande do Sul. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (Orgs.). **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, p.11- 26, 2004.

TAGLIANI, C. R. A. **Avaliação socioeconômica e ambiental para localização de aterros sanitários regionais na zona sul do Rio Grande do Sul, com auxílio de técnicas de geoprocessamento.** In: AMARO, Aurélio Bandeira & VERDUM, Roberto (orgs.) Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas Interfaces com o espaço geográfico: entre conquistas e desafios. Porto Alegre: Editora Letra1, 2016, p. 157-170.

TAJIRI, C. A. H. & POTENZA, J. L. **A problemática dos resíduos da construção civil e o Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos – SIGOR.** In: AMARO, Aurélio Bandeira & VERDUM, Roberto (orgs.) Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas Interfaces com o espaço geográfico: entre conquistas e desafios. Porto Alegre: Editora Letra1, 2016, p. 90-100.

TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A.L.R. Vegetação. In: **Levantamento dos recursos naturais.** Rio de Janeiro: IBGE. 1986.33: 541-632 p.

TOMAZELLI, L. J. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul – com ênfase no sistema eólico.** 1990. Tese

(Doutorado em Geociências). Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.

TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. “**O Cenozóico Costeiro do Rio Grande do Sul**”. In: HOLZ, M & DE ROS, L. F. Geologia do Rio Grande do Sul. 2000. p. 375-406.

TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. **Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do Estado de São Paulo**. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, João Pessoa, 2001.

VERDUM, R. **Perceber e Conceber Paisagem**. In: Verdum, Roberto; Vieira, Lucimar dos Santos, Pinto, Bruno Fleck & Silva, Luis Alberto Pires da (org.). Paisagem: leituras, significados e transformação. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2012

VIERO, A. C. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul** / Organização Ana Cláudia Viero [e] Diogo Rodrigues Andrade da Silva. – Porto Alegre: CPRM, 2010. 250 p.; 30 cm + 1 DVD-ROM.

VILLWOCK, J. A. “**A Costa Brasileira: Geologia e Evolução**”. In: Notas Técnicas 7. Porto Alegre: 1994. p. 38-49.

WAGNER, L. F.; PEDROSO, K. Disposição de Resíduos das Estações de Tratamento de Água. **ÁGUA**. Artigo Publicado na Revista TechnoEng - Volume 1, nº 9. Faculdades Ponta Grossa. Julho-Dezembro/2014. 16 p.

WALDMAN, M. **Recursos hídricos, resíduos sólidos e matriz energética: notas conceituais, metodológicas e de gestão ambiental**. In: AMARO, Aurélio Bandeira & VERDUM, Roberto (orgs.) Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas Interfaces com o espaço geográfico: entre conquistas e desafios. Porto Alegre: Editora Letra 1, 2016, p. 59-70.