

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TECNOLOGIA AMBIENTAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**

JULIANA BILUCA

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DE ÁREAS DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM FRANCISCO BELTRÃO - PR**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2017

JULIANA BILUCA

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DE ÁREAS DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM FRANCISCO BELTRÃO - PR**

Dissertação apresentada como requisito obrigatório para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Claudinei Rodrigues de Aguiar

Coorientador: Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni

PATO BRANCO

2017

B599m Biluca, Juliana.
Mapeamento e análise de áreas de destinação de resíduos da construção civil em Francisco Beltrão - PR / Juliana Biluca. -- 2017.
187 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Claudinei Rodrigues de Aguiar
Coorientador: Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Pato Branco, PR, 2017.

Bibliografia: f. 175 - 187.

1. Lógica difusa. 2. Lixo - Eliminação. 3. Construção civil - Eliminação de resíduos. I. Aguiar, Claudinei Rodrigues de, orient. II. Tomazoni, Julio Caetano, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

CDD 22. ed. 624

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



TERMO DE APROVAÇÃO Nº 11

Título da Dissertação

“Mapeamento e análise de áreas de destinação de resíduos da construção civil em Francisco Beltrão - PR”

Autor

Juliana Biluca

Esta dissertação foi apresentada às 14 horas do dia 10 de outubro de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL– Linha de pesquisa em meio ambiente, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. A autora foi arguida pela Banca Examinadora abaixo assinada, a qual, após deliberação, considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Claudinei Rodrigues de Aguiar
UTFPR/AP
Presidente

Prof. Dr. Luciano Zanetti Pessoa Candiottto
UNIOESTE/Francisco Beltrão
Examinador

Prof. Dr. Marcelo Bortoli
UTFPR/FB
Examinador

Visto da Coordenação

Prof. Dr. Ney Lyzandro Tabalipa
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil- PPGEC

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPGEC

AGRADECIMENTOS

Início os agradecimentos a minha família, meus pais e meus dois irmãos, que sempre me apoiaram nos estudos mesmo sem a oportunidade de conhecer como é a vida acadêmica.

Em um segundo momento quero agradecer ao meu amor Douglas Alcindo da Roza que todos esses anos esteve ao meu lado, sempre aguentando, ou quase sempre, os momentos de stress, com amor e carinho.

Então, quero agradecer a quem me ajudou a plantar a semente para que esta dissertação acontecesse, a minha sempre orientadora e amiga Priscila Soraia da Conceição pelo incentivo em seguir a carreira acadêmica e pelo auxílio no projeto de pesquisa que me permitiu ingressar no Programa.

Agradeço ao meu orientador Claudinei Rodrigues de Aguiar que mesmo distante contribuiu para que o projeto pudesse se desenvolver e criar frutos, corrigindo cada palavra mal colocada.

Ao meu coorientador pela disponibilização de dados vetoriais, curvas de níveis e hidrografia, sem os quais os dias, semanas ou quiçá meses de edições seriam longos.

Agradeço a banca examinadora, Marcelo Bortoli e Luciano Z. P. Candioto pelas contribuições e pelo tempo dedicado a esta dissertação.

Não posso deixar de mencionar a Secretaria de Meio Ambiente de Francisco Beltrão pelo interesse no projeto, disponibilidade em prestar informações, bem como pelo fornecimento do veículo para que as visitas aos pontos de descarte de resíduos pudessem acontecer.

E por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação Araucária pelo auxílio financeiro na maior parte do tempo da realização deste projeto.

As demais pessoas que deixei de mencionar mas que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para que esta dissertação fosse concluída.

RESUMO

A crescente urbanização das cidades, com a construção de habitações e locais de trabalho, tem gerado impactos ambientais negativos devido à inadequada disposição dos resíduos de construção civil (RCC), acarretando em riscos para o meio ambiente e para a população. Conforme a legislação, a destinação adequada dos resíduos de construção é dependente da classe em que se enquadram. Para os resíduos Classe A, aqueles com possibilidade de reutilização ou reciclagem na própria construção civil, o destino adequado são as usinas de reciclagem ou os aterros de inertes, onde são reservados para usos futuros. A instalação desses empreendimentos deve seguir leis e normas para minimizar os impactos negativos. Assim sendo, o presente estudo teve por objetivo identificar e caracterizar as áreas de disposição inadequada de RCC no município de Francisco Beltrão - PR além de mapear locais adequados para a instalação de um aterro associado a uma usina de reciclagem de resíduos de construção. As áreas de descarte inadequado foram caracterizadas quanto ao tamanho, à situação, ao tipo de resíduo, o uso e ocupação do solo, à declividade, à distância a corpos hídricos e a rodovias. Esses dados foram normalizados com lógica *fuzzy* e tiveram pesos de importância estabelecidos com o processo analítico hierárquico (AHP), com isso pode-se realizar a combinação linear ponderada de diferentes critérios e a geração de dois índices, de degradação ambiental e de aproveitamento dos materiais. Para o mapeamento das áreas adequadas a destinação de RCC, foram analisados o tipo de solo, a declividade e o uso e ocupação do solo, além das distâncias a núcleos populacionais, a instituições de ensino e de saúde, a vias e rodovias e a hidrografia. Os dados também foram normalizados e tiveram pesos de importância estabelecidos para que pudessem ser combinados linearmente para a obtenção do mapa de aptidão. O programa utilizado para a manipulação de dados foi o ArcGis 10.0. O índice de degradação ambiental das áreas de descarte, identificou 30,42% de médio, 26,09% alto e 26,09% de baixo potencial de degradação, o restante possui valores intermediários. Já o índice de aproveitamento identificou que 56,25% das áreas tem alto, 25% tem baixo e 18,75% tem médio potencial de aproveitamento. O mapa de aptidão identificou aproximadamente 5 km² de áreas aptas, variando de baixa, média e alta aptidão.

Palavras-chave: Lógica *fuzzy*. Processo Analítico Hierárquico. Áreas aptas. Descarte inadequado de RCC.

ABSTRACT

The growing urbanization of cities, with the construction of homes and workplaces, has generated negative environmental impacts due to the inadequate disposal of construction waste (CW), resulting in risks for the environment and the population. According to the legislation, the proper destination of construction waste is dependent on the class in which they fall. For Class A waste, those with the possibility of reuse or recycling in the building itself, the appropriate destination is the recycling plants or landfills where they are reserved for future uses. The installation of these developments must follow laws and regulations to minimize the negative impact. Therefore, the present study aimed to identify and characterize the areas of inadequate disposal of CW in the municipality of Francisco Beltrão - PR, as well as to map suitable sites for the installation of a landfill associated to a construction waste recycling plant. The areas of inadequate disposal were characterized in terms of size, situation, type of waste, land use and occupation, slope, distance to water bodies and highways. These data were normalized with fuzzy logic and had weights of importance established with the Analytic Hierarchy Process (AHP), with which we can perform the weighted linear combination of different criteria and the generation of two indices, environmental degradation and material utilization. In order to map the appropriate areas to the CW, the soil type, slope and land use and occupation were analyzed, as well as distances to population centers, health and education institutions, roads and highways and hydrography. The data were also normalized and had weights of importance established so that they could be combined linearly to obtain the suitability map. The program used for data manipulation was ArcGis 10.0. The environmental degradation index of the disposal areas identified 30.42% of medium, 26.09% of high and 26.09% of low potential of degradation, the rest have intermediate values. On the other hand, the utilization index identified that 56.25% of the areas are high, 25% are low and 18.75% have a medium potential for use. The suitability map identified approximately 5 km² of apt areas, ranging from low, medium and high suitability.

Key words: Fuzzy logic. Analytic Hierarchy Process. Areas suitable. Inadequate disposal of RCC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Deposições irregulares, córregos e áreas de enchente em Santo André – SP	29
Figura 2 – Disposição irregular de resíduos de construção obstruindo vias públicas e a rede de drenagem urbana.....	30
Figura 3 – Área de <i>Bota-fora</i> em Jundiaí-SP	31
Figura 4 – Ficha cadastral para caracterização de <i>Bota-foras</i> em Criciúma - SC.....	34
Figura 5 - Acondicionamento dos resíduos de construção no canteiro de obras.....	42
Figura 6 – Exemplo de uma área de transbordo e triagem de RCC.....	44
Figura 7 – Eco ponto da cidade de São Luís - Maranhão	45
Figura 8 – Produtos utilizando como base resíduos de construção	46
Figura 9 – Usina de reciclagem de Estoril	49
Figura 10 - Usinas de reciclagem de resíduos de construção instaladas no Brasil até 2008....	51
Figura 11 – Usina de Recicláveis Sólidos Paraná (Usipar) em Almirante Tamandaré-PR.	52
Figura 12 – Aterro de inertes em Cascavel-PR	53
Figura 13 – Comparação entre dados matriciais e dados vetoriais.....	60
Figura 14 – Sobreposição de Planos de Informação	62
Figura 15 – Diferentes tipos da função <i>fuzzy</i> sigmoidal	65
Figura 16 – Diferentes tipos da Função J-Shaped	65
Figura 17 – Diferentes tipos da função linear	66
Figura 18 – Função <i>fuzzy</i> definida pelo usuário	66
Figura 19 – Atribuição de pesos na comparação pareada entre maçã, banana e cereja.....	68
Figura 20 – Matriz de comparação pareada entre banana, maçã e cereja	69
Figura 21 – Normalização dos dados da comparação entre maçã, banana e cereja	69
Figura 22 – Vetor de pesos de importância na comparação entre maçã, banana e cereja	70
Figura 23 – Cálculo do maior autovalor da matriz de julgamento	70
Figura 24 – Índice de Consistência Randômico	70
Figura 25 – Localização do município de Francisco Beltrão.....	73
Figura 26 - Precipitação média mensal (mm) para o município de Francisco Beltrão.....	74
Figura 27 - Local de disposição inadequada de RCC no Bairro Padre Ulrico.....	98
Figura 28 - Antiga lavra de basalto na comunidade Vila Lobos utilizada para o descarte inadequado de resíduos	99
Figura 29 – Locais de disposição de resíduos de construção civil em Francisco Beltrão ao longo dos anos.....	99
Figura 30 - Nivelamento de terrenos com RCC em Francisco Beltrão	100
Figura 31 – Central de Triagem de RCC da Engegreen na Vila Rio Tuna – Francisco Beltrão	101
Figura 32 – Descarte inadequado de resíduos de construção por transporte privado	101
Figura 33 – Uso e ocupação do solo do município de Francisco Beltrão - PR.....	103
Figura 34 – Declividade, em porcentagem, do município de Francisco Beltrão	105
Figura 35 – Hidrografia presente no município de Francisco Beltrão - PR.....	106
Figura 36 – Vias e rodovias do município de Francisco Beltrão - PR.....	107

Figura 37 – Zona rural e distritos do município de Francisco Beltrão - PR	108
Figura 38 – Estabelecimentos de saúde no município de Francisco Beltrão	109
Figura 39 – Instituições de ensino no município de Francisco Beltrão - PR	113
Figura 40 – Mapa de solos do município de Francisco Beltrão-PR	114
Figura 41 – Áreas de disposição inadequada de resíduos que apresentam-se inativas.....	116
Figura 42 - Ocupação irregular em antigo depósito de resíduos	117
Figura 43 - Áreas de disposição inadequadas com resíduos inertes.....	117
Figura 44 - Áreas de disposição inadequadas com resíduos inertes e não inertes.....	118
Figura 45 - Área de disposição na rua Peru, bairro Luther King.....	119
Figura 46 - Área de disposição inadequada da rua Marcelo Antônio, bairro Vila Nova.....	120
Figura 47 – Área de disposição inadequada na rua Verê, bairro Sadia - fim da rua	121
Figura 48 - Área de disposição rua Acre, bairro Pinheirinho - fim da rua.....	122
Figura 49 – Construção de habitações em local de disposição inadequada de resíduos.....	122
Figura 50 - Área de disposição na rua Osasco, bairro Pinheirinho	123
Figura 51 - Área de disposição inadequada na rodovia contorno norte - próximo ao trevo da Av. Júlio Assis Cavaleiro.....	124
Figura 52 - Área de disposição inadequada na Rodovia PR 180, km 04 - atrás do Toco comércio de bebidas	124
Figura 53 – Pontos de descarte inadequado de resíduos identificados em Francisco Beltrão	126
Figura 54 – Tamanho das áreas de disposição inadequada	127
Figura 55 – Padronização do tamanho das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental.....	128
Figura 56 – Padronização do tamanho das áreas de descarte para cálculo do índice de aproveitamento de materiais.....	129
Figura 57 – Situação das áreas de disposição inadequada	130
Figura 58 – Padronização da situação das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental	131
Figura 59 – Tipos de resíduos nas áreas de disposição inadequadas.....	132
Figura 60 – Padronização do tipo de resíduo das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental.....	133
Figura 61 – Padronização do tipo de resíduo das áreas de descarte para cálculo do índice de aproveitamento de materiais.....	134
Figura 62 – Uso e ocupação do solo das áreas de disposição inadequada de resíduos.....	135
Figura 63 – Padronização do uso e ocupação do solo das áreas de descarte inadequado para cálculo do índice de degradação ambiental.....	136
Figura 64 – Declividade, em porcentagem, das áreas de disposição inadequada de resíduos	137
Figura 65 – Padronização da declividade das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental.....	138
Figura 66 – Buffer de 200 m identificando áreas inadequadas a disposição de resíduos	139
Figura 67 – Localização das áreas de disposição inadequada de resíduos em relação aos corpos hídricos.....	140
Figura 68 – Padronização da distância a hidrografia das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental	141

Figura 69 – Áreas de alto e médio potencial de aproveitamento de resíduos em relação a distância a vias e rodovias.....	142
Figura 70 – Localização das áreas de descarte inadequado em relação a distância a vias e rodovias	143
Figura 71 – Padronização da distância a vias e rodovias das áreas de descarte para cálculo do índice de aproveitamento de materiais	144
Figura 72 – Índice de Degradação Ambiental de cada área de descarte inadequado	145
Figura 73 - Índice de Aproveitamento dos Materiais de cada área de descarte inadequado..	147
Figura 74 – Áreas aptas e inaptas quanto a distância a núcleos populacionais.....	148
Figura 75 – <i>Buffers</i> criados para análise da adequabilidade quanto a distância a núcleos populacionais.....	149
Figura 76 - Padronização das distâncias a núcleos populacionais para gerar o mapa de aptidão	150
Figura 77 – Áreas aptas e inaptas quanto a distância a estabelecimentos de saúde	151
Figura 78 - <i>Buffers</i> criados para análise da adequabilidade quanto a distância a estabelecimentos de saúde.....	152
Figura 79 - Padronização das distâncias a estabelecimentos de saúde para gerar o mapa de aptidão	153
Figura 80 - Áreas aptas e inaptas quanto a distância a instituições de ensino	154
Figura 81 - <i>Buffers</i> criados para análise da adequabilidade quanto a distância a estabelecimentos de ensino.....	155
Figura 82 - Padronização das distâncias a estabelecimentos de ensino para gerar o mapa de aptidão	156
Figura 83 – <i>Buffers</i> gerados para a delimitação das áreas aptas e inaptas em relação as vias e rodovias	157
Figura 84 - Áreas aptas e inaptas quanto a distância a vias e rodovias.....	158
Figura 85 - <i>Buffers</i> criados para análise da adequabilidade quanto a distância a vias e rodovias	159
Figura 86 - Padronização das distâncias a vias e rodovias para gerar o mapa de aptidão	160
Figura 87 - Áreas aptas e inaptas quanto a distância a corpos hídricos	161
Figura 88 - <i>Buffers</i> criados para análise da adequabilidade quanto a distância a corpos hídricos	162
Figura 89 - Padronização das distâncias a corpos hídricos para gerar o mapa de aptidão.....	163
Figura 90 - Padronização dos tipos de solos para gerar o mapa de aptidão	164
Figura 91- Padronização da declividade para gerar o mapa de aptidão.....	165
Figura 92 - Padronização do uso e ocupação do solo para gerar o mapa de aptidão.....	166
Figura 93 - Mapa de aptidão para a instalação de empreendimentos destinados a receber resíduos de construção civil	168
Figura 94 – Áreas aptas a instalação de empreendimentos de recepção de resíduos de construção civil próximas a área urbana.....	170
Figura 95 – Localização da Pedreira Motter em relação as áreas de aptidão.....	171

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados levantados para caracterização de <i>Bota-foras</i> na Argentina	32
Quadro 2 – Atribuição de valores entre 01 e 10 para a padronização das variáveis dos aspectos analisados no estudo de Picolo (2011).....	35
Quadro 3 – Atribuição de pesos com a técnica AHP aos aspectos analisados nos <i>Bota-foras</i> em Criciúma - SC.....	36
Quadro 4 – Comparação de critérios de localização definidos na NBR 15.113 constantes na NBR 13.896.....	54
Quadro 5 – Escala fundamental de números absolutos.....	68
Quadro 6 – Cartas do exército brasileiro utilizadas na vetorização das curvas de nível e corpos hídricos.....	77
Quadro 7 – Planilha para caracterização das áreas de disposição inadequada de RCC	80
Quadro 8 – Escolas estaduais no município de Francisco Beltrão	110
Quadro 9 - Escolas municipais no município de Francisco Beltrão.....	110
Quadro 10 - Escolas particulares no município de Francisco Beltrão	112
Quadro 11 – Instituições de nível superior no município de Francisco Beltrão	112
Quadro 12 – Locais de disposição inadequada de RCC identificados em Francisco Beltrão	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa coletada per capita de resíduos sólidos urbanos nas regiões do Brasil em kg/hab/dia no ano de 2014.....	23
Tabela 2 - Quantidade de RCC coletado pelos municípios no Brasil nos anos de 2014 e 2015	24
Tabela 3 – Quantidade de RCC coletado pelos municípios na Região Sul nos anos de 2014 e 2015.....	25
Tabela 4 – Provável geração per capita em kg/hab/dia de RCC no município de São Carlos.	25
Tabela 5 – Quantidade de resíduos de construção civil gerados por dez construtoras em Petrolina - PE.....	26
Tabela 6 - Quantidade de unidades de processamento de RCC com informações atualizadas dos municípios participantes do SNIS em 2014	40
Tabela 7 - Massa de resíduos totais recebidos pelas unidades de processamento de RCC em toneladas.....	41
Tabela 8 – Área necessária para a instalação de um usina de reciclagem de resíduos de construção em função da quantidade processada	50
Tabela 9 - Participação na operação, por tipo de operador, dos municípios participantes do SNIS em 2014, segundo tipo de unidade.....	51
Tabela 10 – Padronização da variável tamanho para cálculo dos dois índices	82
Tabela 11 – Padronização da variável situação para o índice de degradação ambiental	82
Tabela 12 – Padronização da variável tipo de resíduo para o índice de degradação ambiental	83
Tabela 13 – Padronização da variável tipo de resíduo para o índice de aproveitamento de materiais	84
Tabela 14 - Padronização da variável uso e ocupação do solo para o índice de degradação ambiental	84
Tabela 15 – Padronização da variável declividade para o índice de degradação ambiental	85
Tabela 16 – Padronização da variável distância a corpos hídricos para o índice de degradação ambiental	86
Tabela 17 – Padronização da variável distância a rodovias para o índice de aproveitamento de materiais	87
Tabela 18 – Padronização da variável distância de núcleos populacionais para o mapa de aptidão	89
Tabela 19 - Padronização da variável distância a estabelecimentos de saúde para o mapa de aptidão	90
Tabela 20 – Padronização da variável distância a estabelecimentos de ensino para o mapa de aptidão	90
Tabela 21 - Padronização da variável distância a vias e rodovias para o mapa de aptidão	91
Tabela 22 – Padronização da variável distância a corpos d’água para o mapa de aptidão	92
Tabela 23 – Valores dos índices de erodibilidade do solo (fator K) médio para os oito métodos de estimativas	92

Tabela 24 – Valores do fator de erodibilidade para a bacia do rio Catorze para oito amostras	93
Tabela 25 - Padronização da variável tipo de solo para o mapa de aptidão.....	93
Tabela 26 – Padronização da variável declividade para o mapa de aptidão	94
Tabela 27 – Padronização da variável uso e ocupação do solo para o mapa de aptidão	94
Tabela 28 – Área em m ² e % de cada classe de declividade em Francisco Beltrão - PR	104
Tabela 29 – Pesos de importância atribuídos a cada critério do índice de degradação ambiental	145
Tabela 30 – Pesos de importância atribuídos a cada critério do índice de aproveitamento de materiais	146
Tabela 31 – Quantidade, em porcentagem, de áreas aptas e inaptas em função do critério analisado.....	166
Tabela 32 – Pesos de importância atribuídos a cada critério para gerar o mapa de aptidão ..	167
Tabela 33 – Pesos de importância atribuídos a cada critério analisado por Biju (2015)	167

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo Geral	18
1.1.2 Objetivos Específicos	18
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	20
2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	22
2.3 IMPACTOS DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	27
2.4 DESTINAÇÃO INADEQUADA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO.....	31
2.5 DESTINAÇÃO ADEQUADA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO	39
2.5.1 Área de Transbordo e Triagem de RCC	41
2.5.2 Área de Reciclagem de RCC	45
2.5.3 Aterro de RCC	52
2.6 GEOTECNOLOGIAS	55
2.6.1 Sistemas de Informações Geográficas	57
2.7 FERRAMENTAS DE APOIO A DECISÃO	63
2.7.1 Técnica Delphi	63
2.7.2 Lógica Booleana	63
2.7.3 Lógica Fuzzy	64
2.7.4 Combinação Linear Ponderada (WLC)	67
2.7.5 Processo Analítico Hierárquico (AHP)	67
2.7.6 Estudos de localização com técnicas de suporte a decisão	71
3 METODOLOGIA	73
3.1 ÁREA DE ESTUDO	73
3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	75
3.3 MAPAS TEMÁTICOS.....	75
3.3.1 Uso e ocupação do solo	76
3.3.2 Declividade	76
3.3.3 Hidrografia	77
3.3.4 Vias e Rodovias	78
3.3.5 Núcleos populacionais	78
3.3.6 Estabelecimentos de ensino e de saúde	78
3.3.7 Tipos de solo	79
3.4 ÁREAS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADAS	79
3.4.1 Tamanho das áreas	81
3.4.2 Situação das áreas	82
3.4.3 Tipo de resíduos	83
3.4.4 Uso e ocupação do solo	84
3.4.5 Declividade	85
3.4.6 Hidrografia	85

3.4.7 Vias e Rodovias.....	86
3.4.8 Cálculo dos índices	87
3.5 ÁREAS DE DESTINAÇÃO ADEQUADAS	88
3.5.1 Núcleos populacionais	89
3.5.2 Estabelecimentos de ensino e de saúde	90
3.5.3 Vias e rodovias.....	91
3.5.4 Hidrografia	91
3.5.5 Tipos de solo	92
3.5.6 Declividade	93
3.5.7 Uso e ocupação do solo	94
3.5.8 Mapa de aptidão.....	94
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	97
4.1 GERENCIAMENTO DOS RCC EM FRANCISCO BELTRÃO	97
4.2 MAPAS TEMÁTICOS.....	102
4.2.1 Uso e ocupação do solo	102
4.2.2 Declividade	104
4.2.3 Hidrografia	105
4.2.4 Vias e Rodovias.....	106
4.2.5 Núcleos populacionais	107
4.2.6 Estabelecimentos de ensino e de saúde	108
4.2.7 Tipos de solos.....	114
4.3 ÁREAS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADAS	114
4.3.1 Tamanho das áreas.....	127
4.3.2 Situação das áreas	129
4.3.3 Tipo de resíduos.....	131
4.3.4 Uso e ocupação do solo	134
4.3.5 Declividade	136
4.3.6 Hidrografia	138
4.3.7 Vias e Rodovias.....	141
4.3.8 Cálculo dos índices	144
4.4 ÁREAS DE DESTINAÇÃO ADEQUADAS	147
4.4.1 Núcleos populacionais	148
4.4.2 Estabelecimentos de ensino e de saúde	150
4.4.3 Vias e rodovias.....	156
4.4.4 Hidrografia	160
4.4.5 Tipos de solos.....	163
4.4.6 Declividade	164
4.4.7 Uso e ocupação do solo	165
4.4.8 Mapa de aptidão.....	166
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	173
6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	174
REFERÊNCIAS.....	175

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é importante para sustentar o desenvolvimento econômico de um país, devido à geração de renda e emprego, além de que os produtos e serviços finais aumentam a infraestrutura econômica, promovendo benefícios permanentes sobre a produtividade e o bem estar social (TEIXEIRA; CARVALHO, 2010). Segundo Mesquita (2012) a construção civil no Brasil é responsável por aproximadamente 14% do Produto Interno Bruto (PIB).

Porém, a crescente urbanização das cidades, com a construção de edificações residenciais e comerciais, tem gerado impactos ambientais negativos devido ao consumo de recursos naturais e a elevada geração de resíduos. Estima-se que, do total de resíduos sólidos urbanos gerados, cerca de 41 a 70% são resíduos da construção civil e demolição (PINTO, 1999).

Associado a elevada geração de resíduos existe o problema com à inadequada disposição dos mesmos, geralmente realizada em lotes vagos, encostas, áreas de preservação permanente, no leito de recursos hídricos e na margem das estradas.

Para Mesquita (2012), a construção civil causa impacto ambiental ao longo de toda a cadeia produtiva, desde a extração e processamento da matéria-prima, na construção de edifícios, na geração de resíduos que afetam o ar, o clima, o lençol freático, o solo, a paisagem, a fauna e a flora.

Essa disposição inadequada apresenta inúmeros riscos para o meio ambiente e para a saúde da população, pois os entulhos podem conter materiais perigosos, assorear corpos hídricos e alterar a paisagem, além de ser um atrativo para a disposição de outros tipos de resíduos.

A investigação destes pontos de descarte inadequado é essencial para que os responsáveis sejam identificados e obrigados a destinar adequadamente os resíduos, além de recuperar a área impactada, seguindo o princípio do poluidor-pagador. Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 307 de 2002 os geradores de resíduos de construção, pessoas físicas, jurídicas, públicas, ou privadas, responsáveis por atividades que gerem resíduos de construção, devem ser responsabilizados pelos resíduos gerados (BRASIL, 2002).

O que ocorre em diversos centros urbanos, usualmente, é a disposição inadequada, na maioria das vezes por pequenos geradores, mas também por empresas coletoras de resíduos dos grandes geradores. Logo, a identificação e correção destes pontos é realizada, muitas vezes, pelos gestores municipais o que onera os cofres públicos. Este tipo de atividade é chamada de Gestão Corretiva, o que não resolve o problema, mas sim realiza a remediação e gera um ciclo, onde repetidamente é realizada a disposição inadequada e a coleta dos resíduos.

Para que o destino adequado seja dado a esses materiais, a Resolução 307 do Conama prevê a elaboração de Planos de Gerenciamento para os Resíduos de Construção, devendo caracterizar o resíduo, indicar a forma de segregação e acondicionamento e realizar a destinação adequada (BRASIL, 2002).

O ideal é que a segregação seja realizada na fonte geradora, iniciando a Gestão Preventiva, desse modo, os resíduos podem ser reaproveitados na própria obra ou então segregados para a reciclagem ou utilização futura. A segregação no canteiro de obras facilita o processo, evitando que os resíduos sejam misturados para a posterior segregação que é, então, prejudicada.

Miranda; Angulo e Careli (2009) destacam que além de reduzir custos de transporte e destinação, a gestão de resíduos no canteiro de obras minimiza riscos de autuação por descumprimento da legislação, melhora a imagem da instituição, reduz acidentes com a organização do local de trabalho e ainda, beneficia a reciclagem nas usinas.

Devido a inexistência da cultura de segregação na fonte geradora os resíduos podem ser encaminhados para centrais de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos. Essas áreas são destinadas ao recebimento dos materiais restantes da construção e demolição para que seja realizada sua segregação. Posteriormente, cada tipo de resíduo é encaminhado adequadamente conforme sua classificação.

O destino adequado para os resíduos inertes são as usinas de reciclagem onde o material é processado para a reinserção na cadeia produtiva. A reinserção pode ser realizada por meio da produção de agregados para uso em pavimentação ou concreto não estrutural, sendo este o exemplo mais conhecido de logística reversa dos resíduos de construção. Outra iniciativa é a reciclagem de gesso, enviado para indústrias cimenteiras ou utilizado na produção de defensivos agrícolas (SINDUSCON/SP, 2015).

Os materiais que não conseguem ser segregados nas centrais de triagem nem mesmo processados nas usinas, ou não possuem técnicas disponíveis para a reciclagem devem ser encaminhados para aterros de resíduos inertes, onde serão reservados para uso futuro ou então,

no término da vida útil, a área deve ser recuperada para outros fins, podendo servir para a instalação de empreendimentos não estruturais, como praças e campos de esporte.

A instalação de centrais de triagem, usinas de reciclagem e aterro para resíduos de construção deve seguir leis e normas quanto sua localização, sempre procurando minimizar o impacto ao meio ambiente e maximizar a aceitação pela população (BRASIL, 2002).

A escolha do local para a instalação desses empreendimentos requer a análise de múltiplos critérios, portanto a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) se torna uma ferramenta adequada, por ser uma técnica de manipulação de dados variáveis espacialmente, auxiliando na gestão do uso do solo (HAMADA; GONÇALVES, 2007).

Devido a existência de múltiplos critérios e as diferenças entre eles para a instalação de aterros, é necessária uma padronização dos dados, para que os dados quantitativos possam ser correlacionados com os dados qualitativos (DALMAS et al., 2011).

A padronização dos dados pode ser entre 0 e 1, onde 0 são regiões inaptas e 1 regiões aptas, designada técnica *booleana*, ou pode haver a incorporação de incertezas nos critérios, padronizados com uma escala de aptidão entre 0, menos apto, até 1, mais apto, denominada de lógica *fuzzy* (LIOTTE, 2000).

Após a padronização, os dados podem ser combinados, por exemplo, com a Combinação Linear Ponderada, gerando um mapa de aptidão para o caso em estudo.

Essa combinação dos fatores requer a multiplicação de cada um por seu respectivo peso, esse pode ser obtido pela técnica AHP, *Analytic Hierarchy Process* (Processo Analítico Hierárquico). A técnica permite que os fatores de decisão sejam analisados par a par, atribuindo um grau de importância maior ou menor.

A análise dos locais de destinação inadequada é importante para que a recuperação do local seja realizada, minimizando o impacto ambiental e os incômodos a população e a sua saúde. Assim sendo, o presente estudo, realizado na cidade de Francisco Beltrão, no sudoeste do Paraná, identificou e caracterizou os locais de disposição inadequada de resíduos de construção civil (RCC). A caracterização dos locais, com auxílio de SIG permitiu gerar índices de reaproveitamento dos materiais e de degradação ambiental de cada área analisada.

Posteriormente, com a verificação da legislação vigente, os locais para a instalação de um aterro associado a uma usina de inertes foram mapeados, também com auxílio de SIG e técnicas de suporte a decisão, devido a análise da disposição inadequada não ser suficiente, pois a Gestão Corretiva deixa espaço para que o problema volte a ocorrer.

O ideal é que seja implantada a Gestão Preventiva, iniciando com a segregação na fonte geradora, destinando os resíduos às usinas de reciclagem e locais para o aterro dos resíduos da construção, minimizando o impacto ambiental negativo causado pela disposição inadequada, bem como restituindo os materiais na construção civil, gerando emprego e renda com o empreendimento.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho foi de mapear e caracterizar as áreas de disposição inadequada de resíduos de construção civil no município de Francisco Beltrão-PR, bem como mapear as áreas adequadas para a implantação de usinas de reciclagem e aterro desses resíduos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- caracterizar o município em estudo quanto a gestão dos resíduos;
- identificar, visitar e caracterizar as áreas de disposição inadequada de RCC;
- elaborar mapas temáticos do município;
- calcular índices de aproveitamento de materiais e de degradação ambiental das áreas de disposição inadequada;
- mapear locais que atendam normas para a destinação de RCC em Francisco Beltrão - PR.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Após a Introdução apresentada nesse capítulo, o Capítulo 2 trata do Referencial Teórico, o qual aborda questões consideradas relevantes ao tema estudado, definindo os resíduos e os impactos ambientais causados ao meio ambiente, em especial quanto aos resíduos

de construção civil. São também apresentados valores de geração dos resíduos de construção e técnicas para estimar sua produção.

Ainda no referencial são apresentadas as formas de destinação para os RCC, primeiramente as áreas inadequadas e posteriormente as áreas adequadas. São apresentados estudos de localização utilizando SIG e técnicas de suporte a decisão, é feita uma breve apresentação sobre as geotecnologias e a estruturação dos Sistemas de Informações Geográficas e de ferramentas de apoio a tomada de decisão.

Já o Capítulo 3 apresenta a Metodologia, que por sua vez faz uma breve caracterização da área de estudo e apresenta os métodos para a elaboração dos mapas temáticos, para identificação e caracterização das áreas de disposição inadequadas e das áreas de destinação adequadas, especificando como foi realizada a análise de cada uma.

No Capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos com o estudo e as discussões. Apresenta-se o histórico do gerenciamento de resíduos no município. Posteriormente são apresentados os mapas temáticos elaborados para análise das áreas de disposição inadequada e para o mapeamento das áreas adequadas a instalação de um aterro associado a uma usina de reciclagem de RCC.

Ainda nos resultados são apresentados os mapas padronizados para a geração dos índices de degradação ambiental e de aproveitamento dos materiais. Bem como os mapas padronizados utilizados na elaboração do mapa de aptidão das áreas adequadas a destinação de resíduos.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as Considerações Finais e no Capítulo 6 as Recomendações para Trabalhos Futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

O termo resíduo sólido é definido, pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, como materiais provenientes das atividades humanas, podendo encontrar-se nos estados sólido, semissólido, bem como gases em recipientes, ou mesmo líquidos com características que tornam impraticável seu lançamento na rede de esgoto ou corpos hídricos, ou para isso necessitam soluções inviáveis, tanto técnica como economicamente (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos são compostos por uma massa heterogênea, com origem e composição influenciada por inúmeros fatores, como o número de habitantes da região, o poder aquisitivo, as variações sazonais, leis e regulamentos específicos, entre outros fatores. Em função dessa heterogeneidade, podem ser classificados quanto à sua origem e quanto à sua periculosidade.

Quanto à origem eles são classificados pela PNRS (BRASIL, 2010) em:

- a) resíduos domiciliares: provenientes das residências urbanas, constituído de restos de alimentos, papéis, plásticos, vidros, etc.;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos (RSU): compostos dos resíduos domiciliares e dos provenientes da limpeza urbana;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico;
- f) resíduos industriais: aqueles gerados nas instalações industriais, variando em função do tipo de indústria;
- g) resíduos de serviços de saúde: originados em hospitais, clínicas, postos de saúde, consultórios médicos e veterinários;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras, bem como os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades, como embalagens de agrotóxicos;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira, esses podem conter germes e veicular doenças de outras regiões;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Também podem ser classificados quanto à sua periculosidade. A Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10.004 classifica em Classe I, os resíduos perigosos, por apresentarem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e/ou patogenicidade. A Classe II representa os resíduos não perigosos, estes são subdivididos em: II-A, os materiais não inertes, podendo ser biodegradáveis, solúveis em água ou combustíveis; e II-B, que engloba os resíduos inertes, estes não têm seus constituintes solubilizados de forma a alterar o padrão de potabilidade da água (ABNT, 2004a).

O presente estudo irá abordar os resíduos de construção civil (RCC) ou também chamados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), conhecidos por entulhos, caliça ou metralha. Essas terminologias são utilizadas no meio acadêmico, sendo assim nesse trabalho convencionou-se utilizar a abreviação RCC.

Esses resíduos são definidos pela Resolução Conama 307, de 2002, como aqueles que são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições, bem como os resultantes da preparação de escavação do solo, citando como exemplos os tijolos, as rochas, metais, tintas, colas, madeiras, gesso, telhas, vidros, plásticos (BRASIL, 2002).

A mesma resolução agrupa os RCC em:

- classe A – aqueles com possibilidade de reutilização ou reciclagem como agregados na construção civil, como os tijolos, telhas, placas de revestimento, argamassa, concretos, blocos pré-moldados, tubos, meios-fios, solos de terraplanagem, etc. Podem ser provenientes de construção, demolição, reformas e reparos de edificações, de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, bem como de processos de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto;
- classe B - os recicláveis para outras destinações, como plásticos, papéis, papelão, metal, vidros, madeiras, gesso e embalagens vazias de tintas imobiliárias; estes dois últimos incluídos pela Resolução 431 (BRASIL, 2011) e Resolução 469 (BRASIL,

2015), respectivamente. As embalagens de tintas devem conter apenas um filme seco de tinta em seu revestimento, sem acúmulo de tinta líquida e serem submetidas ao sistema de logística reversa (BRASIL, 2015)

- classe C - resíduos que não possuem tecnologias ou as mesmas são economicamente inviáveis para a reciclagem ou recuperação, redação dada pela Resolução Conama 431 de 2011 (BRASIL, 2011);
- classe D - aqueles que são perigosos, como tintas, óleos, solventes e outros contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto, redação dada pela Resolução Conama 348 (BRASIL, 2004).

2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A geração de resíduos sólidos urbanos é influenciada por diversos fatores, entre eles o clima, o nível educacional, o poder aquisitivo e a existência de leis e regulamentos. É difícil ter precisão na quantidade de resíduos gerados devido ao descarte inadequado dos mesmos.

Os geradores de RCC podem ser pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos (BRASIL, 2002). Monteiro et al. (2001) diferencia os pequenos dos grandes geradores, sendo que o pequeno é aquele que gera até 1.000 kg ou 50 sacos de 30 litros por dia.

Segundo Poletto e Bressiani (2013) o pequeno gerador é aquele que produz menos que 2 m³ e com peso menor que 5 toneladas, além de que a obra realizada é menor que 31 m².

Com essa diversificação nos geradores ocorrem também inúmeras causas da geração de resíduos, segundo Nagapan et al. (2013): o armazenamento incorreto dos materiais, a má qualidade dos materiais, as más atitudes dos trabalhadores, a falta de supervisão, os erros de pesquisas de quantidade e a falta de um planejamento quanto a gestão de RCC.

A geração de RCC pelos grandes geradores ocorre na execução do empreendimento, mas também resulta das escolhas relacionadas a definição do edifício, além dos processos construtivos e dos materiais empregados. Após a execução do projeto, durante a ocupação dos edifícios também são produzidos resíduos, devido às reformas ou reparos, e por fim com a demolição da obra onde o ciclo de vida da edificação é encerrado (SINDUSCON/SP, 2015).

Nas demolições o resíduo gerado é 10 a 20 vezes o peso daquele gerado em novas construções, constituído de diversos materiais como tijolos, areia, concreto, metais, papel, vidro. Essa composição é dependente da técnica de demolição utilizada, se realizada com equipamentos pesados resulta em uma pilha de resíduos misturados o que dificulta a segregação (POON; YU; NG, 2001).

Existem diferentes métodos para demolir um edifício, como explosão, bolas de demolição, uso de trituradores e pulverizadores hidráulicos e o método *up-dow* (cima-baixo). Em locais onde não existe espaço para trabalhar com grandes equipamentos o método *up-dow* é comumente utilizado, o que permite melhor recuperação dos materiais recicláveis e reutilizáveis. Esta técnica é a mais utilizada em Hong Kong, pois os locais de demolição geralmente estão localizados em áreas congestionadas (POON; YU; NG, 2001).

As diferentes etapas do ciclo de vida da edificação, desde o projeto até a demolição, geram uma diversidade de resíduos. Segundo Pinto (1999), no Brasil, não existem levantamentos precisos para deduzir exatamente a geração de resíduos de construção e demolição nas áreas urbanas brasileiras, os registros das municipalidades, através da aprovação de projetos, revelam apenas a parte formal da produção de edificações.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) a massa coletada per capita dos resíduos sólidos domiciliares e públicos, em relação a população urbana contabilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2014, ficou em 1,05 kg/hab/dia (Tabela 1) (SNIS, 2016a).

Tabela 1 - Massa coletada per capita de resíduos sólidos urbanos nas regiões do Brasil em kg/hab/dia no ano de 2014

Região	Quantidade de municípios	Mínimo	Máximo	Indicador médio (kg/hab/dia)
Norte	240	0,10	2,67	1,09
Nordeste	896	0,10	2,71	1,21
Sudeste	1.277	0,10	2,70	1,02
Sul	948	0,10	2,55	0,83
Centro-oeste	275	0,10	2,62	1,26
Total – 2014	3.636	0,10	2,71	1,05

Fonte: Adaptado de SNIS (2016a).

No Estado do Paraná, em 2014, 320 municípios forneceram dados ao SNIS, a quantidade per capita de resíduos sólidos domiciliares e públicos coletados em 2014, em relação a população urbana contabilizada pelo IBGE, ficou em 0,84 kg/hab/dia, abaixo da média brasileira (SNIS, 2016a).

Essa massa total de resíduos sólidos urbanos pode conter de 41 a 70% de resíduos produzidos pela indústria de construção (PINTO, 1999). Segundo Marques Neto (2004), para cada tonelada de resíduo urbano coletado são recolhidas duas toneladas de entulhos da construção civil. Segundo John (2000), a geração per capita de RCC varia entre 163 kg a mais de 3.000 kg/hab/ano.

Um estudo realizado por Moraes (2006) em Uberlândia – MG constatou que a geração de resíduos de construção e demolição chega a 2 kg/hab/dia, superando a quantidade de resíduos sólidos municipais, correspondendo a 63,24% do total gerado no município.

Na Espanha, para o ano de 2005, os dados reais de geração de resíduos de construção indicaram uma variação de 4,6 kg/hab/dia em Castilla-La Mancha e 0,4 kg/hab/dia na cidade de Ceuta (RÍO et al., 2010).

Nos Estados Unidos da América a geração de resíduos de construção e demolição não é rigorosamente controlada, a estimativa para o ano de 2012 foi de 480 milhões de toneladas, dessa quantidade 100 milhões são misturados, 310 milhões são agregado graúdos, principalmente concreto, e o restante, 70 milhões são de pavimentos asfálticos (TOWNSEND; WILSON; BECK, 2014).

Percebe-se a dificuldade em estimar precisamente a geração de RCC. No Brasil, uma fonte confiável é aquela coletada pelos municípios, não representando a totalidade, pois a prefeitura coleta apenas os resíduos das obras sob sua responsabilidade e os lançados em logradouros públicos (ABRELPE, 2014).

Em 2015 os municípios coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCC, o que implica no aumento de 1,2% em relação a 2014, esta situação, também observada em anos anteriores, exige atenção especial quanto ao destino final (ABRELPE, 2015). A quantidade per capita de RCC coletado nos municípios do Brasil em 2015 foi de 0,605 kg/hab/dia havendo um pequeno aumento em relação a 2014 (Tabela 2).

Tabela 2 - Quantidade de RCC coletado pelos municípios no Brasil nos anos de 2014 e 2015

Região	2014		2015	
	RCC coletado (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)	RCC coletado (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)
Brasil	122.262	0,603	123.721	0,605

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2014) e ABRELPE (2015).

Na Região Sul do país o aumento na geração de RCC de 2014 para 2015 também foi pouco significativo (Tabela 3).

Tabela 3 – Quantidade de RCC coletado pelos municípios na Região Sul nos anos de 2014 e 2015

Região Sul	2014		2015	
	RCC Coletado (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)	RCC Coletado (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)
Total	16.513	0,569	16.662	0,570

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2014) e ABRELPE (2015).

Existem diversas maneiras para estimar a geração de resíduos de construção, para Pinto (1999) e Marques Neto (2004), a estimativa pode ser feita:

- Analisando as áreas licenciadas para construção.
- Entrevistando empresas coletoras de entulho, verificando o número de caçambas coletadas.
- Por meio de quantificação em áreas de disposição de resíduos.

Marques Neto (2004) fez uma estimativa da geração de resíduos de construção e demolição no município de São Carlos - SP, baseando-se nesses métodos apresentados, a geração per capita ficou em média 1,93 kg/hab/dia (Tabela 4).

Tabela 4 – Provável geração per capita em kg/hab/dia de RCC no município de São Carlos

Parâmetros	Geração de RCC (t/dia)	População (2001)	Geração per capita (kg/hab/dia)
Áreas licenciadas	402,85	197.187	2,04
Movimento de cargas	396,11	197.187	2,01
Aterro Cidade Aracy	343,23	197.187	1,74
Total	380,73	197.187	1,93

Fonte: Adaptado de Marques Neto (2004).

A elevada geração de RCC no município de São Carlos ocorre devido ao crescimento urbano da cidade e das perdas na construção civil, além do fato que para o cálculo da geração per capita foram utilizados dados de população do censo do IBGE do ano de 2001 (MARQUES NETO, 2004).

Independente do volume gerado, a composição do resíduo é diferente em cada país, devido as diversidades nas tecnologias construtivas. Por exemplo na construção americana e japonesa a madeira é muito presente, sendo este material menos significativo na construção europeia e brasileira (PINTO, 1999).

A estimativa da composição dos materiais gerados e da geração total do resíduo de construção pode ser realizada com a análise da obra, verificando o projeto e as técnicas construtivas.

Santos (2008) identificou os materiais descartados por dez empresas geradoras de RCC em Petrolina-PE, duas das empresas não quantificam os resíduos gerados, para as demais os maiores percentuais são de alvenarias/revestimentos cerâmicos (Tabela 5).

Tabela 5 – Quantidade de resíduos de construção civil gerados por dez construtoras em Petrolina - PE

Empr.	Tipos de Materiais (%)								
	Solo	Conc./ Argam.	Mad.	Gesso	Alv./ Revest. Cerâmico	Metais	Tintas/ verniz	Emb.	Outros
A	30	10	5	10	30	1	1	5	8
B	10	15	10	10	35	5	5	5	5
C	20	20	5	10	30	2	1	2	10
D	10	20	10	10	30	5	5	5	5
E	25	15	5	5	20	5	5	5	15
F	10	20	10	15	25	6	4	5	5
G	5	20	5	20	30	5	5	0	10
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	5	30	0	10	40	0	0	0	15

Fonte: Adaptado de Santos (2008).

Segundo Barros (2012), o entulho gerado nos canteiros de obras pode conter aproximadamente 2/3 de argamassas, quase 1/3 de componentes de vedação (tijolos maciços, tijolos furados, blocos, etc.), de 5 a 10% de outros materiais, como concreto, pedra, areias, metais, papéis e plásticos.

Outro estudo que estimou a geração de resíduos de construção por metro quadrado construído, encontrou uma variação de 0,050 a 0,370 m³/m², analisando 18 obras concluídas de múltiplos pavimentos na região metropolitana de Porto Alegre - RS, realizadas por dez diferentes construtoras (Dias et al., 2014).

Para Pinto (1999), cada m² de área construída gera 150 kg de resíduos, indicador gerado considerando a massa estimada para as edificações de 1.200 kg/m², 25% de perda nos materiais levados ao canteiro de obras e 50% removido como entulho durante o transcorrer da obra.

Os indicadores em unidade de volume são diversos, pois são afetados pelas condições de armazenamento e forma da caçamba na obra, além de detalhes como o tamanho de resíduo, particularmente madeira. A dificuldade em se medir o volume das caçambas, está no fato da superfície superior das mesmas não ser perfeitamente nivelada. Outro fato que influencia são as peculiaridades de cada projeto e a presença de atividades de demolição nos canteiros de obras (SINDUSCON/SP, 2015).

2.3 IMPACTOS DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Devido à explosão demográfica do século XIX houve uma aceleração no processo de industrialização e em consequência um aumento significativo na indústria da construção civil. Por conseguinte, a enorme quantidade de resíduos gerados, por não ter um local apropriado de disposição, agravou a situação urbana, social, econômica e ambiental (POLETO; BRESSIANI, 2013).

A construção civil é importante para sustentar o desenvolvimento econômico de um país, devido à geração de renda e emprego, além de que os produtos e serviços finais aumentam a infraestrutura econômica, promovendo benefícios permanentes sobre a produtividade e o bem estar social (TEIXEIRA; CARVALHO, 2010).

Porém, segundo Poleto e Bressiani (2013), é o setor da economia que mais gera resíduos sólidos, gerando milhares de toneladas todos os dias, sendo que muitas vezes é misturado aos resíduos comuns, ocupando espaço nos aterros sanitários e reduzindo sua vida útil.

Para Mesquita (2012) o processo de produção da construção civil causa impacto ambiental ao longo de toda a cadeia produtiva, na extração e processamento da matéria-prima, na construção de edifícios, na geração de resíduos que afetam o ar, o clima, o lençol freático, o solo, a paisagem, a fauna e a flora.

A resolução Conama 01 de 1986 define impacto ambiental como (BRASIL, 1986):

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

O impacto ambiental ocasionado pela indústria de construção civil advém tanto do uso irracional das jazidas de recursos naturais, como do descarte inadequado dos RCC. Aprimorar os processos nos setores produtivos é essencial para assegurar os recursos do planeta para as gerações futuras (BAPTISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013).

O setor é, segundo John (2000), o maior consumidor de recursos naturais de qualquer economia, sendo que este consumo é dependente da taxa de geração de resíduos, da vida útil

ou taxa de reposição das estruturas construídas, da necessidade de manutenções, das perdas incorporadas nos edifícios e da tecnologia empregada. Estima-se que do total de recursos naturais consumidos pela sociedade, entre 20% e 50% são utilizados na construção civil (MESQUITA, 2012).

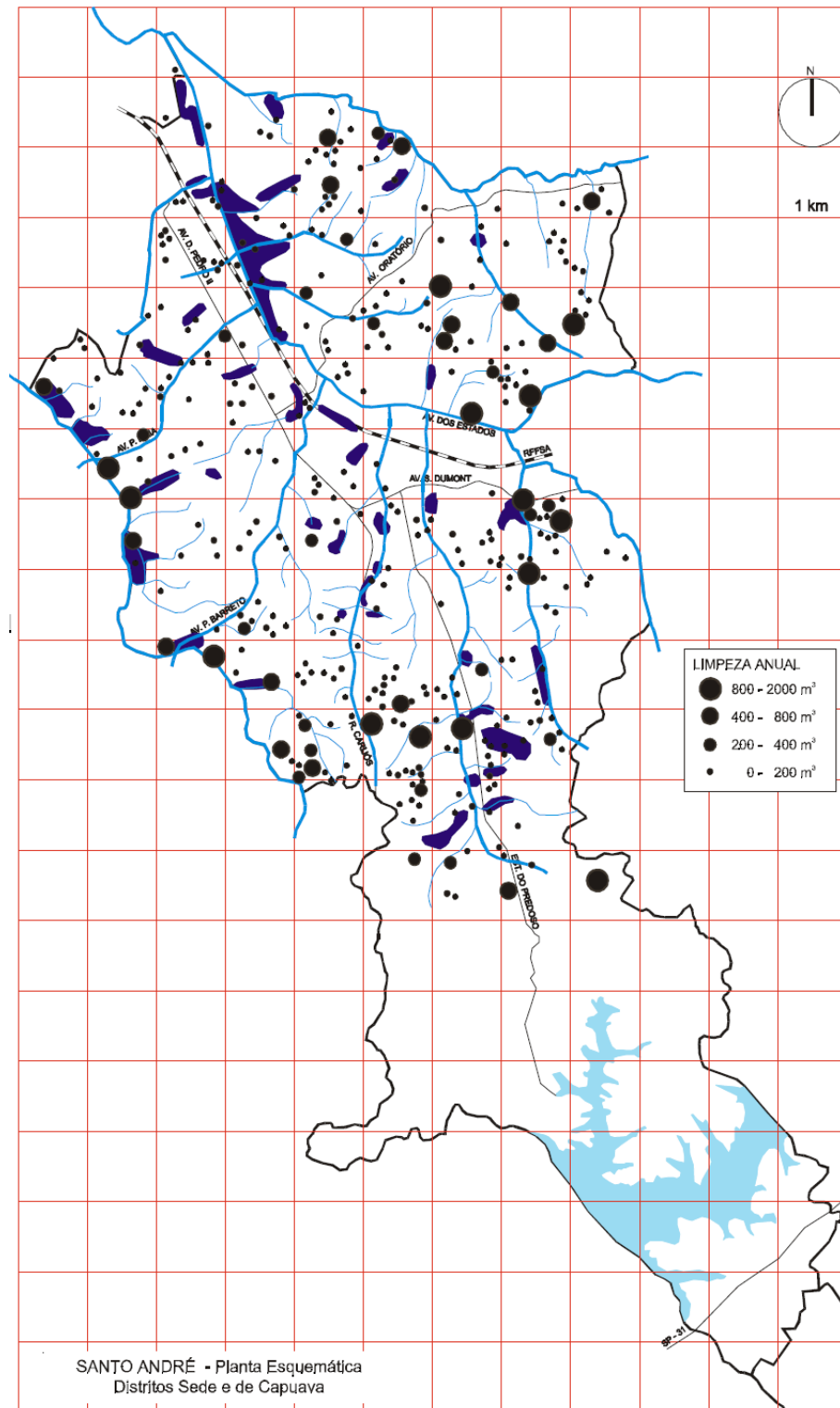
Outro fator é o grande consumo de energia, desde a fase de construção até o uso da obra. Quantidade considerável de energia é consumida para a produção dos materiais de construção, além do consumo incorporado devido à distância e o meio de transporte utilizado (JOHN, 2000).

Quanto à disposição inadequada de RCC e sem observação aos critérios técnicos, causam impactos, principalmente na formação de áreas irregulares de descarte, afetando o equilíbrio dos sistemas naturais, a drenagem superficial, com obstrução de córregos, erosão de solos, etc. (BAPTISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013).

Para Marques Neto (2004) os locais inadequados onde os resíduos são dispostos geralmente situam-se em áreas de depressão, pois declividades acentuadas favorecem a dispersão dos RCC. O descarte de entulhos, principalmente nas calhas dos córregos tem como consequência enchentes e contaminação de águas subterrâneas.

Um estudo realizado por Pinto (1999) identificou pontos de descarte no município de Santo André – SP, destacando que todas as grandes deposições situam-se a margem de algum córrego (Figura 1).

Figura 1 - Deposições irregulares, córregos e áreas de enchente em Santo André – SP



Fonte: Pinto (1999).

A disposição dos resíduos de construção na área urbana está intimamente relacionada com enchentes, devido assoreamentos de corpos d'água por RCC, causa prejuízos a paisagem, obstrução de vias de tráfego e a proliferação de doenças (JOHN, 2000).

Um estudo realizado por Morales et al. (2011) em Londrina - PR identificou que a disposição inadequada dos resíduos é geralmente realizada em regiões periféricas dos bairros onde a infraestrutura urbana é precária, as vias não possuem pavimentação e a população apresenta baixo nível socioeconômico.

Os principais impactos identificados são a poluição visual, obstrução de vias públicas e da rede de drenagem urbana (Figura 2), impactos aos corpos hídricos passíveis de assoreamento e a proliferação de insetos vetores de doenças (MORALES et al., 2011).

Figura 2 – Disposição irregular de resíduos de construção obstruindo vias públicas e a rede de drenagem urbana



Fonte: Pinto (1999).

Além dos impactos ambientais gerados pela deposição irregular, esse descarte onera as administrações municipais, que acabam, muitas vezes, se responsabilizando pela remoção dos resíduos e destinando-os adequadamente (AZEVEDO; KIPERSTOK; MORAES, 2006).

Essa atividade realizada pelos gestores públicos é denominada de Gestão Corretiva, que caracteriza-se por realizar atividades não preventivas, repetitivas e custosas, não surtindo em resultados adequados. Esse modelo de gestão é sustentado pelo fato de ser praticamente inevitável que ocorra o descarte irregular, acentuado com a disponibilidade de lotes vagos, e sem isolamento, nas proximidades das regiões geradoras de RCC (PINTO, 1999).

A reciclagem apresenta inúmeras vantagens, reduzindo o consumo de energia, a poluição e a implantação de aterros, segundo John (2000) a reciclagem é essencial para o desenvolvimento sustentável, pois é impossível uma sociedade que não gere resíduos.

2.4 DESTINAÇÃO INADEQUADA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

Por muitos anos ao se tratar de saneamento tem se dado ênfase nos aspectos de abastecimento em detrimento dos aspectos de coleta; o abastecimento de água como prioridade, posteriormente a coleta e esgoto e por último a coleta de resíduos (PINTO, 1999).

No período anterior a publicação da Resolução 307 de 2002 os locais designados adequados para a disposição dos resíduos inertes eram os *Bota-foras* (Figura 3), a designação dessas áreas pela administração pública devia-se ao fato de ser incumbido a municipalidade a competência de definir o destino dos resíduos municipais (PINTO, 1999).

Figura 3 – Área de *Bota-fora* em Jundiaí-SP



Fonte: Pinto (1999).

Atualmente, a existência de locais de disposição inadequada de resíduos de construção ocorre principalmente pelos pequenos geradores, que sem fiscalização, buscam áreas livres e sem isolamento, próximos as áreas de geração do resíduo. Os coletores privados de resíduos, que atendem os grandes geradores, também utilizam esses locais para a disposição, reduzindo a distância entre a coleta e o destino, e conseqüentemente os custos (PINTO, 1999).

O transporte utilizado para entulhos destinados a *Bota-foras* é feito pelo próprio proprietário ou por carroceiros. Segundo Moraes (2006) este problema ocorre especialmente em bairros periféricos de menor renda, onde existe um número elevado de lotes vazios.

Independente da aceitação da vizinhança esses locais atraem resíduos, de qualquer tipo, de todas as partes do município. A existência da Gestão Corretiva por parte dos gestores gera um processo cíclico de disposição inadequada e remoção dos resíduos (PINTO, 1999).

Klimpel (2014) realizou um diagnóstico das disposições irregulares de resíduos de construção em um bairro de Curitiba, identificando 15 pontos em terrenos baldios, áreas públicas e privadas e ao longo de rodovias. Diversos impactos foram percebidos, como a poluição visual, a atração para a disposição de resíduos volumosos e industriais.

Oliveira, Rocha e Ferreira (2013) também realizaram um mapeamento dos pontos de disposição de RCC em Goiânia, identificando 187 pontos de descarte irregular, constatando o lançamento de resíduos em diversas áreas protegidas.

Outro estudo, realizado por Mercante et al. (2009), fez um diagnóstico das áreas de disposição dos resíduos de construção na Argentina. Com uma ficha cadastral os autores levantaram diversos dados (Quadro 1).

Quadro 1 – Dados levantados para caracterização de *Bota-foras* na Argentina

Dados levantados	Significado de cada variável
Dados de altimetria	Valor correspondente do ponto
Porcentagem de ocupação	Estimativa da porcentagem de área ocupada por RCC
Cerca no entorno da área	Identifica se a área possui isolamento parcial ou completo
Afetações	Identifica a jurisdição responsável pela área
Uso da terra	Tipifica o uso original do local (rua, vazio, residencial)
Acessibilidade	Identifica se a área possui acesso a veículos
Tipo de vegetação	Identifica o tipo de vegetação no ambiente
Ambiente construído	Característica dos edifícios circundantes do depósito
Tipos de resíduos	Tipos de resíduos no local, RCC, RSU ou RCC+RSU
Volume estimado	Estimativa da quantidade de resíduo encontrada na área
Corpo d'água	Identifica a existência de corpo d'água no local e qual o tipo
Transporte	Identifica tipo de transporte utilizado para depositar resíduos
Esboço	Esboço a mão livre da localização da área
Fotografia	Número da fotografia correspondente a área observada
Titular	Nome do proprietário do imóvel do depósito
Zona	Descrito de acordo com o zoneamento municipal
Afetadas por alagamentos	Sem alagamento/Moderadamente inundada/ Ocasionalmente inundadas
Distância aproximada de centros urbanos	A partir do centro da cidade (praça departamental) foram estabelecidos raios de 1.000 m, a cada 500 m para 4.000 m

Fonte: Adaptado de Mercante et al. (2009).

A determinação dos pontos foi realizada utilizando imagens de satélites, o estudo identificou mais de 297 pontos, sendo a maioria de pequeno porte em áreas residenciais e sem isolamento. Esses vazios urbanos se tornam vulneráveis para depósito inadequado de resíduos, esta situação deve-se ao crescimento desordenado da área urbana (MERCANTE et al., 2009).

A maioria das áreas de descarte estão localizadas em áreas sujeitas a inundações e as margens de corpos d'água, impactando a montante dos recursos hídricos e alterando o escoamento da água. Os maiores depósitos de RCC estão localizados entre 3.500 e 4.000 m de

centros urbanos e na maioria dos casos pode-se observar a presença de RSU+RCC (MERCANTE et al., 2009).

Um outro diagnóstico foi realizado em dois bairros periféricos de Uberlândia – MG, Tocantins e Guarani, para tanto as ruas foram percorridas a fim de identificar os pontos de descarte de resíduos, mapeando 12 pontos no total. Então uma área, de maior porte, em cada bairro foi selecionada para analisar a dinâmica das deposições, os dois locais encontram-se em Área de Preservação Permanente (APP) que margeiam córregos (MORAIS, 2006).

No ponto crítico de deposição de entulhos no bairro Tocantins a gestão corretiva prevalece, ocorrendo o descarte inadequado de resíduos pela comunidade e a limpeza semanal pelo serviço público. A autora identificou o lançamento de resíduos domésticos, a queima de material no local e a realização de catação por pessoas de baixa renda (MORAIS, 2006).

No ponto de deposição do bairro Guarani, Morais (2006) constatou que a área havia recebido isolamento com cercas, porém a mesma foi cortada para a realização da deposição dos resíduos. Do mesmo modo que no outro ponto, o local recebe resíduos domésticos, é realizada a queima de materiais e o serviço de limpeza urbana realiza a coleta dos resíduos.

A existência dessas áreas de disposição de RCC são um atrativo para o lançamento de outros tipos de materiais em especial resíduos domésticos, agravando o problema de proliferação de vetores.

Os pontos de descarte analisados nos bairros de Uberlândia apresentavam na sua maior parte resíduos de demolição. A análise gravimétrica dos materiais descartou a presença de resíduos domésticos e podas de árvores, identificando 38,7% de concreto, 23,7% de cerâmica, 22% de argamassa incorporada com cerâmica, 13% de areia e o restante de cerâmica polida, fibrocimento e outros materiais (MORAIS, 2006).

Outro estudo de caracterização de áreas de disposição inadequadas foi realizado por Picolo (2011) em Criciúma – SC, foram identificados 97 *Bota-foras*, sendo a maioria de grande porte e ativas. Para a caracterização da área foram levantados dados de localização, porte, declividade, distância de corpos hídricos e rodovias, uso do solo e tipos de materiais, para tanto fez-se o uso de uma ficha cadastral (Figura 4).

Figura 4 – Ficha cadastral para caracterização de *Bota-foras* em Criciúma - SC

IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DESTINADAS AO DEPÓSITO DE RCD		2. Situação Ambiental	3. Situação para Reaproveitamento
1. Código da Área	2. Coordenadas UTM E S		\$\$\$
LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS		4. Distância até rodovia <input type="checkbox"/> Muito Pequena – até 100 m <input type="checkbox"/> Pequena – 101 até 500 m	<input type="checkbox"/> Média – 501 até 1000 m <input type="checkbox"/> Grande – 1001 até 5000 m <input type="checkbox"/> Muito Grande – mais de 5000 m
3. Rua	5. Bairro	6. Município CRICIUMA	7. U.F. SC
FOTO 01		FOTO 02	
DADOS COLETADOS			
8. Porte <input type="checkbox"/> Pequeno – 1 a 5 pilhas <input type="checkbox"/> Médio – 6 a 10 pilhas <input type="checkbox"/> Grande – 11 ou + pilhas		9. Tamanho Comprimento: m Largura: m	10. Situação Ativo <input type="checkbox"/> Estabilizado <input type="checkbox"/>
11. Fatores Ambientais 11.1 Declividade <input type="checkbox"/> Baixa 0 a 10 graus <input type="checkbox"/> Média 11 a 45 graus <input type="checkbox"/> Alta 46 a 90 graus 11.2 Distância de Corpos hídricos <input type="checkbox"/> Pequena 0 a 30 metros <input type="checkbox"/> Média 31 a 50 metros <input type="checkbox"/> Grande 51 ou + metros		11.3 Uso do Solo: <input type="checkbox"/> Vegetação Nativa <input type="checkbox"/> Vegetação Exótica <input type="checkbox"/> Vegetação Rasteira <input type="checkbox"/> Agricultura <input type="checkbox"/> Sem Vegetação <input type="checkbox"/> Área Degradada <input type="checkbox"/> Banhado <input type="checkbox"/> Córrego <input type="checkbox"/> Rio <input type="checkbox"/> Lago / Lagoa	12. Tipos de Materiais Presente 12.1 Classe A <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Argamassa <input type="checkbox"/> Cerâmica Branca <input type="checkbox"/> Cerâmica Vermelha <input type="checkbox"/> Solo <input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Rocha 12.3 Classe B <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Papel <input type="checkbox"/> Vidros <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Metais
		12.2 Classe C <input type="checkbox"/> Gesso	12.4 Classe D <input type="checkbox"/> Telhas e caixas de amianto <input type="checkbox"/> Latas de tintas e solventes <input type="checkbox"/> Lâmpadas Fluorescentes <input type="checkbox"/> Rejeito Píritoso 12.5 Outros <input type="checkbox"/> Eletrônicos (TVs, PCs, Radios, etc...) <input type="checkbox"/> Pneus <input type="checkbox"/> Resíduo Doméstico <input type="checkbox"/> Outros:
13. CADASTRADO POR: Mario Andre Picolo		14. EXECUTADO POR: Mario Andre Picolo	15. DATA DA COLETA

Fonte: Adaptado de Picolo (2011).

Após a caracterização de cada área, Picolo (2011) separou as variáveis em aspectos físicos, aspectos de degradação ambiental e aspectos de reaproveitamento dos materiais, então atribuiu valores para cada componente, variando de 1, para o pior cenário até 10 para o melhor cenário para a padronização dos dados (Quadro 2).

Quadro 2 – Atribuição de valores entre 01 e 10 para a padronização das variáveis dos aspectos analisados no estudo de Picolo (2011)

	Variável	Classe	Valor
Aspectos físicos (AF)	Tamanho	Muito pequeno	2
		Pequeno	4
		Médio	6
		Grande	8
		Muito Grande	10
	Porte	Pequeno	2,5
		Médio	5
		Grande	10
	Declividade	Baixa (0 – 10°)	10
		Média (11 – 45°)	7
Alta (46 – 90°)		3	
Aspecto de degradação ambiental (DA)	Distância de Corpos Hídricos	Pequena (0 – 30 m)	10
		Média (31 – 50 m)	5
		Grande (> 51 m)	2,5
	Uso do Solo	Hidrografia	10
		Banhado	8
		Vegetação Nativa	8
		Vegetação Exótica	6
		Vegetação Rasteira	6
		Agricultura	5
		Solo Exposto	3
		Área Degradada	1
	Tipo de Materiais Presentes	Classe A	4
		Classe B	8
		Classe C	6
		Classe D	10
	Declividade	Baixa	3
		Média	7
		Alta	10
	Situação	Ativo	10
		Inativo	5
Aspecto de reaproveitamento de materiais (AM)	Localização (distância até o anel viário ou rodovia)	Muito pequena (< 100 m)	10
		Pequena (101 – 500 m)	8
		Média (501 – 1.000 m)	6
		Grande (1.000 – 3.000 m)	4
		Muito Grande (> 3.000 m)	2
	Porte	Pequeno	2,5
		Médio	5
		Grande	10
	Tipo de Materiais Presentes	Classe A	10
		Classe B	5
		Classe C	2
		Classe D	0

Fonte: Adaptado de Picolo (2011)

Posteriormente o autor analisou o grau de importância de cada aspecto, atribuindo pesos (Quadro 3), para tanto utilizou a técnica AHP (Processo Analítico Hierárquico), realizando comparações pareadas com o uso do *software* SPRING (Sistema de Processamento de Informações Geográficas). A comparação pareada permite atribuir graus de importância as variáveis analisadas.

Quadro 3 – Atribuição de pesos com a técnica AHP aos aspectos analisados nos *Bota-foras* em Criciúma - SC.

Aspecto	Variável	Peso
Físico	Declividade	0.062
	Porte	0.285
	Tamanho	0.653
Degradação Ambiental	Distância a Corpos Hídricos	0.112
	Declividade	0.032
	Situação	0.055
	Tipo de Resíduo	0.584
	Uso do Solo	0.215
Reaproveitamento dos Materiais	Localização	0.078
	Porte	0.287
	Tipo de Resíduo	0.635

Fonte: Picolo (2011)

Com a atribuição de valores a cada variável e posteriormente a distribuição de pesos de importância para cada aspecto, Picolo (2011) realizou o cálculo de índices.

Para o aspecto físico (AF), utilizou os valores da padronização das variáveis (Quadro 2) e seus respectivos pesos de importância (Quadro 3), fazendo uma combinação linear ponderada (Equação 1).

$$AF=(VP \times PP)+(VD \times PD)+(VT \times PT) \quad (1)$$

Onde:

VP = Valor do porte

PP = Peso do porte

VD = Valor da declividade

PD = Peso da declividade

VT = Valor do tamanho

PT = Peso do tamanho

Também foi calculado o valor para o aspecto de degradação ambiental (DA), com valores do Quadro 2 e pesos do Quadro 3 (Equação 2).

$$DA=(VUS\times PUS)+(VDH\times PDH)+(VTR\times PTR)+(VD\times PD)+(VS\times PS) \quad (2)$$

Onde:

VUS = Valor do uso do solo

PUS = Peso do uso do solo

VDH = Valor da distância a corpos hídricos

PDH = Peso da distância a corpos hídricos

VTR = Valor do tipo de resíduo

PTR = Peso do tipo de resíduo

VD = Valor da declividade

PD = Peso da declividade

VS = Valor da situação

PS = Peso da situação

E por fim, o autor calculou o valor do aspecto de aproveitamento dos materiais (AM), também com a combinação linear ponderada entre as variáveis analisadas (Equação 3).

$$AM=(VP\times PP)+(VL\times PL)+(VTR\times PTR) \quad (3)$$

Onde:

VP = Valor do porte

PP = Peso do porte

VL = Valor da localização

PL = Peso da localização

VTR = Valor do tipo de resíduo

PTR = Peso do tipo de resíduo

Com o valor dos aspectos calculados foi realizado o cálculo de dois índices, o índice de degradação ambiental (IDA) (Equação 4) e o índice de aproveitamento dos materiais (IAM) (Equação 5).

$$IDA = \frac{AF+DA}{2} \quad (4)$$

Onde:

AF = Valor do aspecto físico (Equação 1)

DA= Valor do aspecto de degradação ambiental (Equação 2)

$$IAM = \frac{AF+AM}{2} \quad (5)$$

Onde:

AF = Valor do aspecto físico (Equação 1)

AM= Valor do aspecto de aproveitamento de materiais (Equação 3)

O estudo de Picolo (2011) constatou que 66% das áreas analisadas apresentam um índice médio de degradação ambiental, 22% um baixo índice e 12% um alto índice de degradação ambiental. Quanto ao potencial de reaproveitamento de materiais 54% das áreas apresentam médio potencial, 31% alto potencial e 15% baixo potencial de reaproveitamento.

Com o resultado o autor pode mensurar o impacto negativo que cada área de disposição inadequada tem causado ao meio ambiente, podendo hierarquizar os locais, identificando os mais impactantes que necessitam soluções imediatas. O estudo de Picolo (2011) também hierarquizou as áreas com potencial de aproveitamento dos materiais, que podem ser encaminhados a usinas de reciclagem e reinseridos na construção civil.

Os resíduos lançados em *Bota-foras* são diversos, a análise desses locais permite identificar o tipo de material lançado, como uma análise gravimétrica realizada em Petrolina-PE, por Santos (2008). O estudo analisou 11 *Bota-foras*, identificando na maior parte resíduos cerâmicos, em seguida argamassa, concreto, areia, gesso, madeira e em menor quantidade plástico. Do total de resíduos lançados em locais irregulares, 91,2% pertencem a Classe A, portanto com elevado potencial de aproveitamento.

O lançamento de resíduos de construção e demolição em áreas de *Bota-foras* dificultada o aproveitamento dos materiais, que geralmente são aterrados sem receber o tratamento adequado. A disposição de resíduos nesses locais é proibida por lei, sendo de responsabilidade do gerador destinar adequadamente o resíduo gerado.

Segundo Pinto (1999) a inexistência de locais para a captação dos resíduos de construção leva os geradores a buscarem áreas livres nas proximidades para a deposição, servindo de atrativo para o descarte de outros tipos de materiais.

2.5 DESTINAÇÃO ADEQUADA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

Com a Resolução 307 de 2002 os RCC não podem ser lançados em áreas de *Bota-fora* nem mesmo em aterros de resíduos sólidos urbanos, encostas, corpos d'água, lotes vazios e em áreas protegidas por lei, como as Áreas de Preservação Permanente (BRASIL, 2002).

Para que o destino seja adequado, o município deve elaborar o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil. A Resolução Conama 448 de 2012, estabeleceu o prazo de 12 meses para a elaboração do plano, ou seja, até 19 de janeiro de 2013, sendo a implantação até seis meses após a elaboração (BRASIL, 2012).

O plano deve conter diretrizes técnicas e procedimentos para responsabilizar pequenos e grandes geradores; cadastro de áreas, aptas ao recebimento, triagem e armazenamento de pequenos volumes, possibilitando a posterior destinação dos resíduos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento; processos de licenciamento para áreas de beneficiamento e reserva de resíduos e de disposição final de rejeitos; proibição da disposição em áreas não licenciadas; incentivos para a reinserção dos resíduos no ciclo produtivo; definição de critérios para cadastro de transportadores; ações para orientar, fiscalizar e controlar agentes envolvidos e ações educativas para diminuir a geração de resíduos e possibilitar sua segregação (BRASIL, 2002).

Os grandes geradores de resíduos devem elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, com a caracterização dos resíduos gerados; como será realizada a triagem e armazenamento dos resíduos, preferencialmente nas obras; descrição do transporte de resíduos e a destinação adequada (BRASIL, 2002).

Na Espanha, a legislação também prevê a elaboração de um plano de gestão dos resíduos de construção, objetivando garantir o tratamento adequado dos RCC gerados, porém o descarte desses resíduos em aterros sanitários é facilmente observado (RÍO et al., 2010), do mesmo modo ocorre em muitas cidades brasileiras.

A Resolução Conama 307 prioriza a não geração de RCC, posteriormente a redução, então a reciclagem e pôr fim a destinação final dos mesmos. Mas cada tipo de resíduo gerado nas obras tem sua destinação, em função de suas peculiaridades (BRASIL, 2002):

- classe A: devem ser reciclados ou reutilizados como agregados ou então destinados para aterros de resíduos Classe A para usos futuros;
- classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados para armazenamento temporário, dispostos de maneira que permita a utilização ou reciclagem futura;
- classe C: devem ser armazenados até possuírem tecnologia viável;
- classe D: devem ser armazenados, transportados e destinados para aterros específicos.

Para que a destinação seja adequada, o essencial é que os resíduos sejam previamente segregados nas obras, para que o material a ser reciclado não seja contaminado por outros, como solo e matéria orgânica (MIRANDA; ANGULO; CARELI, 2009). Porém, a falta de uma cultura de reutilização e reciclagem são as principais causas do entulho gerado (SILVA, 2007a).

Portanto, a instalação de centrais de triagem de resíduos de construção se torna uma alternativa, para que os resíduos sejam segregados e então destinados a centrais de reciclagem. Posteriormente, os resíduos impossibilitados de reciclagem devem ser encaminhados a aterro de inertes, reservados para uso futuro ou futura utilização da área.

Segundo dados do SNIS, em 2014, o Brasil possuía 41 áreas de transbordo e triagem de RCC, 26 áreas de reciclagem de RCC, 46 aterros de RCC, podendo estar incluídas áreas de *Bota-fora* (Tabela 6). Essas unidades de processamento e as quantidades são assim determinadas pelos municípios, que são responsáveis por fornecer as informações ao SNIS.

Tabela 6 - Quantidade de unidades de processamento de RCC com informações atualizadas dos municípios participantes do SNIS em 2014

Tipo de unidade de processamento	Quantidade de unidades de processamento cadastradas por região					Total de unidades
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	
Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos (ATT)	0	5	12	23	1	41
Área de reciclagem de RCC	0	0	21	4	1	26
Aterro de RCC	1	4	31	7	3	46

Fonte: Adaptado de SNIS (2016a).

Quanto a massa de resíduos recebida nas unidades de processamento de resíduos de construção civil, nas ATTs o total em 2014 foi de 354.312 toneladas, nas áreas de reciclagem de RCC foram 1.125.524 toneladas e nos aterros de RCC foram 1.570.580 toneladas. A massa considerada refere-se a quantidade total recebida na unidade, podendo estar contabilizando outro tipos de resíduos, que não os de construção civil (Tabela 7).

Tabela 7 - Massa de resíduos totais recebidos pelas unidades de processamento de RCC em toneladas

Tipo de unidade de processamento	Massa recebida nas unidades de processamento por região (toneladas)					Massa total recebida
	Região Norte	Região Nordeste	Região Sudeste	Região Sul	Região Centro-Oeste	
Área de transbordo e triagem (ATT)	0	1.007	211.636	139.640	2.030	354.312
Área de reciclagem de RCC	0	0	1.117.524	8.000	0	1.125.254
Aterro de RCC	0	120.000	1.057.388	102.393	290.800	1.570.580

Fonte: Adaptado de SNIS (2016a).

2.5.1 Área de Transbordo e Triagem de RCC

Segundo a Resolução 307 do Conama (BRASIL, 2002) a triagem dos resíduos de construção e demolição deve ser realizada preferencialmente na fonte geradora, ou seja, no próprio canteiro de obras, ou então em áreas licenciadas para esse fim.

A diferenciação dos materiais na fonte geradora possibilita a máxima reciclagem dos resíduos, pois os mesmos não são contaminados com outros resíduos, além do fato do ambiente de trabalho estar organizado, favorecendo o aproveitamento na própria obra.

Após a segregação, deve haver o acondicionamento em recipientes estrategicamente distribuídos até que o volume armazenado justifique seu transporte para o depósito final. Os dispositivos de armazenamento mais utilizados são bombonas, bags, baias e caçambas estacionárias (Figura 5) (LIMA; LIMA, 2009).

Figura 5 - Acondicionamento dos resíduos de construção no canteiro de obras



Fonte: Adaptado de Lima e Lima (2009).

Segundo a NBR 11.174 (ABNT, 1990) o armazenamento dos resíduos deve ser de maneira que o risco de contaminação ambiental seja minimizado. O armazenamento de resíduos perigosos deve ser separado dos resíduos não inertes e inertes, devido à possibilidade da mistura caracterizar todos os resíduos como perigosos.

A separação na fonte é dependente da participação dos trabalhadores, trata-se de educar trabalhadores e empreiteiros, é um processo de aprendizagem para se estar familiarizado e sentir-se confortável com a segregação dos resíduos, necessita de espaço no local e disponibilidade de tempo. Desta maneira, a segregação fora do canteiro de obras é preferencial para os empreiteiros, pois elimina os custos da formação dos trabalhadores e na instalação de equipamentos (POON; YU; NG, 2001).

No Brasil a prática de segregar no canteiro de obras é vista como uma sobrecarga de trabalho e até mesmo um empecilho para o desenvolver das atividades e o cumprimento dos prazos de entrega da obra. Na realidade, a segregação na obra reduz o volume de resíduos a descartar, reduz o consumo de recursos extraídos da natureza, reduz acidentes de trabalho, atende a requisitos ambientais e melhora a visão da empresa (LIMA; LIMA, 2009).

Além de que, a segregação dos resíduos de construção e demolição fora do canteiro de obras não é recomendada do ponto de vista da proteção do meio ambiente, devido à dificuldade na segregação e posteriormente da reinserção dos materiais na cadeia produtiva (POON; YU; NG, 2001).

Porém, o descarte dos materiais geralmente é realizado em caçambas nas vias e logradouros públicos, servindo de atrativo para o descarte de outros materiais. Araujo e Günther (2007) analisaram coletores de entulho na cidade de São Paulo identificando a presença de diversas inconformidades, como a quantidade excessiva de resíduos, presença de matéria

orgânica e resíduos perigosos, objetos cortantes ou pontiagudos extrapolando os limites da caçamba, entre outros.

Como a cultura de segregação dos RCC na própria fonte geradora não é comum, a segregação pode ser feita em áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos¹ (ATT), locais definidos como áreas para recebimento e triagem de RCC e resíduos volumosos, realizando o armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada (BRASIL, 2012).

Essas áreas ocupam uma elevada extensão territorial, pois necessitam de grandes equipamentos para que o material, que não é segregado nas obras, seja triado de maneira adequada.

Quando a segregação é realizada em ATTs todo o resíduo da obra é depositado em caçambas, que geralmente ficam estacionadas em vias, onde todo tipo de material é descartado, incluindo podas, móveis, utensílios e até mesmo resíduos domésticos, o que dificulta o processo de segregação dos materiais (BARROS, 2012).

No município de São Paulo, a primeira atividade de segregação dos resíduos de construção iniciou com um transportador privado de RCC, em 1999, com o objetivo de utilizar o aterro público, que recebia somente a fração mineral dos resíduos de construção. Com o tempo a área passou a ser chamada de Área de Transbordo e Triagem e em 2004 o material passou a ser reciclado, iniciando a operação da primeira recicladora privada de RCC em São Paulo (SCHNEIDER; PHILIPPI JUNIOR, 2004).

Segundo os mesmos autores em 2001 diversos órgãos do estado de São Paulo desenvolveram regras para a implantação e operação de ATTs, este documento serviu de base para o desenvolvimento da NBR 15.112, que trata das Áreas de Transbordo e Triagem de RCC. A NBR em questão define critérios quanto a localização das ATTs, devendo haver a aceitação da população, estar de acordo com o uso do solo e as legislações ambientais (ABNT, 2004c).

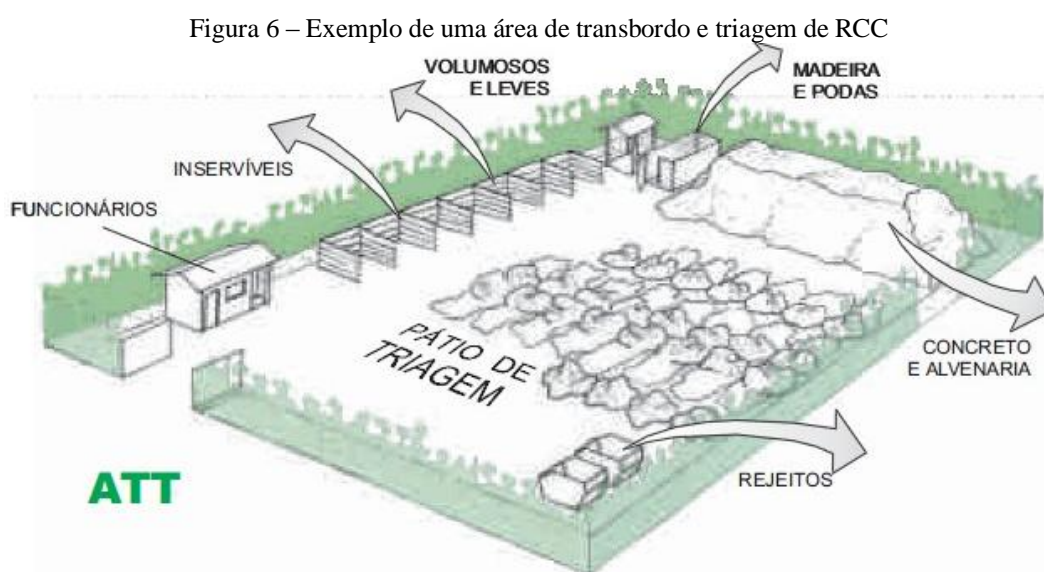
Primeiramente o local deve ser isolado, com portão e cerca no entorno, impedindo o acesso de pessoas e animais, também deve haver o isolamento visual, por exemplo, com cerca viva. Quanto aos sistemas de proteção ambiental, deve ser realizado o controle da poeira e ruídos, deve haver um sistema de drenagem superficial, evitando o carreamento de materiais.

¹ Os resíduos volumosos são aqueles não removidos pela coleta pública municipal, como móveis e equipamentos domésticos inutilizados, grandes embalagens e peças de madeira, não provenientes de indústrias (ABNT, 2004c).

Outro requisito é o revestimento primário do piso no acesso, operação e estocagem, para que o local possa funcionar em quaisquer condições climáticas (ABNT, 2004c).

Na operação das ATTs os resíduos recebidos devem ser integralmente triados, sempre evitando o acúmulo dos mesmos não segregados, devendo ser classificados pela natureza e acondicionados em locais diferenciados. Quanto ao rejeito resultante do processo de triagem deve ser destinado adequadamente (ABNT, 2004c).

Basicamente as ATTs possuem um pátio de triagem dos resíduos onde cada tipo é separado e destinado da maneira adequada (Figura 6).



Fonte: Machado (2014).

No município de Santa Maria – RS a ATT, recebe os entulhos das empresas e realiza uma triagem manual, separando resíduos Classe B, C e D, havendo resíduos hospitalares ou contaminados os mesmos são devolvidos. Os resíduos enquadrados na Classe A são triturados em um britador primário de mandíbula e posteriormente são disponibilizados para a reutilização (DELONGUI et al., 2011).

Para os pequenos geradores é possível implantar pontos de entrega de pequenos volumes, definidas como áreas de transbordo e triagem de pequeno porte, destinadas a entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos de construção civil e resíduos volumosos (ABNT, 2004c).

Em geral os grandes geradores segregam os materiais para reutilização na própria obra ou disponibilizam para empresas de coleta. Os resíduos gerados nas pequenas obras, não possuem tratamento ou separação, sendo descartados em caçambas ou em locais inadequados.

No Rio de Janeiro os resíduos de pequenas obras representam mais de 50% do total de RCC gerado na cidade (BAPTISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013).

Os pequenos geradores encontram dificuldades na segregação como indisponibilidade de espaço para armazenamento e processamento bem como custos elevados devido à baixa quantidade. Baptista Junior e Romanel (2013) propõem a disponibilização de Eco pontos (Figura 7) por parte do poder público, para que pequenos geradores possam segregar seus resíduos nas obras e posteriormente encaminhar a esses locais.

Figura 7 – Eco ponto da cidade de São Luís - Maranhão



Fonte: G1.globo.com (2016).

No município de Belo Horizonte existem 22 unidades de recebimento de pequenos volumes, cada unidade possui aproximadamente 300 m² onde cada cidadão pode entregar até 2 m³/dia de resíduos, incluindo podas de árvores e móveis usados, onde são dispostos em *containers* separados. Do total de material recebido, 27% são destinados para reciclagem, o restante é encaminhado para aterros sanitários (JADOVSKI; MASUERO, 2006).

Após a segregação dos materiais provenientes da construção civil ou da demolição os resíduos enquadrados como Classe A devem ser reciclados, para a reinserção na cadeia produtiva, para tanto devem ser destinados as áreas de reciclagem de RCC.

2.5.2 Área de Reciclagem de RCC

A reinserção dos resíduos da construção civil pode ser realizada por meio da produção de agregados para uso em pavimentação ou concreto não estrutural, com resíduos Classe A,

sendo este o exemplo mais conhecido de logística reversa de RCC. Outra iniciativa é a reciclagem de gesso, enviado para indústrias cimenteiras ou utilizado na produção de defensivos agrícolas (SINDUSCON/SP, 2015).

A confecção de pisos intertravados, conhecidos como *pavers*, é outra aplicação que utiliza resíduos de alvenaria, concretos e argamassas, sendo utilizados também na confecção de blocos de concreto que por sua vez servem de base para outros materiais, como caixas de gordura e bancos (Figura 8) (LIMA; LIMA, 2009).

Figura 8 – Produtos utilizando como base resíduos de construção



Fonte: Adaptado de Lima e Lima (2009).

A construção de muros e paredes de alvenaria com a finalidade de vedação é outra aplicação possível para os agregados reciclados (POLETO; BRESSIANI, 2013).

Segundo Barros (2012) as principais aplicações dos entulhos são:

- material para reforço de sub-base, sub-base e tratamento primário de vias, com material de bica corrida com granulometria $< 76\text{mm}$, inclusive argila, espalhados e compactos no local;
- agregados para obras em geral, com material de resistência elevada, podendo ser utilizados pedrisco, pedras 1, 2 e 3 em cascalhamentos, concretos e demais construções;
- blocos, tijolos e material de argamassa, gerados após moagem e classificação podem ser utilizados na fabricação de materiais;
- aterros, com material de granulometria adequada e isento de elementos inconvenientes, como madeira, plásticos, papeis, visando garantir estabilidade do maciço.

A produção de agregados reciclados deve seguir normas, para que sua aplicação atenda as exigências de qualidade, como a NBR 15.115 que trata dos agregados reciclados para execução de camadas de pavimentação e a NBR 15.116 que trata da utilização dos agregados

reciclados da construção em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural (ABNT, 2004f; ABNT, 2004g).

Além dessas normas, específicas para agregados reciclados, a reciclagem dos resíduos de construção depende de outros estudos que viabilizem a tecnologia, em função da sua utilização, com normalização específica, como a determinação da absorção de água, do material fino, da massa específica, composição granulométrica, entre outros.

Na Espanha o mercado potencial para venda de materiais provenientes de resíduos reciclados consiste na utilização para a base de estradas, áreas de expansão urbana e áreas industriais. Também são utilizados na produção de tijolos e concretos (RÍO et al., 2010).

A recuperação dos resíduos de construção e demolição, nos EUA, chega a 70%, sendo 35% para mistura de agregados, 85% para agregado graúdo e 99% de recuperação dos pavimentos asfálticos (TOWNSEND; WILSON; BECK, 2014).

Na União Europeia a média de reciclagem dos RCC está entre 25 e 30% do total produzido, o restante, 70 a 75% são destinados para aterros (RÍO et al., 2010). Segundo Poletto e Bressiani (2013) na Alemanha a reciclagem é realizada desde o final da segunda guerra mundial, com o objetivo de reconstruir moradias, eliminando o entulho que foi gerado durante a guerra e atendendo a demanda de agregados para a construção.

Segundo Pinto (1999) nos países europeus e no Japão, devido a densidade demográfica e a inexistência de espaços para a destinação dos resíduos, as políticas são mais elaboradas e também, em função da escassez dos recursos naturais e de sua industrialização, foram os pioneiros no controle dos RCC.

Em Belo Horizonte - MG o principal uso dado aos materiais reciclados é a preparação de vias internas e células do aterro municipal, em substituição ao solo, é utilizado também na pavimentação de vias públicas e calçadas. Em Ribeirão Preto – SP o uso de resíduos da construção permitiu a execução de 218 mil m² de pavimentação, o equivalente a 31 km de vias em quase três anos de funcionamento da central de reciclagem (PINTO, 1999).

Segundo Barros (2012) o ideal seria a segregação e a reciclagem do entulho nos canteiros de obras utilizando um moinho e um misturador do tipo betoneira. Segundo o autor, esse procedimento economiza material virgem, evita o transporte e a disposição final inadequada dos RCC.

A reciclagem na própria obra dificilmente é realizada, devendo então ocorrer em áreas de reciclagem de resíduos da construção civil, destinadas ao recebimento e transformação de RCC Classe A, para a produção de agregados. Esses materiais são granulares, apresentando

características técnicas que possibilitem a aplicação em obras de edificações, de infraestrutura, de aterros sanitários e outras obras (ABNT, 2004e).

Segundo Poletto e Bressiani (2013) o agregado reciclado é uma mistura de agregado graúdo, com dimensão entre 4,80 mm e 75 mm, e agregado miúdo, com dimensão até 4,80 mm, obtidos no processo de britagem.

Essas áreas para a produção de agregados podem receber somente resíduos Classe A. Portanto, os resíduos recebidos devem ser previamente triados na fonte geradora, em ATTs ou na própria usina, para que sejam reciclados apenas resíduos inertes (ABNT, 2004e).

O processamento dos materiais dentro da usina pode ser realizado de duas maneiras, automática e semiautomática (MONTEIRO et al, 2001):

- Automática: um equipamento de potência elevada recebe e tritura o entulho sem a separação prévia dos materiais para retirada dos metais. Após a trituração o material passa por um separador magnético que retira os metais, esses são prensados para comercialização. O restante do material passa por uma peneira giratória que segrega o resíduo em diversas porções granulométricas.
- Semiautomático: processo mais utilizado no Brasil, requer que os resíduos sejam previamente segregados, para a retirada dos metais.

A sequência de operação da usina de reciclagem é descrita por Monteiro et al. (2001):

1. Caminhões de transporte de entulho que chegam a usina são pesados e encaminhados ao pátio de recepção;
2. No pátio de recepção é realizada uma vistoria superficial para analisar se a carga possui apenas resíduos de construção civil;
3. A segregação manual do material é realizada no pátio, com auxílio de uma pá carregadeira para revirar o material;
4. Grandes blocos de resíduos são quebrados para que possam ser inseridos no alimentador;
5. O entulho é umedecido com um sistema de aspersão, com vistas a minimizar a poeira gerada pela trituração;
6. Os entulhos são destinados ao alimentador com auxílio de uma pá carregadeira;
7. Passando pelo alimentador o resíduo segue para o moinho onde é triturado;
8. Material é encaminhado para uma peneira vibratória que realiza a separação granulométrica;
9. Então, cada uma das frações é estocada separadamente por meio de uma esteira transportadora.

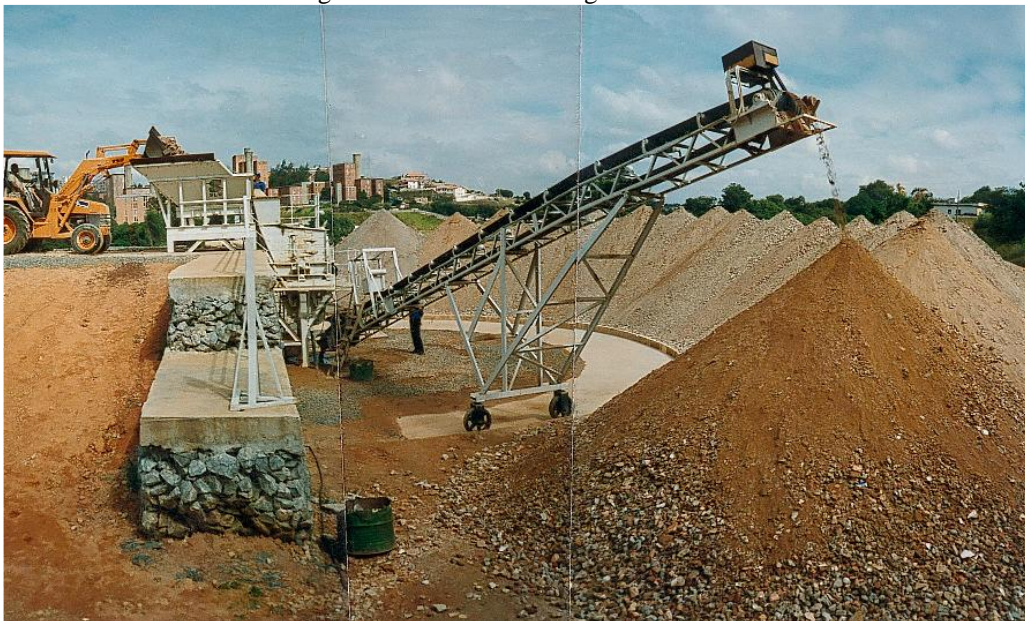
A implantação e operação dessas áreas de reciclagem devem seguir critérios quanto a localização, minimizando o impacto ambiental, maximizando a aceitação pela população e estar de acordo com a lei de uso e ocupação do solo. Deve se analisar o local quanto a hidrologia, vegetação e as vias de acesso (ABNT, 2004e).

Outro critério que deve ser analisado na implantação de áreas de reciclagem é quanto ao isolamento do local, impedindo a entrada de pessoas estranhas e animais, com isolamento do perímetro e portão para controle de acesso ao local. O mesmo deve possuir isolamento visual e sinalização para identificar o empreendimento (ABNT, 2004e).

Quanto a proteção das águas superficiais deve ser prevista a drenagem das águas de escoamento superficial, capaz de suportar uma chuva com período de recorrência de cinco anos, visando impedir a entrada de águas precipitadas na área de reciclagem e o carreamento de material sólido para fora da área, para tanto a superfície da área de operação deve ser regularizada (ABNT, 2004e).

Com a finalidade de diminuir a presença de poeira na maioria das usinas é aspergido água sobre os resíduos, o que é percebido na entrada das usinas de Estoril (Figura 9) e Pampulha em Belo Horizonte, as usinas contam ainda com uma barreira vegetal para evitar a proliferação para a vizinhança (JADOVSKI; MASUERO, 2006).

Figura 9 – Usina de reciclagem de Estoril



Fonte: Pinto (1999).

As mesmas usinas possuem um pátio onde os resíduos são espalhados com uma pá carregadeira e a separação dos materiais é manual. Posteriormente o material é carregado em um alimentador vibratório, britado e estocado.

Segundo Jadovski e Masuero (2006), a área para a instalação de usinas de reciclagem de resíduos é variável em função da capacidade de produção (Tabela 8).

Tabela 8 – Área necessária para a instalação de um usina de reciclagem de resíduos de construção em função da quantidade processada

Quantidade processada (ton/h)	Área necessária para a usina (m²)
10	5.000
20	6.500
30	8.000
40	10.000
50	12.000
75	16.000
100	20.000

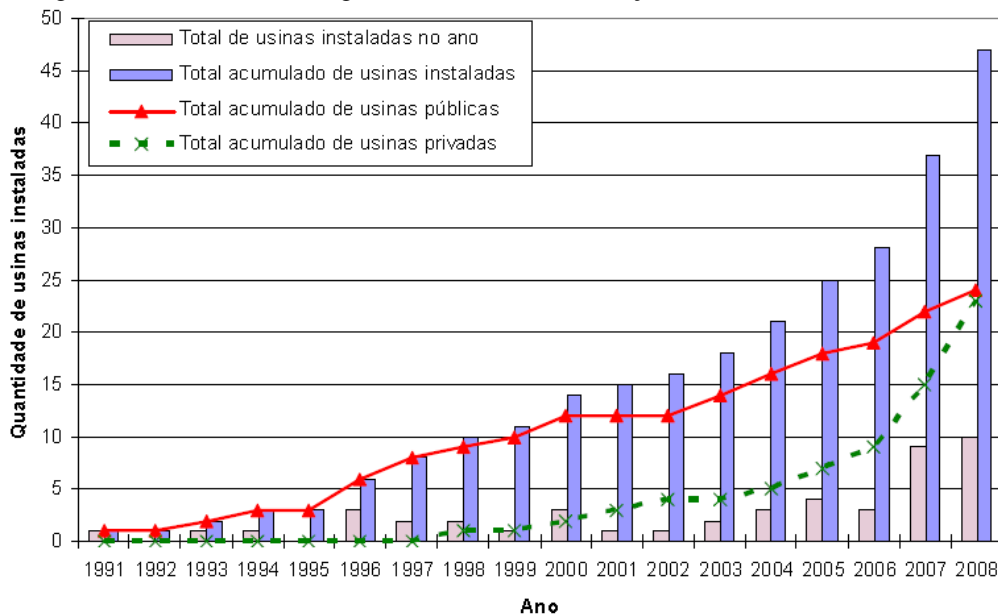
Fonte: Adaptada de Jadovski e Masuero (2006).

Para Peng, Scorpio e Kibert (1997) para uma operação nominal são necessários 0,4 hectares para os equipamentos e mais 0,4 hectares para os materiais processados e a movimentação no pátio da usina.

As pioneiras na instalação de usinas de reciclagem no Brasil foram iniciativas públicas visando reduzir custos com limpeza pública e impactos ambientais associados a disposição de RCC, bem como a geração de agregados reciclados, reduzindo custos com a aquisição de agregados naturais para a execução de serviços públicos (SINDUSCON/SP, 2015).

Apesar da iniciativa pública na instalação de usinas, total de 24 unidades em 2008 (Figura 10), a operação das mesmas é precária, apenas 15 em operação ou instalação. Segundo Miranda, Angulo e Careli (2009), apesar dos benefícios econômicos os gestores públicos encontram dificuldades em administrar tal atividade, devido a mudança de gestão, falta de pessoal tecnicamente preparado ou demora na obtenção de verbas para a compra de peças.

Figura 10 - Usinas de reciclagem de resíduos de construção instaladas no Brasil até 2008



Fonte: Miranda, Angulo e Careli (2009).

No ano de 2014, levantamentos realizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, que coleta informações com gestores municipais, o poder público atuava na maior parte das unidades, em seguida estavam os operadores privados (Tabela 9).

Tabela 9 - Participação na operação, por tipo de operador, dos municípios participantes do SNIS em 2014, segundo tipo de unidade

Tipo de unidade de processamento	Quantidade de unidades por tipo de operador					Total
	Prefeitura	Empresa	Consórcio	Associação de Catadores	Outro Operador	
ATT	23	12	1	4	1	41
Área de reciclagem de RCC	14	7	2	0	3	26
Aterro de RCC	31	15	0	0	0	46

Fonte: Adaptado de SNIS (2016a).

No estado do Paraná um exemplo de área de reciclagem encontra-se na cidade de Almirante Tamandaré, a Usina de Recicláveis Sólidos Paraná (Usipar), que ocupa 54 mil m² com a possibilidade de alcançar 20 mil ton./mês. A usina recolhe resíduos Classe A e tritura, transformando em areia, brita 1, pedrisco, rachão e bica corrida.

Na Usipar, o processamento é semiautomático, pois todo material é depositado em uma área para triagem, separando os materiais que não são processados, como papel, ferro, madeira e vidro. Os materiais recicláveis são levados a um alimentador vibratório que os conduz

a um britador. O resultante do britador é encaminhado a uma peneira, onde os materiais são separados nos cinco tipos (Figura 11).

Figura 11 – Usina de Recicláveis Sólidos Paraná (Usipar) em Almirante Tamandaré-PR.



Fonte: Usipar (2016).

Do total de resíduos de construção recebidos nas usinas, estima-se que 10% são de rejeitos, diferenciando-se por ser de difícil reaproveitamento e reciclagem, devido a contaminação por resíduos orgânicos, por exemplo, ou borras de tinta misturadas a outros resíduos (JADOVSKI; MASUERO, 2006; PINTO, 1999).

Os resíduos que não podem ser segregados nas ATTs ou reciclados nas usinas de reciclagem por não possuírem uma tecnologia ou as mesmas são economicamente inviáveis, devem ser encaminhados para aterros de RCC, onde são reservados para usos futuros ou futura utilização da área.

2.5.3 Aterro de RCC

Os aterros para entulhos são definidos como uma área tecnicamente adequada para a destinação de resíduos Classe A no solo, visando reservá-los segregados, possibilitando assim, o seu uso futuro ou futura utilização da área. Outro quesito é que devem ser confinados no menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, sendo o local devidamente licenciado pelo órgão competente (BRASIL, 2012).

O resíduo disposto no aterro deve ser previamente segregado, de preferência na fonte geradora, ou então em centrais de triagem ou área de triagem no próprio aterro. Devem ser segregados os solos, os resíduos de concreto e alvenaria, os resíduos de pavimentos viários asfálticos e os inertes, podendo ainda ser adotada uma segregação por subtipos (ABNT, 2004d).

Geralmente a implantação de aterro de inertes não é vista desta maneira, realizando a disposição dos resíduos no solo sem o controle adequado. Na cidade de Cascavel, no Paraná, o

chamado aterro de inertes (Figura 12) operou por 13 anos em uma antiga pedreira, sem realizar a segregação dos materiais, em 2015 o mesmo foi desativado (CATVE.com, 2015).

Figura 12 – Aterro de inertes em Cascavel-PR



Fonte: CGN (2015).

Além de receber o material segregado a implantação de aterros de inertes deve seguir critérios quanto a localização, visando o mínimo impacto ambiental, a aceitação da população, e atender a legislação de uso do solo, estes são definidos na NBR 15.113 (ABNT, 2004d).

A mesma NBR 15.113 (ABNT, 2004d) define aspectos que devem ser observados na avaliação da adequabilidade do local, são eles:

- geologia e tipos de solos existentes;
- hidrologia;
- passivo ambiental;
- vegetação;
- vias de acesso;
- área e volume disponíveis e vida útil;
- distância de núcleos populacionais.

Apesar de citar aspectos que devem ser analisados na implantação do aterro de RCC a NBR 15.113 não faz detalhamentos, por exemplo, sobre distanciamento de corpos hídricos.

Existe uma outra norma que trata dos aterros de resíduos não perigosos, que são os aterros de resíduos sólidos urbanos. É a NBR 13.896, que especifica os critérios e distâncias a serem considerados (ABNT, 1997). Comparando os critérios definidos para aterro de inertes e

aterros de resíduos não perigosos percebe-se que alguns são bem semelhantes e melhor especificados na NBR 13.896 (Quadro 4).

Quadro 4 – Comparação de critérios de localização definidos na NBR 15.113 constantes na NBR 13.896

NBR 15.113 (Aterro de inertes)	NBR 13.896 (Aterro de resíduos não perigosos)
Geologia e tipos de solos existentes	Coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m Declividade 1 a 30%
Hidrologia	200 m de qualquer corpo hídrico Não deve ser instalado em áreas sujeitas a inundações com período de recorrência de 100 anos
Passivo ambiental	-
Vegetação	Analisar a existência de vegetação para redução de poeira
Vias de acesso	Os acessos internos e externos devem ser protegidos, executados e mantidos de maneira a permitir sua utilização sob quaisquer condições climáticas.
Área e volume disponíveis e vida útil	Vida útil maior que 10 anos
Distância de núcleos populacionais	Distância mínima de núcleos populacionais de 500 m Área de proteção sem edificação – mínimo de 10 m

Fonte: Adaptado de ABNT (1997) e ABNT (2004d)

Os critérios de segurança para aterro de resíduos não perigosos são mais rígidos em função da decomposição dos resíduos sólidos urbanos aterrados, gerando lixiviados que podem contaminar o solo e os recursos hídricos. Por conta disto a permeabilidade do solo deve ser mínima e a distância a corpos hídricos a maior possível. Outro fator é a exalação de odores e a presença de vetores de doenças podendo afetar a vizinhança, portanto deve-se manter distância de núcleos populacionais e área de proteção sem edificação.

Para aterro de resíduos Classe A, considera-se que os resíduos dispostos são inertes, e para serem considerados como tal, em contato com a água, não devem alterar o padrão de potabilidade. Assim sendo esses tipos de aterros não necessitam de impermeabilização da base.

Porém, um estudo realizado por Córdoba e Schalch (2015) constatou por meio de simulações em colunas de lixiviação, que os RCC Classe A sofrem lixiviação quando dispostos em aterros submetidos a chuvas levemente ácidas. Os lixiviados resultantes apresentaram metais pesados como chumbo, cádmio, ferro, níquel e cromo acima do padrão de potabilidade brasileiro, podendo contaminar as águas subterrâneas.

Outro estudo, realizado por Weber et al. (2002) na Florida, analisou os lixiviados dos resíduos de construção, em células de teste ao ar livre. Os resíduos eram basicamente compostos de madeira, papelão, gesso e concreto. Os autores constataram um odor de sulfeto de hidrogênio

proveniente da utilização do sulfato, na respiração de bactérias anaeróbias, resultante da dissolução do gesso. Outros contaminantes encontrados no estudo, como arsênio de crômio, possuem a fonte mais provável de madeira tratada com CCA (arseniato de cobre cromatado).

Vale salientar que madeiras e gessos, apesar de serem provenientes da construção civil não são considerados resíduos Classe A, mas Classe B, portanto não devem ser destinados para aterros de inertes.

A NBR para aterro de inertes prevê a proteção dos corpos hídricos, com um sistema de monitoramento das águas subterrâneas, constituído de no mínimo quatro poços, sendo um a montante e três a jusante, no sentido do fluxo de escoamento preferencial do aquífero, podendo ser dispensado em função da condição hidro geológica local. Aterros de pequeno porte, com área inferior a 10.000 m² e volume de disposição inferior a 10.000 m³, estão dispensados de monitoramento (ABNT, 2004d).

Quanto ao acesso ao aterro, deve ser protegido com cerca no perímetro, conter sinalização que identifique o empreendimento, com portão para controlar o acesso. Deve haver um anteparo de proteção visual, minimizando o impacto visual, com o uso de cercas vivas. O acesso e a utilização devem ser garantidos em quaisquer condições climáticas (ABNT, 2004d).

No término da vida útil do aterro o mesmo deve possuir um uso futuro, colocando em prática o plano de recuperação da área degradada (ABNT, 2004d).

Para que se encontre uma sustentabilidade na cadeia produtiva dos materiais de construção, o ideal é que seja realizada a Gestão Preventiva com a segregação na fonte, favorecendo a reciclagem dos resíduos. Desta maneira, os aterros para resíduos inertes seriam escassos, utilizados apenas para os resíduos que não possuem tecnologia para reciclagem (Classe C) ou então aqueles que foram impossibilitados de serem segregados.

Em paralelo a estruturação física, segundo Barros (2012), atividades de informação e fiscalização devem ser permanentes, para garantir a observância e a efetividade das decisões.

2.6 GEOTECNOLOGIAS

A escolha de locais para a destinação de resíduos exige experiências em diversos campos, como a ciência do solo, engenharia, topografia, uso do solo, sociologia e economia. Devem ser considerados inúmeros fatores para a escolha do local, como a distância a estradas,

habitação, elementos de infraestrutura e a capacidade de infiltração do solo (SUMATHI; NATESAN; SARKAR, 2008).

A indisponibilidade de terras, falta de aceitação da população e a enorme geração de resíduos dificultam o processo de escolha de um local adequado, pois estes empreendimentos em locais inadequados podem afetar o meio ambiente, a economia e os aspectos socioculturais (CHANG; PARVATHINATHAN; BREEDEN, 2008)

Os Sistemas de Informações Geográficas se tornam uma ferramenta adequada para auxiliar na escolha do melhor local para a destinação dos resíduos de construção, por ser uma técnica de manipulação de dados variáveis espacialmente, auxiliando na tomada de decisões no gerenciamento do uso do solo (HAMADA; GONÇALVES, 2007).

Dalmas et al. (2011) realizaram um estudo de áreas aptas para a instalação de aterros sanitários em São Paulo. Para tanto, utilizaram SIG para a álgebra de dados oriundos de mapas e tabelas. Assim como Gbanie et al. (2013), que utilizaram SIG para identificar um local adequado para a instalação de um aterro na cidade de Bo, em Serra Leoa, na África. Bem como Moraes, Ferreira e Oliveira (2010), que levantaram as áreas potenciais para instalação de aterros sanitários na região metropolitana de Belém - PA, com uso de SIG.

Outro estudo para identificar um local adequado para a instalação de um aterro sanitário foi realizado por Sumathi, Natesan e Sarkar (2008). O estudo gerou um mapa de índice de qualidade do ar e um mapa de *buffers* (área do entorno de um objeto), indicando as áreas de lagos, lagoas, rios, fontes de abastecimento de água, habitação, estradas e linha de falha que não são adequadas para a instalação de um aterro sanitário.

No caso de aterros de resíduos inertes, a utilização de SIG na escolha de locais adequados, é incipiente, possuindo poucos estudos. Um desses estudos foi realizado no norte da Itália, no qual os dados analisados foram de uso e ocupação do solo, elevação, declividade, geologia, permeabilidade do solo, riscos naturais, hidrologia, inventário florestal, sensibilidade ecológica, áreas protegidas, rede de estradas, assentamentos e população, além de dados climáticos. O mapa de aptidão gerado descartou 90% da área analisada (GENELETTI, 2010).

No Brasil, Biju (2015) utilizou SIG associado a análise de decisão por critérios múltiplos (MCDA) para identificar locais para instalação de aterros inertes na região metropolitana de Curitiba - PR. Os critérios analisados foram de uso e ocupação do solo, tipos de solo, topografia, áreas protegidas por lei, distância de recursos hídricos, de centros urbanos e das principais estradas e rodovias.

Outro estudo foi realizado por Campos (2010) no município de Nova Lima - MG, analisando áreas de vegetação preservada, unidades de conservação, áreas de preservação

permanente, locais de mineração, macrozonas municipais e a inclinação do terreno. Após a seleção das áreas, analisou a distância a centros geradores de RCC, disponibilidade de vias de acesso e a presença de bacias hidrográficas relevantes para o abastecimento de água.

Os estudos ambientais com uso de geotecnologias subsidiam diversas demandas de planejamento e gestão territorial. A análise espacial dos ambientes possibilita conhecer o uso do solo, auxiliando na avaliação, planejamento e gerenciamento da dinâmica das cidades, tornando-se uma ferramenta poderosíssima no planejamento em relação a destinação final dos resíduos sólidos urbanos (MORAES; FERREIRA; OLIVEIRA, 2010).

O geoprocessamento, ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos, equipamentos, dados de diversas fontes e profissionais habilitados, permite a manipulação, avaliação e geração de produtos (PIROLI, 2010). O geoprocessamento pode ou não estar associado ao uso de um Sistema de Informações Geográficas (RAMIREZ; SOUZA, 2007).

2.6.1 Sistemas de Informações Geográficas

Como mencionado anteriormente existem diversos estudos com uso de Sistemas de Informações Geográficas, em um município, por exemplo, pode-se realizar zoneamentos, monitorar áreas de risco e de proteção ambiental, analisar a expansão urbana, controlar ocupações irregulares entre outros (FITZ, 2008).

A vantagem na utilização do SIG surge do fato de reduzir o tempo e o custo na tomada de decisão, como na escolha do melhor local para instalação de aterros, e também oferece um banco de dados digitais para o monitoramento a longo prazo. Existe ainda a possibilidade de investigar diferentes cenários relacionados ao crescimento populacional e a visualização dos resultados em representação gráfica (SUMATHI; NATESAN; SARKAR, 2008).

O surgimento da ferramenta teve início em 1960, quando foi criado o centro de pesquisas e desenvolvimento de SIG, em Washington, então em 1964 o primeiro SIG foi criado para o inventário de terras do Canadá, o *Canadian GIS*. Nos Estados Unidos, o censo de 1967 foi realizado com o apoio do *Geographic Base File/Dual Independent Map Encoding* (GBF/DIME) (PIROLI, 2010).

A partir da década de 1970 houve um avanço enorme no desenvolvimento de *hardware*, nesta época, também começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (*Computer Aided Design* ou projeto assistido por computador) melhorando a produção de

desenhos e plantas para engenharia, servindo de base para os sistemas de cartografia automatizada (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Em 1982 foi lançado o Arc/Info pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), que até hoje é um dos *softwares* pagos mais utilizados no mundo. O ArcGIS permite o desenvolvimento de atividades espaciais, utilizando arquivos matriciais ou vetoriais.

No Brasil, na década de 1980, o Sistema de Análise Geo-Ambiental (SAGA), desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, foi o precursor, na mesma época o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) desenvolveu o Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM) e posteriormente o Sistema de Processamento de Informações Geográficas (SPRING) (PIROLI, 2010).

O *software* SPRING foi desenvolvido com participação do Centro Nacional de Pesquisa em Tecnologia em Informática para a Agricultura (CNPTIA), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do Centro Científico IBM Rio. Atualmente o *software* é gratuito, operando em conjunto com sistemas de gerenciamento de bando de dados, com um ambiente para trabalhar mapas temáticos, modelos numéricos de terreno, mapas cadastrais, redes e imagens de satélite (CÂMARA; FREITAS, 1995).

A diversidade de sistemas que surgiram foi devido a vasta quantidade de dados em formato digital. Muitos dados possuem uma referência geográfica, pode ser uma coordenada cartesiana ou latitude e longitude, podendo ser manipulados em Sistemas de Informações Geográficas (MAGUIRE, 1991).

O SIG representa a realidade com uma série de características geográficas associadas a dados de atributos. O elemento geográfico é mais importante que o elemento de atributo, isso diferencia o SIG dos demais sistemas de informação, sendo diferenciado devido ao foco em entidades espaciais e de modelagem (MAGUIRE, 1991).

Para Câmara et al. (1996) os SIGs são construídos para armazenar, analisar e manipular dados que representam objetos e fenômenos sendo a localização geográfica desses elementos uma característica indispensável para tratá-los.

Os SIGs procuram simular a realidade do espaço geográfico, possuindo características principais de (CÂMARA; FREITAS, 1995, p. 02):

- Integrar informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.
- Oferecer mecanismos para análise geográfica, através de facilidades para consultar, recuperar, manipular, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

O SIG é composto basicamente de interface com o usuário, que define como o sistema é operado e controlado, entrada e integração de dados, funções de análise espacial e consulta espacial, visualização e geração de cartas, armazenamento e recuperação de dados (CÂMARA; FREITAS, 1995).

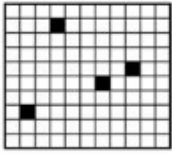


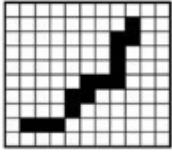


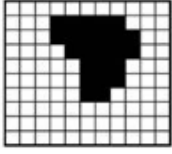

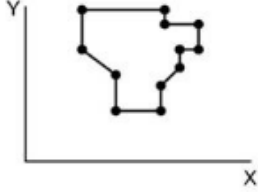
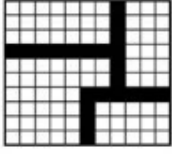
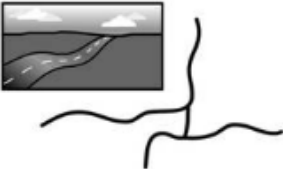
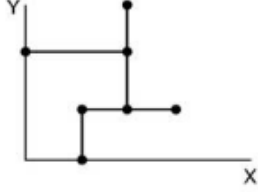
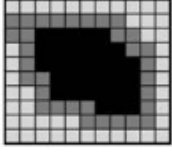

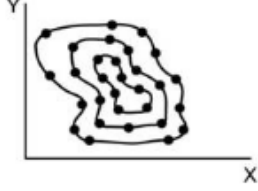
A coleta de dados pode ser feita de diversas maneiras, cartografia (mapas), sensoriamento remoto (imagens de satélite e radar), fotogrametria (fotos aéreas), topografia (levantamentos topográficos e geodésicos), Sistema de Posicionamento Global (GPS - *Global Positioning System*), dados alfanuméricos (SILVA, 2007b).

Para Câmara et al. (1996) existem quatro formas principais de entrada de dados no ambiente SIG, utilizando caderneta de campo, digitalizando em mesa, digitalização ótica e a leitura de dados digitais e dados em outros formatos. Esses dados geralmente são armazenados sob forma de um banco de dados.

Para Hamada e Gonçalves (2007) o banco de dados é o sistema central do SIG, que é a coleção de mapas e informações associadas no formato digital. O banco de dados compreende dois elementos, um espacial que descreve a geografia, forma e posição das feições e um de atributos, que descreve as características dessas feições (EASTMAN, 1998).

A representação dos dados em ambiente SIG pode ser realizada de duas maneiras, *raster* (matricial) e vetorial (Figura 13). A representação vetorial tenta representar um elemento ou objeto o mais exatamente possível, utilizando pontos, linhas e polígonos. Na representação matricial é utilizada uma malha quadriculada regular, onde se constrói, célula a célula, o elemento representado, a cada célula atribui-se um código ao atributo estudado (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Figura 13 – Comparação entre dados matriciais e dados vetoriais

A visão raster do mundo	Entidades espaciais	A visão vetor do mundo
	 Pontos = Hotéis	
	 Linhas = Teleféricos	
	 Áreas = Florestas	
	 Redes = Estradas	
	 Superfície = Elevação	

Fonte: Adaptado de Evans (2010).

Entre os tipos de dados a serem processados estão (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001):

- dados cadastrais, cada um de seus elementos é um objeto geográfico, com atributos (dados de nome, localização, características). A parte gráfica é armazenada em forma de coordenadas vetoriais e seus atributos não gráficos em um banco de dados;
- redes, onde cada objeto geográfico possui a localização geográfica e também está associado a atributos, geralmente utilizado em serviços de utilidade pública, como água, luz, telefone, redes de drenagem e rodovias. A parte gráfica é armazenada

em forma de coordenadas vetoriais e seus atributos não gráficos guardados em um banco de dados;

- modelos numéricos do terreno (MNT) para representar dados que variam continuamente no espaço, são os geralmente associados a altimetria, unidades geológicas, teor de minerais ou propriedades do solo. Podem ser armazenados em grades regulares, com representação matricial ou em grades triangulares e isolinhas (curvas de nível), com representação vetorial;
- imagens de satélites, fotografias aéreas são armazenadas como matrizes, cada elemento da imagem (pixel) tem um valor em função da energia eletromagnética refletida ou emitida;
- dados temáticos, admitem tanto representação matricial quanto vetorial.

A manipulação e análise dos dados geográficos podem ser agrupadas de acordo com o tipo de dado (CÂMARA, DAVIS, MONTEIRO, 2001):

- Análise geográfica: combina as informações temáticas, utilizando a álgebra de mapas, que é a base de implementação de operadores de análise, estas funções incluem reclassificação, intersecção, operações *booleanas* e matemáticas entre mapas e consulta ao banco de dados.
- Processamento digital de imagens: tratamento de imagens de satélite e digitalizadas, sendo necessário funções como realce por modificação de histograma, filtragem especial, classificação estatística por máxima verossimilhança, rotação espectral, transformação IHS (*Intensity-Hue-Saturation*) para RGB (*red-green-blue*) e registro.
- Modelagem numérica do terreno: permite cálculo de declividade, volume, cortes transversais, linha de visada.
- Geodésia e fotogrametria: utilizada em aplicações de cartografia automatizada e atualização de mapeamentos.
- Modelagem de redes: precisa adaptação as necessidades de cada usuário.

A análise de mapas temáticos é uma aplicação bastante prática dos SIGs, também chamados de mapas de propósitos especiais realizam o mapeamento de fenômenos físicos e culturais ou de ideias abstratas, podem ser qualitativos e/ou quantitativos (NOGUEIRA, 2008).

Os quantitativos ilustram a quantidade de algo que está presente na área mapeada. É feita a transformação de dados tabulares em um formato especial de mapa, como exemplo, mapa de natalidade de um município. Por outro lado, os mapas qualitativos mostram a

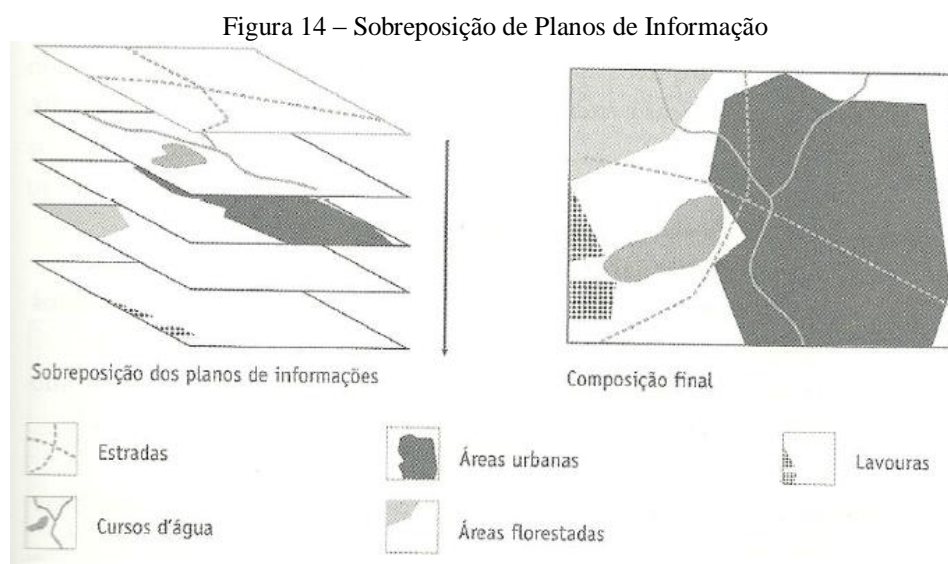
distribuição espacial ou localização de algum fenômeno geográfico, como o uso da terra em áreas de mineração de carvão (NOGUEIRA, 2008).

Devido a diferenças entre critérios analisados para a instalação de aterros sanitários é necessária uma padronização dos dados, para que os dados quantitativos possam ser correlacionados com os dados qualitativos (DALMAS et al., 2011).

Os múltiplos critérios analisados, antes de serem agregados, devem ser reescalados para um intervalo numérico comum, realizando uma padronização nos dados. A padronização pode ser entre 0 e 1, onde 0 são regiões inaptas e 1 regiões aptas, designada técnica *booleana*, ou pode haver a incorporação de incertezas nos critérios, padronizados com uma escala de aptidão entre 0, menos apto, até 1, mais apto, denominada de lógica *fuzzy* (LIOTTE, 2000).

Após a padronização dos dados, os mesmos podem ser combinados, por exemplo, para destacar informações de interesse nas imagens ou comprimi-las, faz-se o uso de operações aritméticas com mapas, ou seja, trabalha com a álgebra de mapas. Nestas operações os pixels da imagem sofrem as operações um a um (PIROLI, 2010).

Com a álgebra de mapas ocorre a sobreposição dos mesmos (Figura 14), cada mapa contendo um tema específico, o qual constitui um Plano de Informação (PI), é sobreposto a outro de temática diferente, mas de igual dimensão, gerando um produto derivado (FITZ, 2008).



Fonte: Fitz (2008).

Nos últimos anos a associação entre SIGs e técnicas de apoio a decisão tem sido muito utilizada para a escolha de locais adequados para a implantação de aterros de resíduos.

2.7 FERRAMENTAS DE APOIO A DECISÃO

Segundo Silva et al. (2013) os sistemas de suporte a decisão podem auxiliar na escolha do terreno apropriado, pois por meio do tratamento de dados e técnicas heurísticas e algoritmos, o modelo faz uma análise comparativa para a extração de um resultado considerado mais relevante.

Existem diversas técnicas de apoio a decisão. A escolha da técnica depende das características dos estudos a serem realizados. A seguir são apresentadas algumas técnicas usualmente aplicadas em estudos de localização de aterros.

2.7.1 Técnica *Delphi*

A técnica Delphi “busca um consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros” (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000, p. 01). Baseia-se no fato de que as opiniões de um painel de especialistas sobre determinado assunto é melhor do que a opinião de somente um indivíduo.

O método trata da aplicação de um questionário iterativo para diversos especialistas, anônimos. O resultado recebe tratamento estatístico e são devolvidos aos participantes que devem novamente responder os questionários e reavaliar suas respostas com base no resultado da primeira rodada. Em cada rodada as perguntas são repetidas para que os participantes possam reavaliar suas respostas, o processo é repetido até que as divergências nas opiniões entre os peritos tenham um nível satisfatório (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

2.7.2 Lógica *Booleana*

A lógica *booleana* auxilia na tomada de decisão na indicação de locais para aterros de resíduos pois a técnica elimina as áreas que são totalmente inadequadas, como áreas com recursos hídricos e suas respectivas áreas de preservação permanente, destacando as áreas adequadas para a disposição dos resíduos (SAMIZAVA et al., 2008).

O método *Booleano* gera dados em formato Temático sendo a potencialidade expressa espacialmente em forma de polígonos que representam as classes (favorável e não favorável) (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001, p. 242).

O modelo *booleano* envolve combinação lógica de mapas binários utilizando operadores condicionais do tipo $A \text{ AND } B$ retorna os elementos da intersecção de A e B, $A \text{ NOT } B$ retorna os elementos contidos somente em A, $A \text{ OR } B$ retorna os elementos de A e B exceto os da intersecção de A e B. O resultado é expresso de forma binária, 0 para não satisfeito e 1 para satisfeito (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

2.7.3 Lógica Fuzzy

A lógica fuzzy, lógica nebulosa ou ainda lógica difusa “[...] é muito semelhante ao modelo de raciocínio humano, baseado em aproximações e cercada de incertezas e suposições (AGUADO; CANTANHEDE, 2010, p. 01).”

Na escolha do melhor local para a instalação de aterros a lógica permite indicar áreas com um gradiente de aptidão, por exemplo, ao analisar a declividade, áreas com declive acentuado são totalmente inadequadas mas à medida que a declividade diminui a aptidão aumenta, sendo a lógica *fuzzy* mais eficiente na escolha de áreas para aterros, permitindo identificar áreas com aptidão intermediária.

Um conjunto *fuzzy* tem como característica a indefinição de fronteiras ou limiares entre as classes, assumindo valor 1 quando o grau de compatibilidade for completo, assumindo um valor entre 0 e 1 quando este grau de compatibilidade não for total e assumindo o valor 0 quando não houver nenhuma compatibilidade (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Na análise de locais adequados para a implantação de empreendimentos, os critérios considerados, com diferentes unidade de medidas, podem ser normalizados pela lógica *fuzzy*. Segundo Melo (2001), as funções mais utilizadas na normalização são Sigmoidal, *J-Shaped*, Linear e Definida pelo Usuário.

A função sigmoidal, descrita por uma função cosseno, requer a indicação de quatro pontos (a, b, c e d) ao longo do eixo X, que são os pontos de controle. A função pode ser simétrica sem patamar ou com patamar, decrescente ou crescente (MELO, 2001) (Figura 15).

Figura 15 – Diferentes tipos da função *fuzzy* sigmoidal

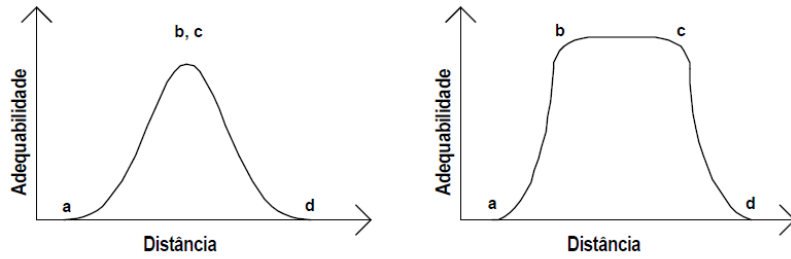


Figura 9a – Função sigmoidal simétrica sem patamar

Figura 9b – Função sigmoidal simétrica com patamar

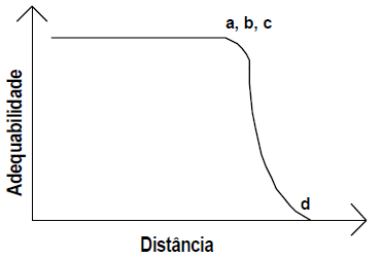


Figura 9c – Função sigmoidal decrescente

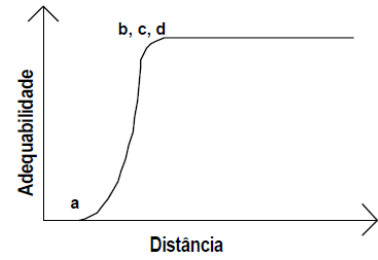


Figura 9d – Função sigmoidal crescente

Fonte: Melo (2001).

A curva sigmoidal crescente pode ser utilizada, por exemplo, para a distância a corpos hídricos, quanto menor a distância, menor o *score* de aptidão (EASTMAN, 1998). Já função sigmoidal simétrica pode ser utilizada para a distância a rede viária, quando a distância intermediária é de máxima aptidão, pois não prejudica usuários da estrada e não aumenta custos com logística (SAMIZAVA et al., 2008).

Na função *J-Shaped* a curva da função aproxima-se de 0 quando a abscissa tende ao infinito (MELO, 2001) (Figura 16).

Figura 16 – Diferentes tipos da Função J-Shaped

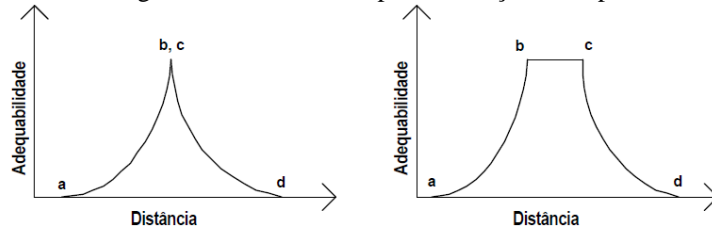


Figura XXa - Função J simétrica

Figura XXb - Função J simétrica

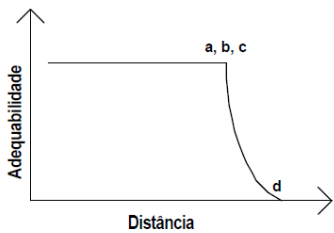


Figura 10c – Função J decrescente

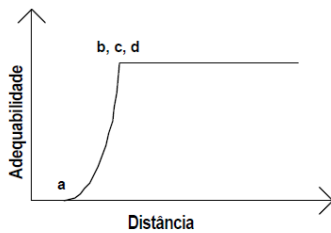


Figura 10d – Função J crescente

Fonte: MELO (2001).

Já a função linear simples é a mais comum, segundo Eastman (1998) pode ser utilizada para analisar distâncias do centro da cidade, que afetam em custos para incorporadores, portanto a menor distância tem o maior *score* de aptidão e a maior distância o menor *score*. Alguns modelos de função linear são apresentados a seguir (Figura 17).

Figura 17 – Diferentes tipos da função linear

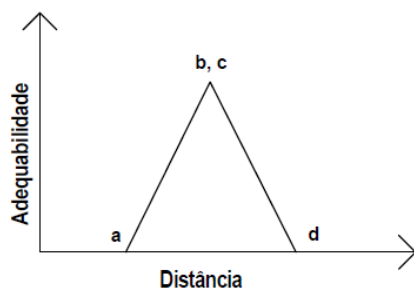


Figura 11a – Função linear simétrica sem patamar

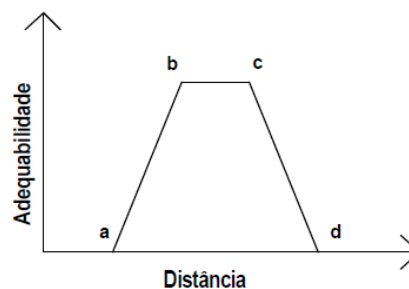


Figura 11b – Função linear simétrica com patamar

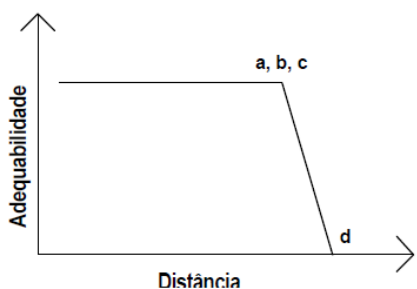


Figura 11c – Função linear decrescente

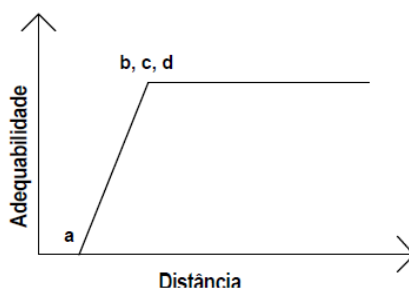
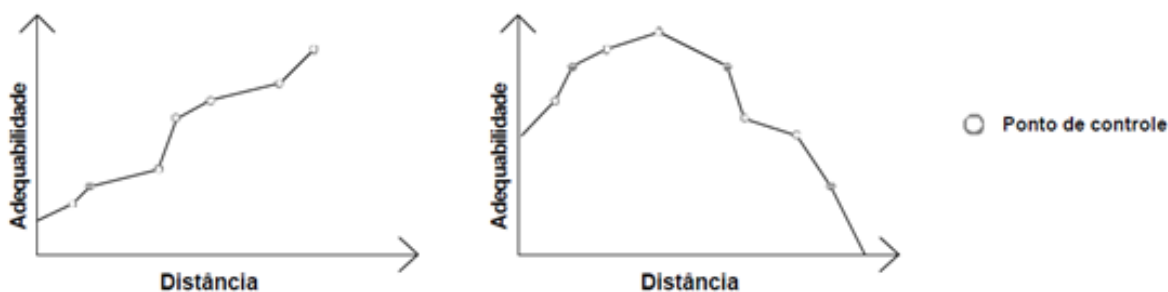


Figura 11d – Função linear crescente

Fonte: MELO (2001).

As funções também podem ser definidas pelo usuário, sendo a função *fuzzy*, entre dois pontos de controle, linearmente interpolada (MELO, 2001) (Figura 18).

Figura 18 – Função *fuzzy* definida pelo usuário



Fonte: Adaptado de Melo (2001).

As lógicas *booleana* e *fuzzy* são muito utilizadas na padronização de dados qualitativos e quantitativos, para que os mesmos possam ser combinados e a análise entre múltiplos critérios seja possível.

2.7.4 Combinação Linear Ponderada (WLC)

A Combinação Linear Ponderada (*Weighted Linear Combination* – WLC) permite que os diferentes mapas, de restrições e fatores, sejam combinados gerando um novo mapa de aptidão para o caso em estudo. Os mapas de restrições são gerados normalmente por lógica *booleana*, com classes do tipo apto e não apto, já os fatores definem um grau de aptidão para a área analisada, expressando “[...] uma medida contínua de aptidão, realçando ou diminuindo a importância de uma alternativa em consideração naqueles locais fora das restrições absolutas (WEBER; HASENACK, 2000, p. 05).”

Esta combinação é feita multiplicando cada fator padronizado, por exemplo por lógica *fuzzy*, pelo seu peso correspondente, peso que pode ser obtido pela técnica AHP, e somando-se todos os fatores. Se a região em análise possui restrições, com o uso da lógica *booleana*, essas são então multiplicadas depois de somados todos os fatores, eliminando assim áreas que não são aptas em grau algum (EASTMAN, 1998).

A WLC permite a compensação dos fatores uns com os outros:

[...] os fatores se compensam totalmente, fatores com aptidão elevada em um local podem compensar outros fatores com baixa aptidão neste mesmo local. O grau com que um fator pode compensar o outro é determinado pelo [...] peso de compensação. (EASTMAN, 1998, p. 187)

2.7.5 Processo Analítico Hierárquico (AHP)

Para realizar a combinação linear ponderada dos fatores, após os mesmos estarem padronizados, é necessário realizar a atribuição de pesos de importância para cada mapa de fator gerado, para tanto a técnica AHP tem sido muito utilizada.

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), permite uma estruturação hierárquica das múltiplas variáveis que estão influenciando na tomada de decisão. Desta maneira os fatores de decisão são analisados par a par, atribuindo um grau de importância maior ou menor.

A técnica AHP é considerada a mais promissora no processo de tomada de decisão, sendo baseada na comparação pareada proposta por Thomas Saaty em 1978, onde a comparação

dois a dois recebe critério de importância relativa conforme a escala fundamental de Saaty (Quadro 5) (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

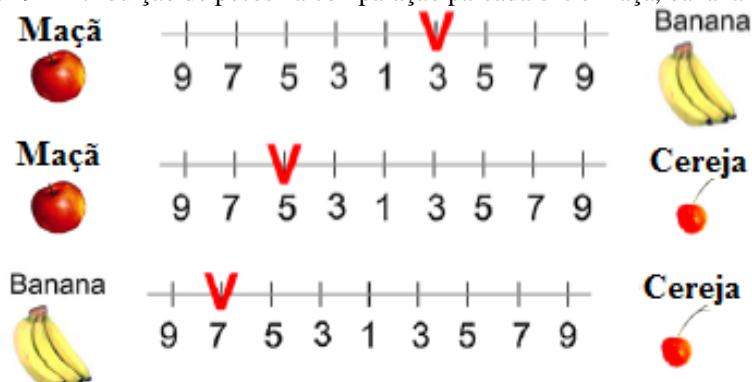
Quadro 5 – Escala fundamental de números absolutos

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
2	Fraca ou ligeiramente fraca	
3	Moderada importância	Experiências favorecem ligeiramente uma atividade em detrimento de outro
4	Mais moderada importância	
5	Forte importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em detrimento de outro
6	Mais forte importância	
7	Muito forte ou demonstrada importância	Uma atividade é favorecida muito fortemente sobre o outra; seu domínio demonstrado na prática
8	Muito, muito forte	
9	Extrema importância	A evidência de favorecimento uma atividade em detrimento de outra é da mais alta ordem possível de afirmação

Fonte: Adaptado de Saaty (2008).

A comparação pareada funciona da seguinte forma, supondo a comparação entre maçã, banana e cereja, se o julgador gostar mais de banana do que da maçã atribui um peso entre 1 e 9 do lado direito, se gosta mais de maçã que cereja marca um peso no lado esquerdo e se gosta mais de banana que de cereja marca do lado esquerdo (Figura 19) (TEKNOMO, 2006).

Figura 19 – Atribuição de pesos na comparação pareada entre maçã, banana e cereja



Fonte: Teknomo (2006).

Com a atribuição de pesos é possível montar uma matriz de comparação, com três elementos o tamanho da matriz é 3x3, os elementos da diagonal principal sempre serão 1 pois compara cada fator com ele mesmo. Então basta preencher os valores da triangular superior, seguindo as seguintes regras (TEKNOMO, 2006):

1. Se o valor de julgamento está no lado esquerdo de 1, preencher com o valor de julgamento real;
2. Se o valor de julgamento está no lado direito de 1, preencher com o valor recíproco.

A matriz triangular inferior é preenchida com os números recíprocos da matriz triangular superior (Figura 20).

Figura 20 – Matriz de comparação pareada entre banana, maçã e cereja

$$\mathbf{A} = \begin{array}{c} \mathbf{Maçã} \\ \mathbf{Banana} \\ \mathbf{Cereja} \end{array} \begin{array}{ccc} \mathbf{Maçã} & \mathbf{Banana} & \mathbf{Cereja} \\ \left[\begin{array}{ccc} 1 & \frac{1}{3} & 5 \\ 3 & 1 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & 1 \end{array} \right] \end{array}$$

Fonte: Adaptado de Teknomo (2006).

Após a montagem da matriz de comparação é necessário obter o vetor de pesos, para tanto é feita a normalização dos dados, primeiramente realizando o somatório dos elementos de cada coluna e dividindo todos os elementos de cada coluna pelo seu referido somatório (Figura 21) (COSTA, 2002).

Figura 21 – Normalização dos dados da comparação entre maçã, banana e cereja

$$\mathbf{A} = \begin{array}{c} \mathbf{Maçã} \\ \mathbf{Banana} \\ \mathbf{Cereja} \\ \mathbf{Somatório} \end{array} \begin{array}{ccc} \mathbf{Maçã} & \mathbf{Banana} & \mathbf{Cereja} \\ \left[\begin{array}{ccc} 1 & \frac{1}{3} & 5 \\ 3 & 1 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & 1 \\ \frac{21}{5} & \frac{31}{21} & 13 \end{array} \right] \end{array} \Rightarrow \mathbf{A} = \begin{array}{c} \mathbf{Maçã} \\ \mathbf{Banana} \\ \mathbf{Cereja} \\ \mathbf{Somatório} \end{array} \begin{array}{ccc} \mathbf{Maçã} & \mathbf{Banana} & \mathbf{Cereja} \\ \left[\begin{array}{ccc} \frac{5}{21} & \frac{7}{31} & \frac{5}{13} \\ \frac{15}{21} & \frac{21}{31} & \frac{7}{13} \\ \frac{1}{21} & \frac{3}{31} & \frac{1}{13} \\ 1 & 1 & 1 \end{array} \right] \end{array}$$

Fonte: Adaptado de Teknomo (2006).

O vetor dos pesos ou vetor de prioridades é, então, obtido com a média das linhas dos dados normalizados (Figura 22).

Figura 22 – Vetor de pesos de importância na comparação entre maçã, banana e cereja

$$\mathbf{w} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \frac{5}{21} + \frac{7}{31} + \frac{5}{13} \\ \frac{15}{21} + \frac{21}{31} + \frac{7}{13} \\ \frac{1}{21} + \frac{3}{31} + \frac{1}{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2828 \\ 0.6434 \\ 0.0738 \end{bmatrix}$$

Fonte: Teknomo (2006).

Destaca-se que a atribuição de valores na comparação é subjetiva, dependendo do conhecimento empírico do usuário. Porém, se os valores atribuídos forem coerentes e a matriz for consistente, o processo tem grande representatividade (SAMIZAVA et al., 2008).

Para mensurar a consistência da matriz de julgamentos, Saaty (2008) propôs o Índice de Consistência (IC) (Equação 6).

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (6)$$

Sendo que n é o número de fatores analisados; e λ_{\max} é o maior autovalor da matriz de julgamentos, obtido a partir da soma dos produtos entre cada elemento do vetor de pesos e a soma das colunas da matriz recíproca (Figura 23).

Figura 23 – Cálculo do maior autovalor da matriz de julgamento

		Maçã	Banana	Cereja
$\mathbf{A} =$	Maçã	1	$\frac{1}{3}$	5
	Banana	3	1	7
	Cereja	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	1
	Somatório	$\frac{21}{5}$	$\frac{31}{21}$	13

$$\mathbf{w} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \frac{5}{21} + \frac{7}{31} + \frac{5}{13} \\ \frac{15}{21} + \frac{21}{31} + \frac{7}{13} \\ \frac{1}{21} + \frac{3}{31} + \frac{1}{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2828 \\ 0.6434 \\ 0.0738 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{21}{5} (0.2828) + \frac{31}{21} (0.6434) + 13(0.0738) = 3.0967$$

Fonte: Adaptado de Teknomo (2006).

Após obter o índice de consistência este deve ser comparado com o índice apropriado desenvolvido por Saaty, este é chamado de Índice de Consistência Randômico (RI) e dependente do número de fatores analisados (Figura 24) (COSTA, 2002).

Figura 24 – Índice de Consistência Randômico

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fonte: Teknomo (2006).

A comparação proposta por Saaty é chamada de Coeficiente de Consistência (Equação 7):

$$RC = \frac{IC}{RI} \quad (7)$$

Se o Coeficiente de Consistência for menor que 10% então a inconsistência é aceitável, do contrário os julgamentos dos critérios devem ser reavaliados (SAATY, 2008).

Existem diversos programas que realizam o processo analítico hierárquico, a empresa *Expert Choice*, desenvolveu um *software* de mesmo nome e desde 1983 auxilia na tomada de decisões servindo mais de 60 países (EXPERT CHOICE, 2016).

Outro *software* disponível, mas gratuito, é o *Super Decisions*, de propriedade da empresa *Decisions Lens*, auxilia na construção de modelos de tomada de decisão do tipo *Analytic Network Process (ANP)*, baseado na AHP. A interface de trabalho do programa é de difícil manejo, com pouca facilidade para uso de suas funcionalidades (ALVES, SHIMIZU; IKEDA, 2013).

Outras ferramentas gratuitas estão disponíveis como o modelo AHP em Excel desenvolvido por Klaus D. Goepel, tem a possibilidade de participação de 20 especialistas para a tomada de decisão, com 20 planilhas de entrada de dados e a comparação de até dez critérios (GOEPEL, 2013).

2.7.6 Estudos de localização com técnicas de suporte a decisão

Sumathi, Natesan e Sarkar (2008) utilizaram a técnica *Delphi* na escolha da localização de um aterro sanitário na Índia. Outro estudo baseado na técnica *Delphi* foi realizado na Itália, para a escolha da melhor localização para a implantação de um aterro de inertes. As pessoas interessadas no assunto, escritórios de gestão ambiental do governo, empresas de gestão de aterros, usuários de aterros, como empresas de escavação, e peritos ambientais foram entrevistados para fornecer uma lista de restrições e fatores a serem analisados na implantação do aterro de inertes (GENELETTI, 2010).

Após a identificação dos parâmetros a serem analisados Geneletti (2010) realizou a Combinação Linear Ponderada, partindo da normalização dos dados e da atribuição de pesos as variáveis. A designação dos pesos foi realizada também com entrevistas aos interessados.

Outro estudo foi o de Chang, Parvathinathan e Breeden (2008) que associaram o SIG com a lógica *fuzzy* na escolha do melhor local para a instalação de um aterro sanitário no sul do Texas, com informações de especialistas regionais.

Dalmas et al. (2011) utilizaram a avaliação por multicritérios na indicação de áreas aptas a implantação de aterros sanitários em São Paulo. Primeiramente realizaram a padronização dos dados por meio da lógica *fuzzy* e então realizaram a Combinação Linear Ponderada com pesos atribuídos pela AHP.

Procedimento semelhante foi utilizado por Samizava et al. (2008) que normalizou os dados com a lógica *fuzzy*, excluiu áreas inadequadas com a lógica *booleana* e por fim utilizou a técnica AHP para ponderar cada variável, também na escolha da melhor localização para aterro sanitários, na cidade de Presidente Prudente – SP.

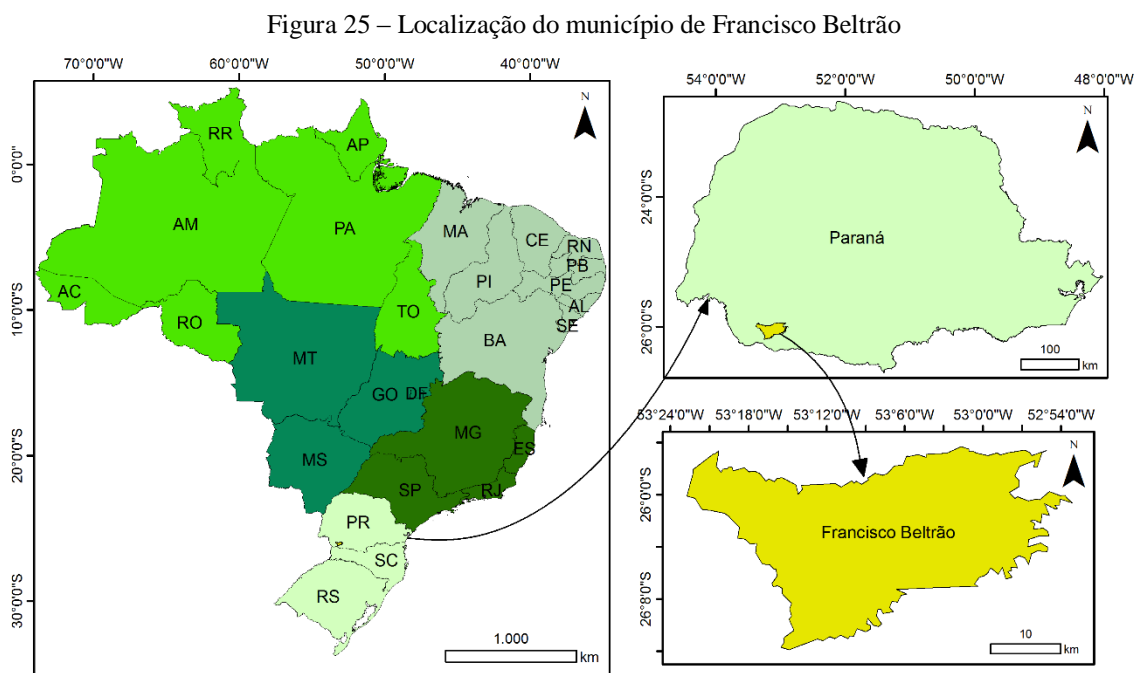
Em Serra Leoa, na África, o estudo de Gbanie et al. (2013) também fez uso da técnica AHP para a atribuição de pesos aos diferentes critérios e posteriormente, fez a combinação linear ponderada dos fatores para identificar a melhor localização para o aterro sanitário.

Para a instalação de usinas de reciclagem de resíduos também se faz importante o estudo da localização, Silva et al. (2013) levantaram os terrenos da prefeitura de Ponta Grossa-PR disponíveis para a instalação da usina, considerando os pilares da sustentabilidade, utilizaram a técnica *Delphi* para aplicar questionários aos funcionários da Secretaria do Meio Ambiente e a técnica AHP com a finalidade de ranquear os possíveis terrenos para a instalação da usina.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Francisco Beltrão possui aproximadamente 735 km², está localizado no sudoeste do estado do Paraná, entre as latitudes de 25° 56' 0'' S a 26° 12' 00'' S e longitudes de 52° 51' 00'' W a 53° 23' 00'' W (Figura 25). Segundo o censo demográfico de 2010 a população naquele ano era de 78.943 habitantes e para o ano de 2016 a população estimada é de 87.491 (IBGE, 2016).

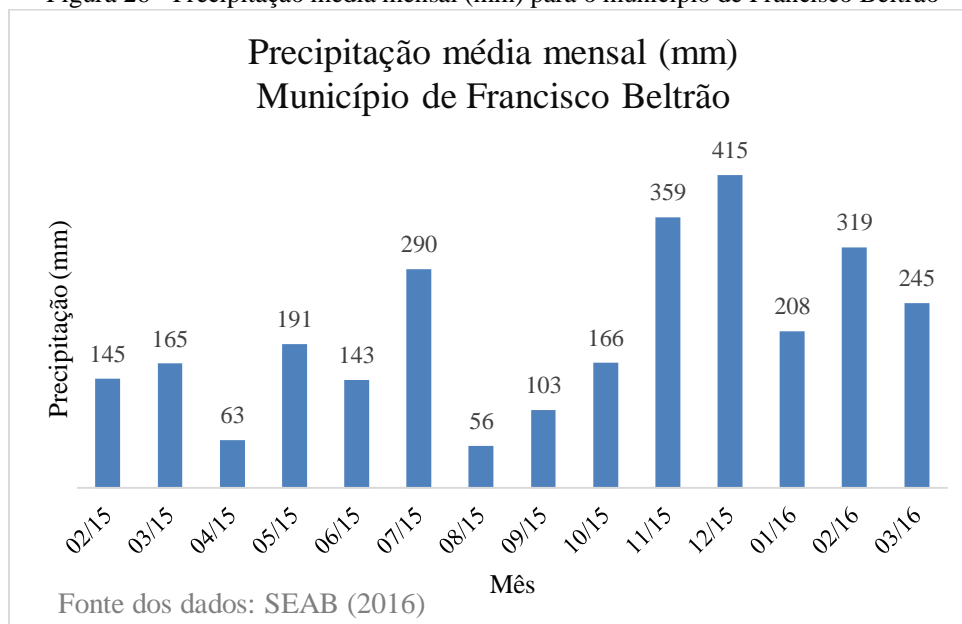


Sistemas de Coordenadas: GCS SIRGAS 2000
 Organizadora: Juliana Biluca
 Fonte dos dados: IBGE
 Fonte: Autoria própria.

Segundo o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Francisco Beltrão ocorre o Clima Subtropical Úmido mesotérmico (Cfa), onde a temperatura média no mês mais frio é inferior a 18°C e 22°C no mês mais quente, com verões quentes e chuvosos e inverno com geadas pouco frequentes (IAPAR, 2011).

A pluviosidade no município é significativa ao longo do ano, mesmo em agosto, mês mais seco, a precipitação média é considerável, a média mensal entre fevereiro de 2015 e março de 2016 ficou próxima de 205 mm (Figura 26).

Figura 26 - Precipitação média mensal (mm) para o município de Francisco Beltrão



Fonte: Autoria própria.

O município assenta-se sobre rochas, principalmente, ígneas, conhecidas por basaltos. Esse tipo de rocha é propícia para a produção de brita, pedras de talhe e cantaria. Ao longo das margens dos corpos hídricos existem depósitos de argilas, concentradas em função da ação dos rios, utilizadas na produção de tijolos (MINEROPAR, 2002).

O relevo da região é caracterizado de ondulado até montanhoso e escarpado nas encostas das maiores elevações, com alta declividade próximo as cabeceiras onde se desenvolvem as vertentes, as altitudes variam de 500 m as margens do Rio Marrecas até 948 m nas cabeceiras do Arroio Jacutinga (MINEROPAR, 2002).

Na região predominam o Latossolo, especialmente nas áreas aplainadas, e o Nitossolo nas encostas com declividade acentuada. Já nas áreas íngremes prevalecem os afloramentos de rocha com uma delgada cobertura de solo em início de formação, com elevada quantidade de rochas, denominados solos Litólicos, Litossolos ou Neossolos (MINEROPAR, 2002).

Os Latossolos possuem grande espessura, geralmente excedendo 3 m, podendo passar de 10 m em regiões mais planas, com declividade de 2 a 8%. Já o Nitossolo, se desenvolve em relevos mais ondulados, com declividade de 8 a 20%, com espessura até 2,5 m. Os Neossolos tem baixa profundidade, de 20 a 80 cm, diretamente sobre a rocha não alterada, esse tipo de

solo é comum nas regiões de relevo montanhoso a escarpado, com declividades superiores a 20% (MINEROPAR, 2002).

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Primeiramente foi realizado um levantamento quanto ao gerenciamento dos resíduos de construção civil ao longo do tempo no município em estudo, por meio de pesquisa bibliográfica e entrevista com o setor responsável pelos resíduos da prefeitura municipal.

Segundo Machado (2013), entre os anos 1990 e 2000 Francisco Beltrão teve um crescimento acelerado, com a instalação de 40 conjuntos habitacionais e loteamentos, sendo autorizados 799.270,42 m² de área construída. Posteriormente a esse período percebe-se a verticalização das construções e a abertura de novos loteamentos no interior do município.

Essa expansão na construção civil acarreta em inúmeros benefícios para a cidade, mas aliado ao desenvolvimento existe a geração elevada de resíduos de construção e o seu descarte inadequado. Percebe-se, ao longo de vias, que o descarte inadequado é frequente, causando diversos impactos ao meio ambiente.

Portanto, foram analisados os locais de disposição inadequada de resíduos no município, bem como realizado o mapeamento de locais adequados para a instalação de um aterro associado a uma usina de reciclagem de resíduos inertes. Para tanto foram elaborados diversos mapas temáticos, caracterizando o município.

3.3 MAPAS TEMÁTICOS

Para a caracterização das áreas de disposição inadequadas, bem como para o mapeamento de locais adequados à destinação foi levantada a base de dados cartográficos junto a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ao Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e mapas do município.

Essa base foi utilizada na elaboração de diversos mapas temáticos, utilizados tanto na geração dos índices de degradação ambiental e de aproveitamento dos materiais, como na análise das áreas aptas a instalação de um aterro associado a uma usina de reciclagem de inertes.

Para a manipulação dos dados o *software* utilizado foi o ArcGis 10.0 com licença de uso no Laboratório de Agrimensura da UTFPR – Campus Pato Branco. Outro software utilizado foi o *Google Earth* – Pro, disponibilizado gratuitamente pela *Google*.

3.3.1 Uso e ocupação do solo

Para analisar o uso e ocupação do solo a elaboração do mapa temático utilizou imagens no formato digital do sistema de satélites Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS) 4, órbita/ponto 161/129 e passagem de 02/04/2016, Câmara Multiespectral Regular (MUX) com 20 m de resolução e Câmara Pancromática e Multiespectral (PAN) com 5 m de resolução, disponíveis no catálogo de imagens do INPE.

As imagens de 20 m foram registradas em relação a de 5 m para corrigir o deslocamento entre as imagens obtidas pelos sensores MUX e PAN. Em seguida foram feitas composições em cor verdadeira e falsa cor com as imagens registradas com 20 m. Depois as composições passaram por processo de fusão, usando a técnica IHS, com a imagem pancromática de 5 m, resultando em composições falsa cor e cor verdadeira com 5 m de resolução.

Com a composição falsa cor foi realizada a classificação supervisionada, coletando amostras de cinco classes diferentes, sendo elas área urbana, solo exposto, hidrografia, vegetação rasteira e vegetação arbórea. Para a delimitação das áreas, com a assinatura espectral das amostras, foi utilizada a técnica de classificação supervisionada de imagens com o algoritmo máxima verossimilhança (AHMAD; QUEGAN, 2012) do ArcGis.

Devido a resposta espectral do solo exposto e da área urbana serem semelhantes, a área urbana foi delimitada manualmente pela criação de polígonos por análise das imagens. O mapa foi convertido para polígono para permitir a junção com a área urbana delimitada.

3.3.2 Declividade

Para a gerar o mapa de declividade foram utilizadas curvas de nível e pontos de altitude vetorizados a partir de cartas do exército de todo o município, na escala 1:25.000 e 1:50.000.

Em algumas cartas foram vetorizadas curvas com equidistância de 20 m e em outras com 10 m (Quadro 6).

Quadro 6 – Cartas do exército brasileiro utilizadas na vetorização das curvas de nível e corpos hídricos

Carta	Folha	Escala	Equidistância vetorizada	Fonte
Rio Santana	MI-2862-1-NO	1:25.000	20 m	DSG (2004)
Enéas Marques	MI-2849-4-SO	1: 25.000	10 m	DSG (2006a)
Santa Izabel do Oeste	MI-2849-3	1: 50.000	20 m	DSG (2006b)
Sede Progresso	MI-2849-4-SE	1: 25.000	10 m	DSG (2006c)
Verê – S	MI-2850-3-SO	1: 25.000	10 m	DSG (2006d)
Francisco Beltrão	MI-2861-2-NE	1: 25.000	20 m	DSG (2011a)
Jacutinga	MI-2861-1-NE	1: 25.000	20 m	DSG (2011b)
Marmeleiro	MI-2861-2-SE	1: 25.000	20 m	DSG (2011c)
Pinhal de São Bento	MI-2861-1-NO	1: 25.000	20 m	DSG (2011d)
Rio Marrecas	MI-2861-2-SO	1: 25.000	20 m	DSG (2011e)
Salgado Filho	MI-2861-1-SE	1: 25.000	20 m	DSG (2011f)
São Pio X	MI-2861-2-NO	1: 25.000	20 m	DSG (2011g)

Com esses dados foi possível gerar um modelo digital de elevação (MDE). Em seguida o modelo passou por um processo de detecção e correção de dados de elevação discrepantes em relação a circunvizinha do *pixel* (TARBOTON; BRAS; RODRIGUEZ–ITURBE, 1991). Esses ruídos no MDE podem ser resultantes de limitações relacionadas à resolução dos dados ou ao processo de arredondamento para o número inteiro mais próximo, por exemplo.

Com o modelo de elevação corrigido então foi gerado o mapa de declividade em porcentagem. Este é o mapa final, restando apenas ajustes nas propriedades e na classificação para separar em classes de declividade.

Para separar a declividade em classes foi considerada a classificação estipulada na NBR de aterro de resíduos não perigosos, a qual define que entre 1 e 30% a declividade é adequada (ABNT, 1997). Assim sendo, de 1 a 30% foi reclassificada de 5 em 5% e maior que 30% uma única classe.

3.3.3 Hidrografia

Para o mapa de hidrografia foram utilizados dados vetoriais existentes e dados vetorizados a partir das cartas do exército (Quadro 6). Vale salientar que apenas uma das cartas disponibilizadas pelo exército está na escala 1:50.000, portanto a densidade de rios é menor devido a escala de representação diferente do restante do município, de 1:25.000.

3.3.4 Vias e Rodovias

A análise das rodovias é importante para o cálculo do índice de aproveitamento de materiais, pois grandes distâncias dificultam a logística. Portanto, as vias e rodovias foram vetorizadas a partir de mapas do IBGE na escala 1:50.000.

Estes mapas foram gerados de forma semi-automatizada a partir da junção das folhas do Mapeamento Sistemático Brasileiro produzida pelo IBGE, Exército Brasileiro e da Malha Municipal Digital do IBGE com atualizações de diversas fontes, com edição em 2011 (IBGE, 2011).

3.3.5 Núcleos populacionais

Para gerar o mapa das áreas urbanas foi utilizado um *shapfile* do IBGE, que fornece dados em diversos formatos (IBGE, 2010b). Para esta classificação o município foi dividido pelos setores censitários. No mapa foram destacados os distritos, englobando a área urbana de Francisco Beltrão e as comunidades.

3.3.6 Estabelecimentos de ensino e de saúde

Para a Lei de uso e ocupação do solo de Francisco Beltrão, empreendimentos de destinação de resíduos se enquadram como indústria tipo 2, devendo ficar no mínimo a 1.000 m de estabelecimentos de ensino, hospitais e postos de saúde (FRANCISCO BELTRÃO, 2007).

Para identificar os estabelecimentos de saúde, foi protocolada uma solicitação a Prefeitura Municipal, porém os dados disponibilizados não representaram a totalidade dos estabelecimentos, apenas o endereço de alguns. Portanto, outra alternativa foi utilizada, com um *shapfile* dos estabelecimentos obtido com o Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, que possui um cadastro dos estabelecimentos de saúde, disponibilizando os dados em diversos formatos (INDE, 2017).

Quanto as instituições de ensino, o endereço das escolas de nível básico e médio, particulares, estaduais e municipais encontra-se disponível no *site* da Secretaria da Educação do Paraná (SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ, 2017). Em relação as instituições de ensino superior a localização foi obtida no Cadastro e-MEC de Instituições e Cursos de Educação Superior (e-MEC, 2017). Cada endereço foi colocado no *Google Earth - Pro* para

encontrar suas coordenadas, essas foram inseridas como pontos no ArcGis para identificar espacialmente estes lugares.

3.3.7 Tipos de solo

Para gerar o mapa de solos do município foi utilizado o mapa de solos do Paraná, disponibilizado em *shapfile* pelo ITCG (ITCG, 2008), esse mapa foi recortado para delimitar a área do município.

3.4 ÁREAS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADAS

Para iniciar a caracterização das áreas de disposição inadequadas de RCC teve início a identificação dos pontos de descarte de entulhos por meio de entrevista com o setor responsável pela fiscalização na prefeitura.

Assim foram identificadas as áreas de conhecimento do fiscal de obras do município e algumas identificadas pela autora ao percorrer as vias municipais, devido o descarte inadequado ser realizado preferencialmente as margens de vias, em lotes vagos sem isolamento.

Posteriormente, foram realizadas visitas *in loco* acompanhadas do fiscal de obras e com veículo disponibilizado pela Secretaria do Meio Ambiente. Então, essas áreas foram identificadas com o uso do GPS - *Garmim Etrex 12 Channel*, possibilitando mapear a localização de todas as áreas de RCC cadastradas e obter coordenadas para o cálculo do tamanho de cada área de descarte.

O descarte inadequado de resíduos muitas vezes é realizado em áreas com declive acentuado e nos leitos dos rios. Nesses locais de difícil acesso, impossibilitando a identificação das coordenadas para cálculo da área, o mesmo foi complementado com o *Google Earth - Pro*.

Uma das áreas identificadas (área 5) é um local que, por muitos anos, foi utilizado para o descarte de resíduos, como identificado no estudo de Rigo (2014) apresentado no Capítulo 4. Porém no período de visita o local foi invadido por moradores, instalando-se uma ocupação irregular no local, impossibilitando a visita *in loco*. Sabendo-se da existência da área, a mesma foi gerada analisando imagens históricas no *Google Earth - Pro*. Outras áreas que estavam

inativas e isoladas (1, 6, 20 e 22) também tiveram o cálculo da área realizado com o *Google Earth - Pro*.

A visita *in loco* das áreas previamente identificadas permitiu caracterizar a área quanto as coordenadas geográficas, armazenadas no GPS, se está ativo ou não e os tipos de materiais presentes, registrando em fotografias (Quadro 7).

Quadro 7 – Planilha para caracterização das áreas de disposição inadequada de RCC

N° da área visitada: _____ Data: ____/____/____	Situação: <input type="checkbox"/> Ativa <input type="checkbox"/> Inativa
Tipos de Materiais Presentes:	
<input type="checkbox"/> Classe A - inertes	<input type="checkbox"/> Classe D - Perigosos
<input type="checkbox"/> Classe B – não inertes	<input type="checkbox"/> Outros _____
Fotografia:	

A verificação das classes dos resíduos não considerou a Classe C, pois esta é composta de resíduos das outras classes, mas sem tecnologia viável para tratamento, sendo de difícil identificação por análise visual, pois a Conama 307 não especifica resíduos dessa classe. O item outros enquadra resíduos não provenientes da construção civil, como resíduos comerciais, industriais e domésticos.

Adaptando a metodologia elaborada por Pico (2011) foram analisados os aspectos de degradação ambiental e de reaproveitamento de materiais de cada área visitada.

As variáveis que compõem o aspecto de degradação ambiental são tamanho das áreas, distância de corpos hídricos, declividade, situação, tipo de resíduo e uso do solo.

O aspecto de reaproveitamento dos materiais é constituído da distância a rodovias, tamanho das áreas e tipo de resíduo. Para analisar o reaproveitamento as áreas inativas foram desconsideradas, pois essas áreas encontram-se isoladas e/ou aterradas, não sendo possível reaproveitar os resíduos dispostos.

Para combinar as variáveis, é necessário que todos os mapas temáticos sejam do tipo *raster* e precisam ser normalizados, pois as unidades de valores dos diferentes fatores impossibilita sua agregação, por exemplo, mapas de distância são apresentados em unidade métricas e mapas de tipo de resíduos em classes.

Portanto todos os mapas tiveram sua estrutura vetorial do tipo polígono convertidos para estrutura *raster* com resolução de célula igual a 1 m. Após a conversão os mapas foram padronizados a partir do processo de reclassificação dos valores das células.

Nesse processo de padronização os valores dos dados originais são convertidos em unidades uniformes de aptidão ao propósito analisado. No estudo a reclassificação foi com valores de 1 a 10, conforme sua contribuição para o aspecto analisado, baseado na lógica *fuzzy* com funções definidas pelo usuário, e em estudos já realizados referentes a padronização de dados.

Para os critérios que compõem o índice de degradação ambiental, cada um teve suas classes reclassificadas conforme o impacto causado ao meio ambiente, recebendo valores de importância de 10 as características que mais contribuem e decrescendo até 1 para as características que pouco contribuem para o aspecto de degradação ambiental.

Quanto ao índice de aproveitamento de materiais, os critérios que o compõem também tiveram as classes padronizadas de 1 a 10, quanto maior o valor atribuído maior a contribuição para o reaproveitamento dos materiais.

3.4.1 Tamanho das áreas

Com os dados obtidos *in loco*, foi possível calcular o tamanho de cada área de descarte inadequado utilizando as coordenadas como vértices de um polígono, no programa ArcGis. Para as áreas inativas o polígono foi criado analisando imagens do *Google Earth*.

Após a criação de polígonos para todas as áreas de descarte foi criada, na tabela de atributos dos dados, uma coluna permitindo calcular a área de cada polígono com o *calculate geometry* do programa.

Identificando a variação no tamanho das áreas, as mesmas foram separadas em Quartis, que divide as observações ordenadas em quatro partes iguais (MARTINS, 2012).

A separação dos dados em quartis utilizou a função QUARTIL do programa Excel 2013. Então os polígonos foram reclassificados quanto ao tamanho em pequenos (P) até Q1, em médios (M) entre Q1 e Q2, em grande (G) entre Q2 e Q3 e em muito grandes (GG) as áreas maiores que Q3.

Posteriormente, para atribuir essa designação de P, M, G e GG foi criada uma coluna do tipo texto na tabela de atributos e atribuído a cada área a sua designação. Com isso pode-se criar um mapa dos tamanhos das áreas.

Esse mapa foi então normalizado, sendo que as áreas com maior porte, consequentemente, apresentam maior potencial de degradação ambiental, e também maior potencial de aproveitamento de materiais. Portanto o valor atribuído aumenta em função do tamanho da área de disposição. No estudo de Picolo (2011) a menor área teve valor 2 e a maior valor 10, já as áreas intermediárias recebem valor 4, 6 e 8 conforme aumenta a área de disposição.

Para o presente estudo os valores adotados variaram de 2 para as áreas de pequeno porte até 10 para àquelas de porte muito grande, seguindo a lógica *fuzzy* crescente, com valores definidos pela autora (Tabela 10).

Tabela 10 – Padronização da variável tamanho para cálculo dos dois índices

Variável	Classe	Valor
Tamanho	P	2
	M	5
	G	8
	GG	10

3.4.2 Situação das áreas

Para a situação da área de descarte, os polígonos de identificação das áreas foram utilizados, para que na tabela de atributos, pudesse ser criada uma coluna do tipo texto, para diferenciar as áreas ativas e inativas, ou seja, que não estão mais recebendo resíduos no momento.

Para representar as diferentes áreas, as mesmas foram classificadas de acordo com o atributo, permitindo elaborar um mapa da situação das áreas de descarte inadequado.

Esse mapa da situação de cada área foi normalizado, sendo que, quando o local está inativo, ou seja, não está mais recebendo resíduos, apresenta um certo grau de recuperação natural da área, devido a capacidade de resiliência do meio ambiente, portanto com potencial de degradação menor, recebendo valor 5. Quando está ativo a degradação é maior recebendo valor 10 (Tabela 11), esses mesmos valores foram utilizados por Picolo (2011).

Tabela 11 – Padronização da variável situação para o índice de degradação ambiental

Variável	Classe	Valor
Situação	Ativo	10
	Inativo	5

3.4.3 Tipo de resíduos

Para a atribuição dos tipos de resíduos encontrados em cada área, foi considerado o enquadramento da NBR 10.004 que classifica os resíduos quanto a periculosidade. Os resíduos Classe II-B são os resíduos inertes que não alteram o padrão de potabilidade da água ao serem solubilizados (ABNT, 2004a), portanto Classe A, segundo a Conama 307.

Já os resíduos Classe I são considerados perigosos, com maior impacto ao meio ambiente, classificados como D pela Conama 307. Aqueles resíduos que não são inertes, mas também não são perigosos, são classificados como Classe II-A pela NBR 10.0004 e como Classe B pela Conama 307.

A separação das áreas pelos tipos de resíduos se deu de maneira semelhante ao que foi realizado para segregar as áreas em diferentes tamanhos, com a criação de uma coluna tipo texto na tabela de atributos, identificando as áreas com resíduos inertes, as áreas com mistura de resíduo (inertes e não inertes) mas sem resíduos perigosos e aquelas com mistura de inertes, não inertes e resíduos perigosos. Vale destacar que as áreas que estavam inativas foram, na maioria dos casos, aterradas e isoladas, podendo perceber somente a presença inertes.

A segregação das áreas conforme o tipo de resíduo permitiu gerar o mapa relacionando cada área com os diferentes tipos de resíduos encontrados.

Para o aspecto de degradação ambiental, esse aumenta em função da periculosidade do material, portanto os resíduos inertes que não alteram o padrão de potabilidade da água ao serem solubilizados (ABNT, 2004a) têm menor impacto ao meio ambiente, mas causam incômodos a população, impacto visual e podem assorear corpos hídricos, portanto o valor atribuído foi 4.

Já as áreas com resíduos perigosos, com maior impacto ao meio ambiente, assim como os que não são inertes, mas podem alterar o padrão de potabilidade da água, receberam valor 10. E a presença de uma mistura dos tipos de resíduos, inertes e não inertes sem resíduos perigosos recebe um valor intermediário de 8 (Tabela 12).

Tabela 12 – Padronização da variável tipo de resíduo para o índice de degradação ambiental

Variável	Classe	Valor
Tipo de Resíduo	Inertes (II-B)	4
	Inertes e não inertes	8
	Inertes e não inertes com materiais perigosos	10

Já para o índice de aproveitamento de materiais, os resíduos inertes, são altamente reaproveitáveis, portanto recebem valor 10, aqueles não inertes e não perigosos, também são recicláveis, mas para outros fins, portanto não deveriam estar misturados com inertes, portanto a mistura de resíduos inertes e não inertes, sem resíduos perigosos recebeu pontuação 8. Quanto as áreas com resíduos misturados com resíduos perigosos, esses podem contaminar os demais resíduos que seriam reaproveitáveis, portanto o local recebeu pontuação 2 (Tabela 13).

Tabela 13 – Padronização da variável tipo de resíduo para o índice de aproveitamento de materiais

Variável	Classe	Valor
Tipo de Resíduo	Inertes (II-B)	10
	Inertes e não inertes	8
	Inertes e não inertes com materiais perigosos	2

No estudo de Picolo (2011) a atribuição de valores considerou as classes de resíduos conforme a Conama 307, em A, B, C e D, com os valores 4, 6, 8 e 10 respectivamente. O presente estudo não considerou esta classificação devido a dificuldade em se segregar os resíduos por classe somente por análise visual, seria necessário realizar uma análise gravimétrica, não sendo objetivo do trabalho.

3.4.4 Uso e ocupação do solo

O mapa temático de uso e ocupação (Figura 33) foi convertido para *raster* e utilizado o polígono que representa as áreas de descarte para cortar o mapa de uso e ocupação, permitindo identificar o uso e ocupação do solo de cada área de descarte inadequado.

A existência de hidrografia apresenta maior impacto ambiental, por segundo a presença de vegetação, sendo que havendo vegetação arbórea a degradação é maior. Já a área urbana ou áreas com vegetação rasteira apresentam um potencial de impacto intermediário, recebendo valor 5, por último, com menor impacto estão as áreas com solo exposto, com valor 3 (Tabela 14), valores semelhantes foram adotados no estudo de Picolo (2011).

Tabela 14 - Padronização da variável uso e ocupação do solo para o índice de degradação ambiental

Variável	Classe	Valor
Uso e Ocupação do Solo	Solo exposto	3
	Área urbana	5
	Vegetação Rasteira	5
	Vegetação Arbórea	8
	Hidrografia	10

3.4.5 Declividade

Com as áreas de descarte inadequado representadas em estrutura vetorial do tipo polígono, utilizou-se esses polígonos para cortar o mapa de declividade (Figura 34) e identificar a declividade em cada área de descarte.

Para a padronização do mapa foi considerado que a degradação ambiental é maior quanto maior for a declividade, devido ao aumento no potencial erosivo, portanto o valor atribuído aumenta em função do aumento da declividade.

Assim sendo, a atribuição de valores considerou o potencial máximo de degradação nas áreas com declividades maiores que 30%, inadequadas conforme a NBR de aterro de resíduos não perigosos, com valor 10. Nas áreas com declividade entre 1 e 30% as mesmas foram subdivididas a cada 5%, aumentando o potencial de degradação com o aumento da declividade, portanto aumentando o valor atribuído, seguindo a lógica *fuzzy* crescente (Tabela 15).

Tabela 15 – Padronização da variável declividade para o índice de degradação ambiental

Variável	Classificação	Classe	Valor
Declividade	Adequada	0 a 5%	1
		> 5 a 10%	2
		> 10 a 15%	4
		> 15 a 20%	6
		> 20 a 25%	7
		> 25 a 30%	9
	Inadequada	> 30%	10

3.4.6 Hidrografia

Com o mapa de hidrografia (Figura 35) foi gerado um *buffer* de 200 m no entorno dos cursos d'água para verificar se as áreas de disposição estão próximas ou distantes de corpos hídricos. Cada uma das áreas foi analisada, separando em adequadas aquelas distantes mais de 200 m dos corpos hídricos, ou seja, fora da área de *buffer* gerado; e as áreas inadequadas, aquelas dentro do *buffer* de 200 m. Essa designação foi colocada na tabela de atributos das áreas de disposição inadequada.

As áreas inadequadas foram reclassificadas, gerando-se um *buffer* a cada 50 m, permitindo gerar cinco classes (< 50 m, 50 a 100 m, 100 a 150 m, 150 a 200 m e > 200 m). Essa subdivisão permitiu realizar a análise de degradação ambiental mais detalhada, pois menores distâncias causam maiores impactos.

Com as áreas de descarte representadas por polígonos, utilizou-se esses polígonos para cortar o mapa de hidrografia e identificar as distâncias em cada área de descarte.

Para a normalização quanto maior a distância menor será o aspecto de degradação. Picolo (2011) considerou três distâncias de 0 a 30 m, 31 a 50 m e maiores que 51 m, analisando se as áreas encontram-se dentro de áreas de APP. O presente estudo considerou a distância estipulada na NBR de aterro de resíduos não perigosos (ABNT, 1997), recebendo valor 1 quando a distância for maior que 200 m, pois está adequada e não causa impacto significativo.

As áreas inadequadas tiveram valores atribuídos seguindo a lógica *fuzzy* com função definida pela autora, seguindo uma lógica decrescente, pois com o aumento da distância diminui o impacto (Tabela 16).

Tabela 16 – Padronização da variável distância a corpos hídricos para o índice de degradação ambiental

Variável	Classe	Valor
Distância a Corpos Hídricos	Adequada (> 200 m)	1
	Inadequada (> 150 a 200 m)	2
	Inadequada (> 100 a 150 m)	4
	Inadequada (> 50 a 100 m)	7
	Inadequada (< 50 m)	10

3.4.7 Vias e Rodovias

Com o mapa de vias e rodovias (Figura 36) foram gerados *buffers* de 500 e 3.000 m para identificar áreas adequadas ao aproveitamento, sendo que distâncias menores que 500 m são consideradas pequenas distâncias no estudo de Picolo (2011), facilitando a logística de reaproveitamento de resíduos. Áreas com distâncias entre 500 e 3.000 m são adequadas e maiores que 3.000 m dificultam a logística.

Primeiramente foi gerado o *buffer* de 500 m e analisada cada área, para identificar se ficaram inteiramente dentro deste perímetro. Para designar essas áreas, foi criada uma coluna na tabela de atributos e atribuído o valor de 500 m para as áreas.

Posteriormente foi gerado o *buffer* de 3.000 m e utilizada a ferramenta *Erase* do *Arctoolbox*, dentro de *Analysis Tools* e *Overlay*. Desta maneira foi possível excluir o *buffer* de 500 m ficando com a área delimitada de 500 a 3.000 m. Assim, cada área foi analisada para verificar se estavam dentro deste limite, atribuindo 3.000 m na tabela de atributos.

Quanto às áreas localizadas a mais de 3.000 m não foi necessário realizar esta análise, pois todas as áreas enquadraram nessas duas categorias analisadas.

Para a normalização do critério distância à rodovias foi considerado que com a diminuição da distância aumenta o potencial de aproveitamento, portanto foi utilizada a lógica *fuzzy* decrescente, com a distância a rodovias entre 500 e 3.000 m a aptidão é média com valor 5. Quando a distância é menor que 500 m, considerado por Picolo (2011) como pequena distância, então o reaproveitamento é facilitado, recebendo valor 10 (Tabela 17).

Tabela 17 – Padronização da variável distância a rodovias para o índice de aproveitamento de materiais

Variável	Classe	Valor
Distância a Rodovias	Pequena (<500m)	10
	Média (500 a 3.000m)	5

3.4.8 Cálculo dos índices

Cada variável analisada contribui de maneira diferente no aspecto, por isso possui um peso diferente na combinação das mesmas. O peso foi obtido utilizando a técnica AHP desenvolvida por Saaty (2008), com o modelo AHP em Excel elaborado por Goepel (2013).

Com a padronização dos dados e a ponderação realizada com a técnica AHP foi realizada a álgebra de mapas aplicando combinação linear ponderada dos fatores.

A combinação linear ponderada das variáveis tamanho das áreas, distância a corpos hídricos, declividade, situação, tipo de resíduo e uso do solo permitiu gerar o índice de degradação ambiental (IDA) para cada área (Equação 8):

$$IDA=(MT \times PT)+(MDH \times PDH)+(MD \times PD)+(MS \times PS)+(MTR \times PTR)+(MUS \times PUS) \quad (8)$$

Onde:

MT = Mapa do tamanho das áreas

PT = Peso do tamanho das áreas

MDH= Mapa da distância a corpos hídricos

PDH = Peso da distância a corpos hídricos

MD = Mapa da declividade

PD = Peso da declividade

MS = Mapa da situação

PS = Peso da situação

MTR = Mapa do tipo de resíduo

PTR = Peso do tipo de resíduo

MUS = Mapa de uso e ocupação do solo

PUS = Peso do uso e ocupação do solo

Outro índice, de aproveitamento de materiais (IAM), foi gerado com a combinação linear ponderada dos mapas de distância a rodovias, tamanho das áreas e tipo de resíduos (Equação 9):

$$IAM=(MDR\times PDR)+(MT\times PT)+(MTR\times PTR) \quad (9)$$

Onde:

MDR= Mapa da distância a rodovias

PDR = Peso da distância a rodovias

MT = Mapa do tamanho

PT = Peso do tamanho

MTR = Mapa do tipo de resíduo

PTR = Peso do tipo de resíduo

Com o valor dos índices, estes foram separados em baixo, alto e médio potencial de degradação ambiental e baixo, médio e alto potencial de aproveitamento dos materiais.

3.5 ÁREAS DE DESTINAÇÃO ADEQUADAS

O presente estudo visou, além de caracterizar as áreas de disposição inadequada, mapear áreas de destinação para os resíduos de construção, considerando que os resíduos devem ser segregados, preferencialmente na própria fonte geradora, ou então em centrais de triagem, o mapeamento foi realizado para áreas de reciclagem e aterro de resíduos de construção.

Para tanto foram elaborados mapas temáticos do município, quanto a distância de núcleos populacionais e as vias e rodovias, a hidrografia, os tipos de solos, a declividade e o uso e ocupação do solo, buscando analisar critérios da NBR 15.113 (ABNT, 2004d). Também foi analisada a Lei 3.384/2007 que trata do uso e ocupação do solo urbano do município (FRANCISCO BELTRÃO, 2007), para descartar áreas inadequadas a destinação de resíduos.

Do mesmo modo que na análise das áreas de disposição inadequadas, para combinar as variáveis, todos os mapas temáticos foram convertidos de estrutura vetorial para a estrutura *raster* e em seguida foram padronizados. Primeiramente, entre 0 e 1, para gerar mapas de áreas aptas e inaptas, baseado na lógica *booleana*, e posteriormente a reclassificação das áreas aptas de 1 a 10, baseado na lógica *fuzzy* com funções definidas pelo usuário.

3.5.1 Núcleos populacionais

Se faz importante analisar os núcleos populacionais pois empreendimentos de destinação de resíduos não podem ser instalados próximos a centros urbanos, devido a incômodos a população.

O estudo de Biju (2015) considerou a distância mínima de 200 m, já a NBR para aterro de resíduos não perigosos, define que distâncias menores que 500 m são inadequadas, devido a proliferação de vetores dos resíduos não inertes. Com a identificação dos distritos (Figura 37), foi aplicado um *buffer* para identificar as áreas em um raio de 350 m, definindo as áreas inadequadas, adotando um valor intermediário entre o utilizado por Biju (2015) e definido na NBR 13.896 (ABNT, 1997).

As áreas com menos de 350 m foram excluídas e as com mais de 350 m foram divididas a cada 2.000 m, gerando *buffers*, posteriormente foi convertido para *raster*, assim foi possível reclassificar as áreas aptas, permitindo atribuir valores intermediários de aptidão.

Os valores de aptidão atribuídos seguiram a lógica *fuzzy* sigmoideal simétrica, considerando que distâncias muito próximas a áreas urbanas são inadequadas, devido a incômodos a população, porém distâncias muito elevadas em relação ao local de geração de resíduos dificulta a logística, portanto a aptidão máxima encontra-se na distância intermediária, decrescendo com o aumento e com a diminuição da distância a centros urbanos (Tabela 18).

Tabela 18 – Padronização da variável distância de núcleos populacionais para o mapa de aptidão

Distância a núcleos populacionais	Valor
> 350 a 2350 m	4
> 2350 a 4350 m	6
> 4350 a 6350 m	8
> 6350 a 8350 m	10
> 8350 a 10350 m	8
> 10350 a 12350 m	6
> 12350 a 14350 m	4

3.5.2 Estabelecimentos de ensino e de saúde

A proximidade de áreas de recebimentos de resíduos a estabelecimentos de saúde e de ensino e restringida a 1.000 m pela Lei de uso e ocupação do município de Francisco Beltrão. Portanto, se faz importante essa análise.

Com a localização de cada estabelecimento de saúde (Figura 38) e de ensino (Figura 39) foi gerado um *buffer* de 1.000 para gerar áreas de restrições, consideradas inaptas. As áreas com mais de 1.000 m foram divididas a cada 2.000 m, gerando *buffers*, posteriormente foi convertido para *raster*, assim foi possível reclassificar as áreas aptas, permitindo atribuir valores intermediários de aptidão, sendo a maior distância o maior valor de aptidão e a menor distância o menor valor, seguindo a lógica *fuzzy* crescente.

Para os estabelecimentos de saúde foram gerados sete *buffers* até atingir o limite municipal, permitindo gerar sete classes de áreas aptas (Tabela 19).

Tabela 19 - Padronização da variável distância a estabelecimentos de saúde para o mapa de aptidão

Distância a estabelecimentos de saúde	Valor
> 1.000 a 3.000 m	2
> 3.000 a 5.000 m	4
> 5.000 a 7.000 m	6
> 7.000 a 9.000 m	7
> 9.000 a 11.000 m	8
> 11.000 a 13.000 m	9
> 13.000 a 15.000 m	10

Para os estabelecimentos de ensino foram gerados seis *buffers* até atingir o limite municipal, permitindo gerar seis classes de áreas aptas (Tabela 20).

Tabela 20 – Padronização da variável distância a estabelecimentos de ensino para o mapa de aptidão

Distância a estabelecimentos de ensino	Valor
> 1.000 a 3.000 m	2
> 3.000 a 5.000 m	4
> 5.000 a 7.000 m	6
> 7.000 a 9.000 m	8
> 9.000 a 11.000 m	9
> 11.000 a 13.000 m	10

3.5.3 Vias e rodovias

Para análise das vias de acesso foi utilizado o mapa de vias e rodovias (Figura 36). Se faz importante analisar a distância de vias, pois áreas com maiores distâncias em relação ao local de geração de resíduo dificultam a destinação adequada, pois o transporte é dificultado.

Biju (2015), em seu estudo para o aterro de RCC, considerou 250 m a melhor distância de rodovias, a partir dessa distância a aptidão é menor. Já a NBR para aterro de resíduos não perigosos define a distância mínima de 500 m de núcleos habitacionais, não menciona a distância a rodovias, mais restritiva por tratar de resíduos não inertes. Picoletto (2011) em seu estudo definiu que a distância ideal para o aproveitamento dos materiais é até 3.000 m.

Assim sendo, foi estipulado que a adequabilidade da distância a rodovias encontra-se na faixa entre 400 e 3.000 m. Com as vias do município vetorizadas foi gerado um *buffer* de 400 m, e outro de 3.000 m, este último extrapolou os limites do município. Com a ferramenta *Erase* do *Arctoolbox*, dentro de *Analysis Tools* e *Overlay* foi possível excluir o *buffer* de 400 m e após recortar a delimitação do município, obteve-se a área delimitada de 400 a 3.000 m.

As áreas com mais de 400 m, áreas aptas, foram divididas a cada 1.000 m, gerando *buffers* até o limite municipal, posteriormente foi convertido para *raster*, assim foi possível reclassificar as áreas aptas, permitindo atribuir valores intermediários de aptidão. A menor distância considerada apta, entre 400 e 1.400 m, é a mais adequada, devido a logística, e com o aumento da distância diminui a aptidão, considerando a lógica *fuzzy* decrescente (Tabela 21).

Tabela 21 - Padronização da variável distância a vias e rodovias para o mapa de aptidão

Distâncias a vias e rodovias	Valor
> 400 a 1400 m	10
> 1400 a 2400 m	5
> 2400 a 3400 m	2

3.5.4 Hidrografia

A base cartográfica da hidrografia (Figura 35) foi utilizada para gerar um mapa de distâncias a corpos hídricos. Para Biju (2015), a distância mínima é de 400 m, já a NBR para aterro de resíduos não perigosos, define a distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica, devido a geração de chorume (ABNT, 1997).

Assim sendo, foi considerada uma distância intermediária, de 300 m como o mínimo adequado. Com a vetorização dos corpos hídricos gerou-se um *buffer* de 300 m, que são consideradas áreas de restrições, já as áreas maiores que 300 m são consideradas adequadas.

As áreas aptas, foram divididas a cada 100 m, gerando *buffers*, posteriormente foi convertido para *raster* para reclassificar, atribuindo valores intermediários de aptidão, sendo maior o valor atribuído com o aumento da distância, pela lógica *fuzzy* crescente (Tabela 22).

Tabela 22 – Padronização da variável distância a corpos d'água para o mapa de aptidão

Distâncias a corpos d'água	Valor
> 300 a 400 m	3
> 400 a 500 m	6
> 500 a 600 m	8
> 600 a 700 m	10

3.5.5 Tipos de solo

A análise do tipo de solo do local, foi quanto a sua fragilidade, o município possui três tipos principais de solos, sendo eles Latossolo, Nitossolo e Neossolo. A fragilidade desses solos, segundo análise empírica de Ross (1994) é menor para Latossolo, intermediária para Nitossolo e maior para os solos novos, Neossolos.

A erodibilidade é uma propriedade inerente ao tipo de solo, podendo ser expressa através do fator K determinado experimentalmente, quanto maior o fator maior a erodibilidade, sendo dependente de interações complexas entre propriedade físicas e químicas (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Diversos estudos são realizados para determinar o fator K, um estudo realizado por Correchel (2003) avaliou oito métodos, encontrando valores médios (Tabela 23).

Tabela 23 – Valores dos índices de erodibilidade do solo (fator K) médio para os oito métodos de estimativas

Solos	Fator K médio
Solos sob pastagem	
Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico	0,043
Neossolo Quartzarênico	0,009
Nitossolo Vermelho eutrófico	0,025
Solos cultivados com cana-de-açúcar	
Neossolo Quartzarênico	0,010
Latossolo Vermelho distrófico	0,019
Nitossolo Vermelho distrófico	0,029

Fonte: Adaptado de Correchel (2003)

Na região em análise um estudo foi realizado por Ruthes et al. (2012) determinando valores de erodibilidade para a bacia do rio Catorze (Tabela 24).

Tabela 24 – Valores do fator de erodibilidade para a bacia do rio Catorze para oito amostras

Amostra	Solo	Fator K	Fator K médio
1	Latossolo vermelho distroférico	0,0267	
5	Latossolo vermelho eutroférico	0,0746	0,0611
7	Latossolo vermelho distroférico	0,0819	
2	Neossolo regolítico eutrófico	0,1238	0,1238
3	Cambissolo háplico distrófico	0,0788	
4	Cambissolo háplico distrófico	0,0346	0,0696
6	Cambissolo háplico distrófico	0,0955	
8	Nitossolo vermelho distroférico	0,0738	0,0738

Fonte: Adaptado de Ruthes et al. (2012)

Desta maneira, o mapa de solos foi reclassificados de 1 a 10 conforme a fragilidade, sendo o Latossolo o menos frágil, o Nitossolo intermediário e o Neossolo o mais frágil. Em relação a classificação de terceiro nível, o solo eutroférico é mais fértil do que o distroférico, portanto recebe valor levemente maior (Tabela 25).

Tabela 25 - Padronização da variável tipo de solo para o mapa de aptidão

Tipo de solo	Valor
LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico	10
LATOSSOLO VERMELHO Distroférico	9
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	7
NITOSSOLO VERMELHO Distroférico	6
NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	2

3.5.6 Declividade

Para a análise da declividade o mapa gerado (Figura 34), foi considerado. Para definir as áreas aptas foi respeitado o definido na NBR 13.896, que define como adequada a declividade entre 1 e 30% para a instalação de aterros de resíduos não perigosos (ABNT, 1997).

Portanto, para a reclassificação do mapa de declividade, as áreas com declives maiores que 30% foram excluídas e a reclassificação das áreas adequadas, de 1 a 30%, foi a cada 5%, sendo considerado a aptidão máxima com declividade de 1 a 5% e mínima quando maior que 25 a 30%, seguindo a lógica *fuzzy* decrescente (Tabela 26).

Tabela 26 – Padronização da variável declividade para o mapa de aptidão

Declividade	Valor
1 - 5%	10
> 5 - 10%	8
> 10 - 15%	6
> 15 - 20%	4
> 20 - 25%	2
> 25 - 30%	1

3.5.7 Uso e ocupação do solo

Quanto ao mapa de uso e ocupação do solo, gerado a partir das imagens orbitais (Figura 33), a padronização dos dados considerada o impacto ambiental no local, sendo que as áreas com solo exposto recebem valor 10 por possuírem aptidão máxima, pois são áreas já impactadas. Áreas de vegetação rasteira possuem aptidão um pouco menor, com valor 8. Já as áreas com vegetação arbórea a aptidão é mínima, com valor 2, pois são áreas preservadas. As demais áreas, com hidrografia e áreas urbanas são inaptas, sendo excluídas do mapa de padronização (Tabela 27).

Tabela 27 – Padronização da variável uso e ocupação do solo para o mapa de aptidão

Classe de Uso e Ocupação do Solo	Valor
Solo Exposto	10
Vegetação Rasteira	8
Vegetação Arbórea	2

3.5.8 Mapa de aptidão

A padronização das variáveis permitiu identificar quais características são adequadas para a instalação da usina associada ao aterro de resíduos de construção segundo as normas analisadas. Porém, cada critério contribui de maneira diferente na tomada de decisão, então, primeiramente os fatores foram ponderados, utilizando a técnica AHP com o modelo em Excel desenvolvido por Goepel (2013).

Com os mapas de restrições e de fatores padronizados e com atribuição de pesos para as classes das variáveis analisadas, é possível gerar o mapa de aptidão com a combinação linear ponderada, realizada por meio da calculadora *raster* (Equação 10) (ESTOQUE; MURAYAMA, 2010).

$$WLC = \sum_{i=1}^n x_i \times W_i \quad (10)$$

Onde:

WLC = Combinação Linear Ponderada;

X_i = Parâmetros de decisão (fatores);

W_i = Peso AHP;

n = número de parâmetros (fatores).

Desse mapa foram excluídas as áreas inaptas, ou seja, as áreas de restrição, em relação a distância a núcleos populacionais, distância a estabelecimentos de ensino e saúde, distância a vias e rodovias, distância de corpos d'água, declividade superior a 30%, hidrografia e área urbana do mapa de uso e ocupação do solo.

O mapa de aptidão gerado foi analisado para identificar as áreas aptas segundo os outros critérios estabelecidos na NBR 15.113 (ABNT, 2004d), quanto a área e o volume disponíveis, considerando a quantidade gerada.

Para estimar a quantidade gerada de resíduos de construção foi considerado o levantado pela ABRELPE para a região Sul em 2015, vezes o número de habitantes do município.

Com a quantidade gerada é possível estimar o volume gerado por dia, considerando o peso específico do RCC. Segundo Monteiro et al. (2001) para o resíduo de construção o peso específico aparente é de 1.300 kg/m³, para a Prodetec (2016) é de 1.500 kg/m³, foi considerado um intermediário, de 1.400 kg/m³.

O estudo de Biju (2015) considerou que para a instalação de um aterro de RCC a área mínima necessária é de 12.000 m², considerando que todos os resíduos gerados fossem dispostos no aterro. Segundo Pinto (1999) e Jadovski e Masuero (2006) do total de material recebido nas usinas 10% são rejeitos que não serão processados, então dispostos no aterro. Portanto, com uma regra de três foi identificada a área necessária para o aterro.

Para estimar a área necessária para a usina de reciclagem foi considerado que 90% será processado. Segundo Jadovski e Masuero (2006), para processar 10 ton/h a usina ocupa 5.000 m², aplicando uma regra de três foi possível identificar a área necessária para a usina.

Somando a área estimada para o aterro com a área estimada para a usina de reciclagem foi possível identificar a área total necessária. Com isso, as áreas menores ao tamanho

encontrado foram excluídas do mapa de aptidão, identificando as áreas aptas para processar a quantidade de resíduos gerados no município.

Por fim, foi analisada a localização da Pedreira Motter em relação as áreas aptas identificadas, devido o interesse por parte dos empreendedores em utilizar este local para a reciclagem de resíduos de construção. Para tanto, foi realizada a vetorização da área da pedreira utilizando imagem de satélite e feita a sobreposição ao mapa de aptidão gerado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 GERENCIAMENTO DOS RCC EM FRANCISCO BELTRÃO

No município de Francisco Beltrão, até o ano 2000 os resíduos não possuíam um destino adequado, segundo Candiotto e Rigo (2015) alguns bairros, hoje populosos, como o Vila Nova e o Padre Ulrico receberam resíduos na década de 1970 e 1980, sem o controle e a proteção do meio ambiente. Além destes locais um terreno particular, de propriedade do prefeito da época, na comunidade Água Vermelha, era utilizado para o descarte dos resíduos do município.

Na década de 1980 um terreno na comunidade Água Branca as margens da PR 483, de posse da prefeitura, passou a ser utilizado para o depósito dos resíduos do município. No local 15 pessoas contratadas pela prefeitura segregavam os resíduos para a reciclagem e compostagem. Com o aumento da produção de resíduos e o descontrole do local, em 1992, todo resíduo que chegava ao lixão era simplesmente depositado a céu aberto. O local ficou ativo por 16 anos, até 2001, quando o aterro sanitário do município começou a operar (CANDIOTTO; RIGO, 2015).

Em levantamento realizado pela Mineropar em 2002 foram constatados problemas de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, indicando como causa um antigo depósito de resíduos em local inadequado, esgotos domésticos e industriais não tratados e a necessidade de investigar demais locais que possivelmente tenham contaminado as águas.

Quanto ao descarte dos RCC, nos últimos 10 anos, alguns locais públicos eram utilizados, porém também havia o descarte de outros materiais como eletroeletrônicos, industriais, resíduos de oficinas mecânicas entre outros. Esses resíduos eram descartados por empresas particulares, pessoas que realizavam a limpeza de terrenos e até mesmo veículos da prefeitura municipal (RIGO, 2014).

Um desses locais era no bairro Padre Ulrico, a aproximadamente 4 km do centro do município, onde diariamente eram depositados entulhos e outros resíduos de origem diversa (Figura 27).

Figura 27 - Local de disposição inadequada de RCC no Bairro Padre Ulrico



Fonte: Rigo (2014).

Devido as irregularidades no local, em 2012 o mesmo foi isolado e os resíduos depositados foram aterrados. Então outro local passou a receber RCC, uma antiga lavra de basalto na comunidade Vila Lobos a cerca de 10 km da zona urbana (RIGO, 2014).

Ainda, segundo o autor supracitado, o local era utilizado a partir de um acordo verbal entre o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e as empresas coletoras de resíduos de construção civil, ficando as empresas responsáveis pelo recebimento e segregação dos materiais, realizando a manutenção do local, sendo que a prefeitura se responsabilizou em colocar um portão com cadeado para evitar a entrada de pessoas não autorizadas.

Porém o acordo não foi cumprido, tanto por parte da prefeitura, que não colocou o portão, somente uma corrente, como por parte das empresas que não deixaram funcionário no local, alegando falta de segurança (RIGO, 2014). Com isso, a área se transformou em outro problema ambiental, sem controle dos resíduos descartados, com o acúmulo da água da chuva contribuindo também para a proliferação de vetores de doenças (Figura 28).

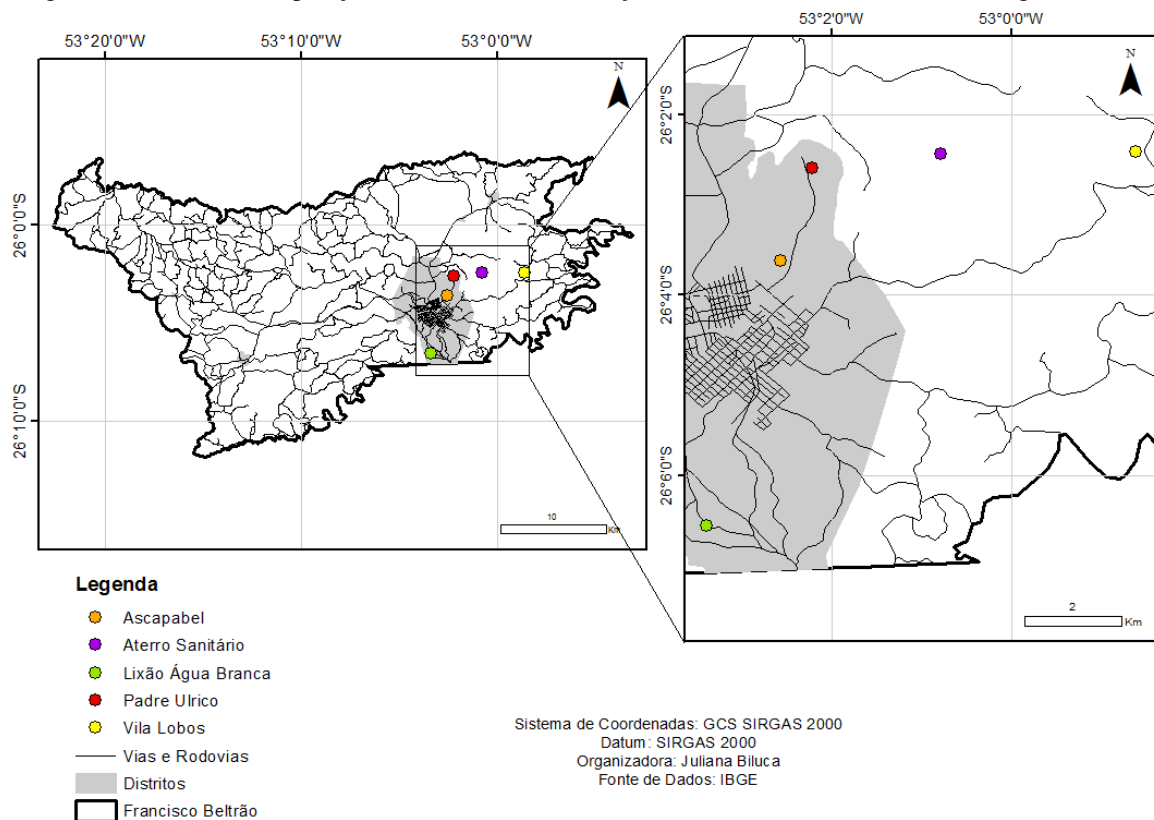
Figura 28 - Antiga lavra de basalto na comunidade Vila Lobos utilizada para o descarte inadequado de resíduos



Fonte: G1.globo.com (2013).

Em 2013 o local foi desativado e os rejeitos encaminhados para o aterro sanitário municipal, na linha Menino Jesus a aproximadamente 12 km da cidade. Os resíduos recicláveis foram destinados para a Associação de Catadores de Papel do município e os resíduos inertes foram deixados no local (Figura 29).

Figura 29 – Locais de disposição de resíduos de construção civil em Francisco Beltrão ao longo dos anos.



Fonte: Autoria própria.

No município, em 2014, existiam duas empresas que realizavam a coleta e o transporte dos RCC (RIGO, 2014), utilizando o material para nivelamento de terrenos (Figura 30).

Figura 30 - Nivelamento de terrenos com RCC em Francisco Beltrão



Fonte: Rigo (2014).

O nivelamento de terrenos somente pode ser realizado com o material triado, utilizando apenas os solos de escavações, assim o material escavado em uma obra pode ser reaproveitado em outra. Porém, este processo requer garantias de que o solo não seja contaminado e requer compatibilidade com o solo local (SINDUSCON/SP, 2015).

O descarte em terrenos baldios, tanto por empresas coletoras de resíduos como pela população é perceptível em diversos pontos do município. Segundo informações da prefeitura municipal, denúncias de descarte irregular auxiliam o gestor público identificar o poluidor, que fica obrigado a recuperar o local e ainda pode receber multa que varia de R\$ 500,00 (quinhentos reais) a R\$ 500.000,00 (quinhentos mil reais) (FRANCISCO BELTRÃO, 2014; FRANCISCO BELTRÃO, 2015).

Os vazios urbanos tornam-se locais vulneráveis para depósito inadequado de resíduos de construção, surgindo devido ao crescimento desordenado da área urbana. Segundo Ghisi (2017) o município de Francisco Beltrão, em 2015, possuía 7.125 lotes considerados como vazios urbanos, com uma área total de aproximadamente 10 km², enfatizando a problemática de lotes vagos que servem de atrativo para o descarte de resíduos.

No início de 2016 foi implantando um centro de triagem e reciclagem de resíduos inertes na Vila Rio Tuna pela empresa Engegreen, de União da Vitória (Figura 31), a licença operação foi concedida pelo IAP em 30/05/2016 (IAP, 2016).

Figura 31 – Central de Triagem de RCC da Engegreen na Vila Rio Tuna – Francisco Beltrão



Fonte: Autoria própria.

Porém o centro de triagem não funcionou, os coletores de entulho continuaram a operar sem licença, coletando resíduos e descartando em locais inadequados. Segundo informações prestadas por funcionário da Secretaria do Meio Ambiente, as caçambas da Engegreen foram repassadas para outra empresa que passou a descartar resíduos de maneira inadequada (Figura 32). Devido ao descarte inadequado dos resíduos a empresa teve a licença operação anulada.

Figura 32 – Descarte inadequado de resíduos de construção por transporte privado



Fonte: Autoria própria.

Segundo Oliveira, Rocha e Ferreira (2013) o transporte privado representa a maior parte das deposições irregulares em vias e logradouros públicos em diversos municípios, devido a diminuição de custos de transporte, possibilitando a oferta de preços menores se comparados a coletores que realizam a deposição adequada.

Conforme informações fornecidas por funcionário da Secretaria do Meio Ambiente, a Pedreira Motter localizada na Rodovia PR-483, Km 11, no bairro Marrecas, pretende iniciar a reciclagem de resíduos de construção no município, visto que possuem os equipamentos para processamento do material.

As usinas de reciclagem de resíduos são baseadas em usinas de mineração, com diferenças devido a necessidade da retirada de materiais contaminantes, grande variedade no tipo de matéria prima, influenciando no tipo de equipamento e o RCC podem influenciar nas propriedades dos agregados reciclados (MIRANDA; ANGULO; CARELI, 2009).

Para se fazer cumprir a PNRS, os gestores municipais exigem das empresas com atividades de construção civil, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, onde as construtoras devem identificar o destino dos resíduos gerados em cada obra. O PGRS deve seguir o termo de referência disponibilizado pela Secretaria do Meio Ambiente, que estabelece as diretrizes para sua elaboração (FRANCISCO BELTRÃO, 2017).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, com dados fornecidos pelo próprio município, no ano de 2010 foram coletadas 45.000 toneladas de resíduos de construção civil no município de Francisco Beltrão, com a coleta realizada por empresas especializadas e pelo próprio gerador (SNIS, 2016b).

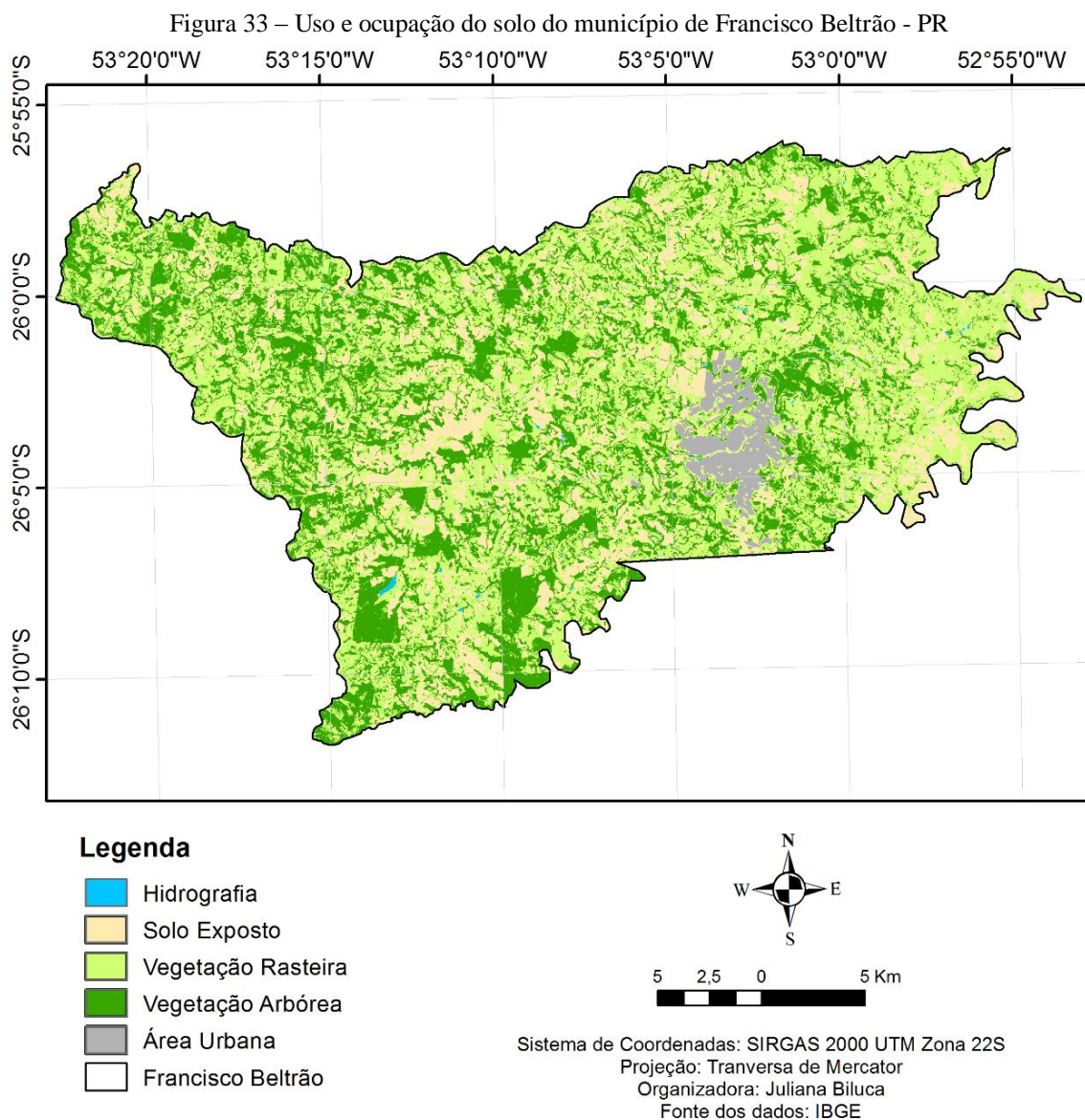
Considerando o número de habitantes no município, no ano de 2010, de 78.943 (IBGE, 2010a) a quantidade de RCC coletados per capita ficou em 570,03 kg/habitante.

4.2 MAPAS TEMÁTICOS

Os diferentes mapas temáticos gerados, de uso e ocupação do solo, declividade, hidrografia, vias e rodovias, núcleos populacionais, estabelecimentos de saúde e de ensino e tipos de solos, são apresentados nas seções seguintes.

4.2.1 Uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo gerado identificou que 2,44% são de área urbana, 0,27% de hidrografia, 31,44% de vegetação arbórea, 44,17% de vegetação rasteira e 21,68% de solo exposto (Figura 33).



Fonte: Autoria própria.

Comparando com um estudo de Ruthes, Tomazoni e Gomes (2016) em Francisco Beltrão, esse identificou 22,32% de mata secundária, 1,63% de urbanização, 46,97% de pastagens, 11,83% de lavoura, 4,63% e lavoura em pousio e 12,62% de solo exposto.

Os diferentes valores encontrados podem ser explicados pelas diferentes classes adotadas na classificação, também o método diferente de classificação adotado pelos autores, utilizando o classificador Batthacharya.

Outro fator que pode influenciar no mapa de uso e ocupação do solo é o período de colheita das lavouras, ou épocas de chuvas e secas. Sendo que Ruthes, Tomazoni e Gomes (2016) utilizaram imagens de julho de 2013 e o presente estudo imagens de abril de 2016,

portanto com diferentes períodos, que podem alterar significativamente o resultado para o uso e ocupação do solo.

4.2.2 Declividade

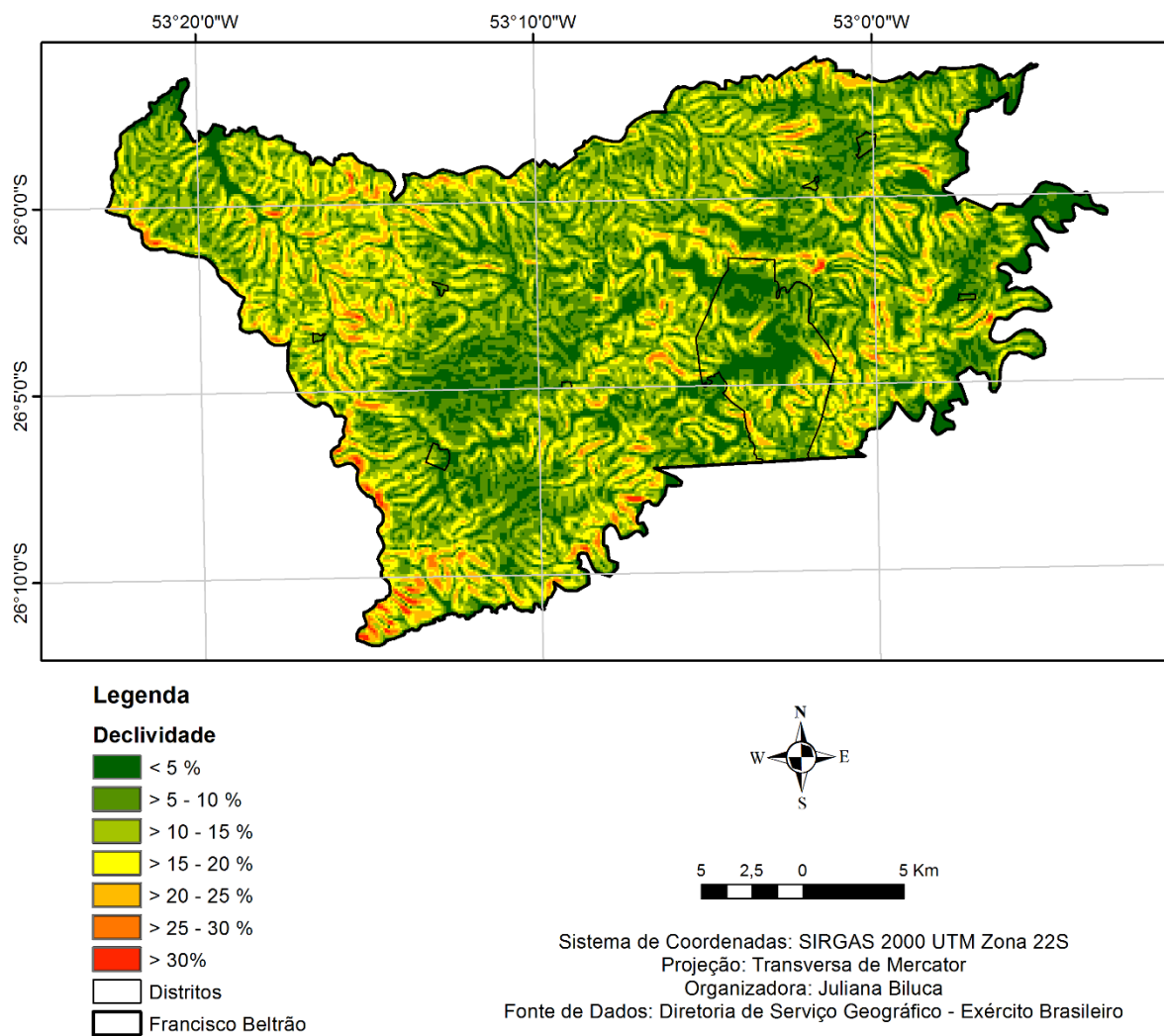
O mapa de declividade do município identificou poucas áreas com declividade elevada, somente 0,19% do município com declives maiores que 30%. A maioria está entre 5 e 10%, representando 29,69% da área total do município (Tabela 28).

Tabela 28 – Área em m² e % de cada classe de declividade em Francisco Beltrão - PR

Declividade	Área (m²)	Área (%)
> 30%	1.397.923	0,19
25 – 30%	6.757.537	0,92
20 – 25%	40.288.277	5,48
15 – 20%	122.475.132	16,65
10 – 15%	204.175.611	27,76
5 – 10%	218.365.884	29,69
< 5%	142.057.393	19,31
Total	735.517.757	100

A identificação de pequenas porções com declividade superior a 30%, inadequadas, indicam que a maior parte do município possui áreas com alta aptidão para a instalação de empreendimentos de recebimento de resíduos. Vale destacar, que a região central apresenta, em grande parte, declividade inferior a 5% (Figura 34).

Figura 34 – Declividade, em porcentagem, do município de Francisco Beltrão

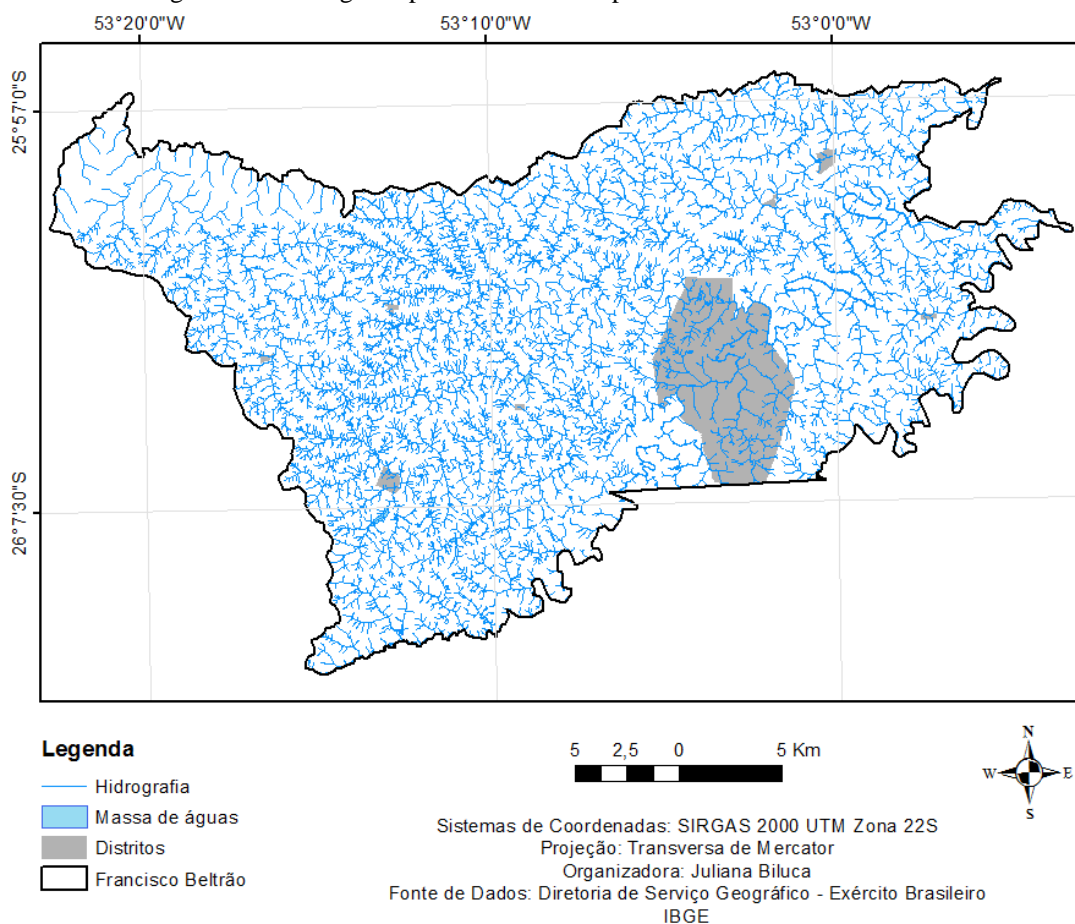


Fonte: Autoria própria.

4.2.3 Hidrografia

O mapa de hidrografia do município permite identificar a densidade de rios presentes. A grande maioria das cartas estavam na escala 1:25.000, apenas uma carta, na parte noroeste da área de estudo, foi vetorizada na escala 1:50.000 por isso há menor densidade de rios (Figura 35).

Figura 35 – Hidrografia presente no município de Francisco Beltrão - PR



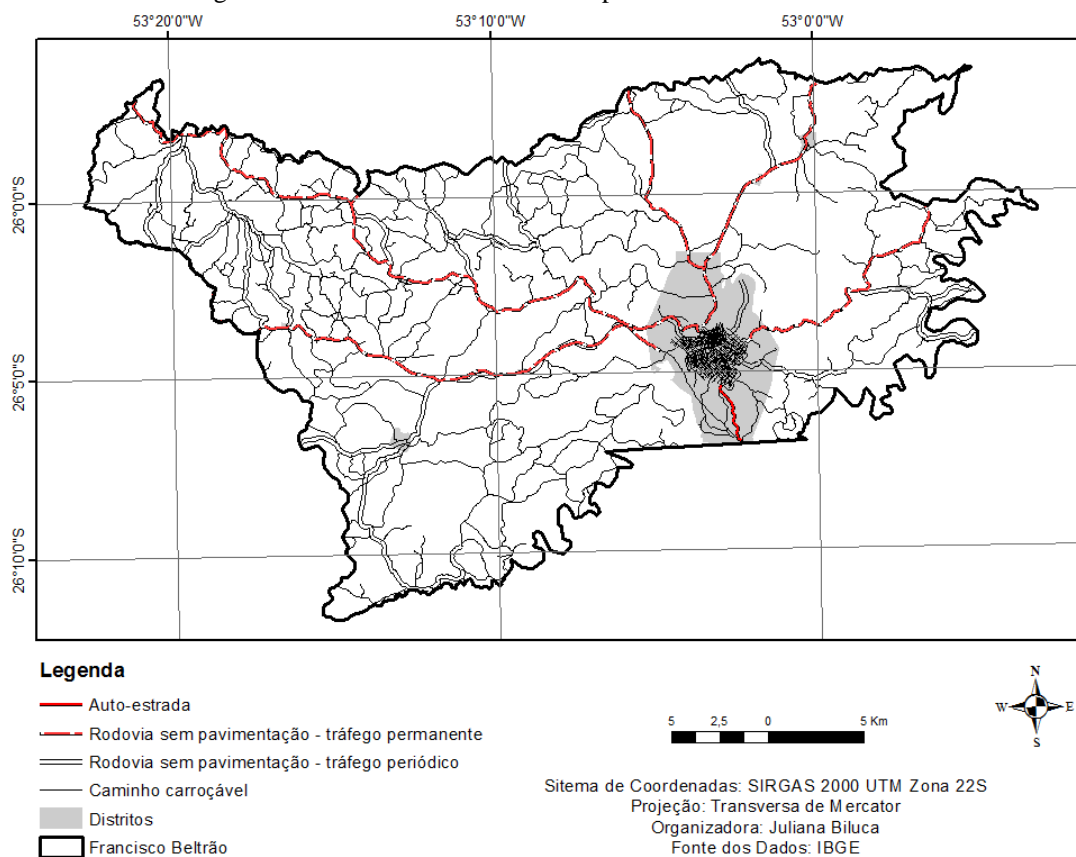
Fonte: Autoria própria.

Francisco Beltrão possui uma rede de drenagem densa, com convergência para nordeste do Rio Marrecas, afluente do Rio Chopin. Os principais rios são: o Marrecas que corta a cidade, os rios Santana, Tuna, Santa Rosa, Quatorze, Concórdia, Erval, Gaúcha, Córrego das Pedras, Lajeado Grande, Sanga Funda, Córrego do Salto e Tiriva (MINEROPAR, 2002).

4.2.4 Vias e Rodovias

A vetorização das vias e rodovias do município identificou as principais vias e rodovias que cortam o município em estudo (Figura 36).

Figura 36 – Vias e rodovias do município de Francisco Beltrão - PR



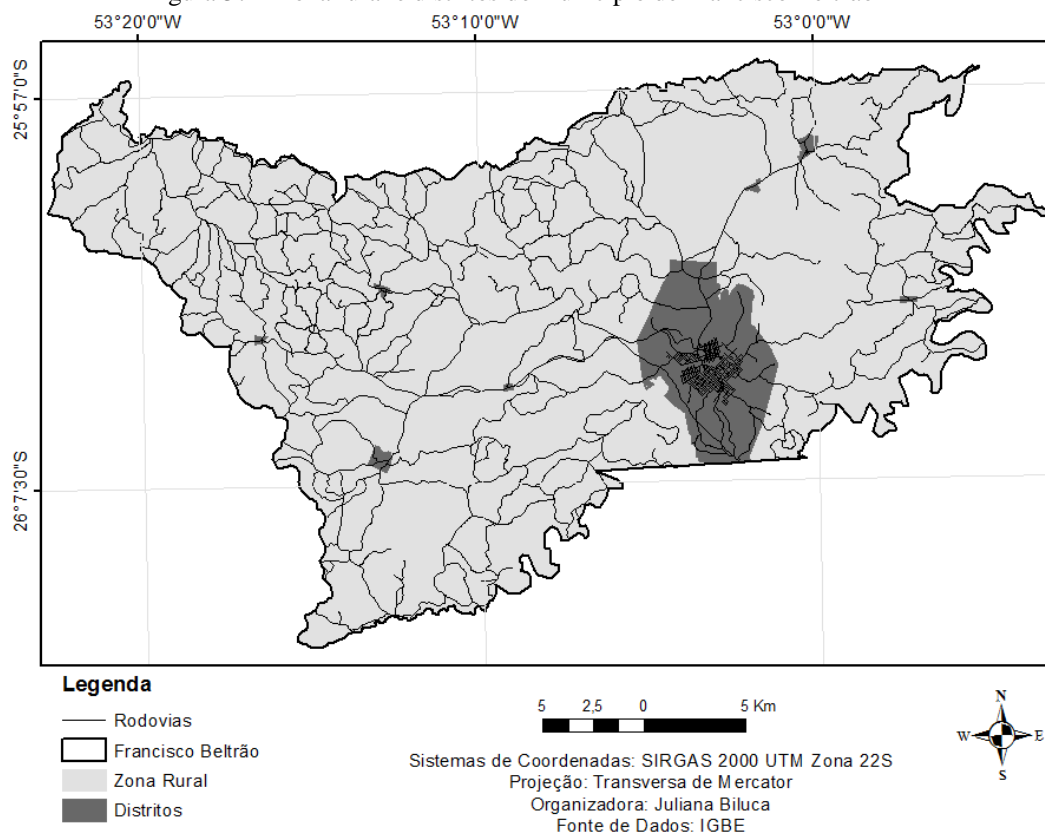
Fonte: Autoria própria.

A rede rodoviária, composta por rodovias estaduais possui a PR-180, no sentido norte-sul, fazendo ligação ao município de Marmeleiro ao Sul e ao de Éneas Marques ao Norte. No sentido nordeste a rodovia é a PR-475 em direção a Verê, neste mesmo sentido tem a PR-566 que faz conexão com o município de Itapejara do Oeste. Já no sentido oeste, a PR-486 liga a sede com a rodovia PR-182.

4.2.5 Núcleos populacionais

O mapa temático referente a área urbana, com dados disponíveis do IBGE, segregou o município pelos setores censitários. Foram destacados os distritos, englobando a área urbana de Francisco Beltrão e as comunidades (Figura 37).

Figura 37 – Zona rural e distritos do município de Francisco Beltrão - PR

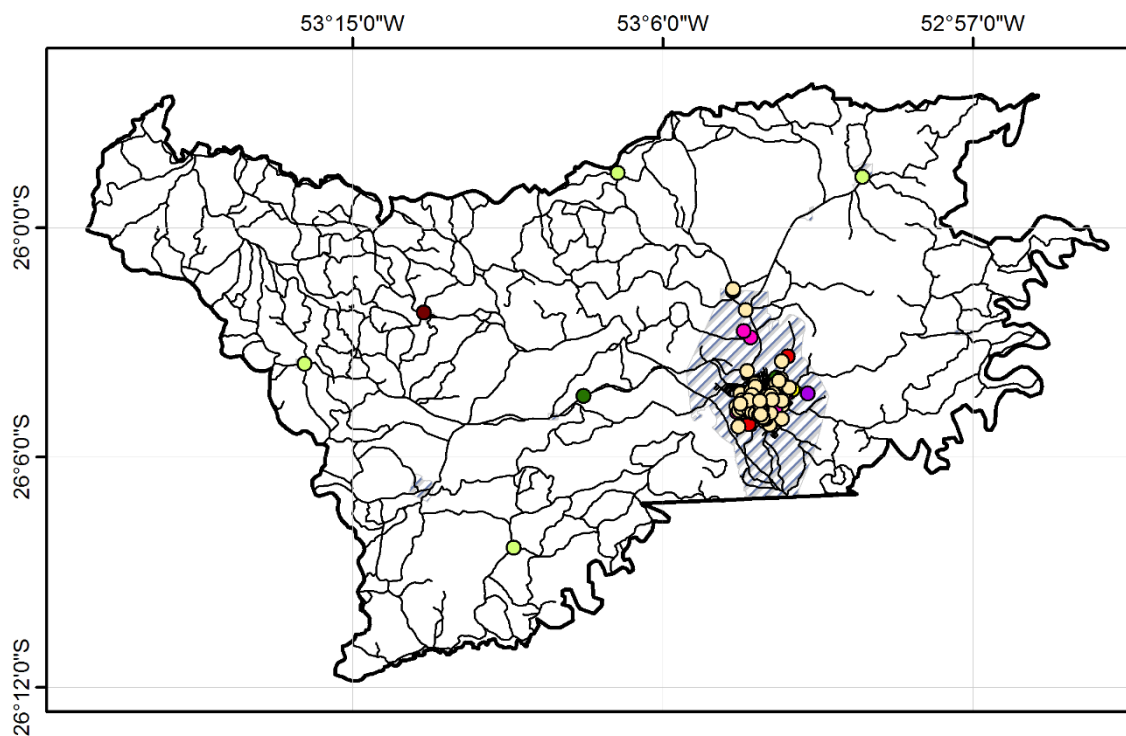


A segregação segundo os setores censitários identificou a área central do município e as comunidades Nova Concórdia, Jacutinga, Secção Jacaré e São Pio X.

4.2.6 Estabelecimentos de ensino e de saúde

O *shapfile* com os estabelecimentos de saúde obtidos com o INDE permitiu identificar 305 locais, entre centro de gestão e saúde, centro de atenção, centro de saúde, clínica de especialidade, consultórios, farmácias, hospitais, postos de saúde, unidades de apoio, unidades de vigilância a saúde e unidades móveis (Figura 38).

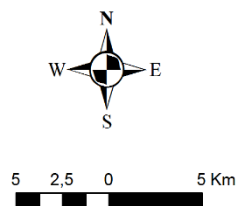
Figura 38 – Estabelecimentos de saúde no município de Francisco Beltrão



Legenda

- CENTRAL DE GESTÃO EM SAÚDE
- CENTRO DE ATENÇÃO
- CENTRO DE SAÚDE/UNIDADE BÁSICA
- CLÍNICA DE ESPECIALIDADE
- CONSULTÓRIO ISOLADO
- FARMÁCIA
- HOSPITAL
- POSTO DE SAÚDE
- UNIDADE DE APOIO DIAGNÓSE E TERAPIA
- UNIDADE DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE
- UNIDADE MÓVEL

- Vias e Rodovias
- ▨ Distritos
- ▭ Francisco Beltrão



Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zona 22S
 Projeção: Transversa de Mercator
 Organizadora: Juliana Biluca
 Fonte de Dados: IBGE
 Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

Fonte: Autoria própria.

Quanto aos estabelecimentos de ensino, verificando o *site* da Secretaria da Educação são 16 escolas estaduais presentes no município (Quadro 8).

Quadro 8 – Escolas estaduais no município de Francisco Beltrão

ID	Nome da escola estadual	Endereço	Número	Bairro
1	Arnaldo Faivro Busato, C E-EF M	Av. Jacinto Ferri	0	Dt. Nova Concórdia
2	Beatriz Biavatti, C E-EF M	Rua Elias Scalco	989	Vila Nova
3	Cango, E DA-EF	Rua São Judas Tadeu	299	Cango
4	CEEBJA Novos Horizontes - EF M	PR 483 - km 12	0	
5	CEEBJA de Francisco Beltrão - EF M P	Rua União da Vitória	1771	Centro
6	Centro Est. Educ. Profis. Sudoeste do PR	Linha Santa Bárbara	0	
7	Cristo Rei, C E-EF M	Rua Padre Réus	174	Cristo Rei
8	Eduardo Virmond Suplicy, C E DR-EF M P	Rua São Paulo	1135	Centro
9	Industrial, C E-EF M	Av. Júlio Assis Cavalleiro	2021	Industrial
10	Joao Paulo II, C E-EF M	Rua Francisco Borghezan	211	Júpiter
11	Leo Flach, C E-EF M	Rua Marília	190	Padre Ulrico
12	Mario de Andrade, C E-EF M N Prof.	Rua Tenente Camargo	345	Luther King
13	Paulo freire, C E do C-EF M	Assent. Missões	0	Linha Fazendinha
14	Reinaldo Sass, C E-EF M Prof.	Rua Alagoas	475	Alvorada
15	Tancredo Neves, C E-EF M Prof.	Rua Barra Mansa	0	Pinheirinho
16	Vicente de Carli, C E Prof-EF M	Rua Santo Antônio	1441	São Miguel

Quanto as escolas municipais são 38, porém a escola número 14 não foi possível identificar no *Google Earth*, para obter as coordenadas, pois encontra-se na região rural e não possui numeração (Quadro 9).

Quadro 9 - Escolas municipais no município de Francisco Beltrão

(continua)

ID	Nome da escola municipal	Endereço	Nº	Bairro
1	15 de Outubro, E M-EI EF	R. Brejinho	0	Jd. Floresta
2	Basílio Tiecher, E M-EI EF	São Pio X - km 20	0	
3	Boaventura, E M Mde-EI EF	R. São Miguel	550	São Miguel
4	Bom Pastor, E M-EI EF	R. Venezuela	300	Luther King
5	Cantinho do Céu, CMEI	R. Enéas Marques	155	Marrecas
6	Carmen Vargas Vanin, CMEI Prof	R. Odósio Dalla Maria	221	Pinheirinho
7	Carrossel, CMEI	R. X de Outubro	510	São Miguel
8	Cirilo, E M IR-EI EF	Linha Fazendinha- Assent. Missões	0	

Quadro 9 - Escolas municipais no município de Francisco Beltrão

(continuação)

ID	Nome da escola municipal	Endereço	Nº	Bairro
9	Dalva Paggi Claus, CMEI	R. Mandaguari	230	Luther King
10	Delfo João Fregonese, CMEI	R. Campo Largo	570	Industrial
11	Deni L Schwartz, E M-EI EF	Ponte Nova do Cotegipe	0	
12	Deodato, E M Frei-EI EF	R. São Judas Tadeu	299	Cango
13	Diva Martins, CMEI	R. Siriema	300	Padre Ulrico
14	Epitácio Pessoa, E M-EI EF	R. Principal	0	Secção Jacaré
15	Francisco M da Silva, E M-EI EF	R. Aurélio Buarque de Holanda	0	Novo Mundo
16	Germano Meyer, E M-EI EF	R. Enéas Marques	155	Marrecas
17	Herbert de Souza-Betinho, CMEI	R. Beija Flor	700	Padre Ulrico
18	Higino A P Neto, E M-EI EF	R. Ardelino Martini	0	Sadia
19	Idalino Rinaldi, CMEI	R. Ardelino Martini	851	Sadia
20	Ivanir de Albuquerque, CMEI Prof	R. Presid. Albuquerque	201	Cristo Rei
21	Juscelino Kubitschek, E M-EI EF	Pr 180 - Vila Rio Tuna	0	
22	Luiz Carlos S Silva-Tio Didio, CMEI	Trav. Alegrete	99	Jd Seminário
23	Maria B Dellani, E M Profa-EI EF	R. Bahia	66	Centro
24	Maria H Vandresen, E M Profa-EI EF	R. Goiás	450	Alvorada
25	Marli Abdala, CMEI	R. Francisco Pires	160	Pinheirinho
26	Mundo Encantado, CMEI	R. Tabajara	414	Novo Mundo
27	Nancy P de Moraes, CMEI	R. Antônio Carneiro Neto	427	Alvorada
28	Nice Braga, CMEI	R. das Gaivotas	215	Miniguaçu
29	Nossa Sra. de Fátima, E M-EI EF	R. Jacintho José Ferri	0	Nova Concórdia
30	Nossa Sra. Sagrado Coração, E M-EI EF	R. Siriema	0	Padre Ulrico
31	Parigot de Souza, E M Prof-EI EF	Av. José Hellmann	0	Jacutinga
32	Pedro Algeri, E M Prof-EI EF	R. Elias Scalco	989	Vila Nova
33	Pequeno Príncipe, CMEI	R. São Marcos	123	Cango
34	Recanto Feliz, E M-EI EF	R. Taubaté	180	Pinheirinho
35	Rubens a Bonatto, E M Prof-EI EF	Rua Padre Manoel da Nobrega	0	Cristo Rei
36	São Cristóvão, E M-EI EF	Rua São Paulo	2180	Industrial
37	Sonho Meu, CMEI	Rua Angra dos Reis	828	Pinheirinho
38	Zelir Vetorelo, CMEI	Rua Piratuba	141	Jd Floresta

Em relação as escolas particulares, são 18 identificadas no município (Quadro 10).

Quadro 10 - Escolas particulares no município de Francisco Beltrão

ID	Nome da escola particular	Endereço	Número	Bairro
1	Águia, C-EF M	Rua Clevelândia	2540	São Cristóvão
2	Alegria de Viver, C E I	Av. Roma	860	Jd Itália
3	Alfa Global Education - C, EI EF M	Rua Brasília	660	Vila Nova
4	Antônio L D Filho, E-EI EF Mod Ed Esp	Rua Pato Branco	522	Água Branca
5	Beltronense, E-EI EF	Rua Rio Grande do Sul	785	N Sra. Aparecida
6	Betel, E-EI EF	Rua Mato Grosso	752	Vila Nova
7	Centro Educ Profis Essei	Rua Tenente Camargo	1191	Presidente Kennedy
8	Centro Educ Profis Raul de Carli	Rua tenente Camargo	1385	Presidente Kennedy
9	Integração, C E I	Rua Paraíba	1277	Vila Nova
10	Israel, C E I	Rua Goiás	463	Alvorada
11	Luz do Saber, E-EI EF	Rua Brasília	660	Vila Nova
12	Mundo Colorido, C E I	Rua Pato Branco	514	São Cristóvão
13	Mundo da Criança E Mundial, E-EI EF	Rua Octaviano Teixeira dos Santos	1037	Centro
14	Nossa Sra. da Glória, C-EI EF M	Rua Tenente Camargo	1560	Centro
15	Nova Geração, E-EI EF	Rua São Paulo	1586	Centro
16	Senai-Centro Educ Profis de Fco Beltrão	Rua União da Vitória	66	Alvorada
17	Sesi, C-EI M	Rua União da Vitória	66	Miniguaçu
18	Vida e Ensino, E-EI EF	Rua Goiás	1466	N Sra. Aparecida

As instituições de nível superior identificadas no site do Ministério da Educação são 12, entre públicas e privadas (Quadro 11).

Quadro 11 – Instituições de nível superior no município de Francisco Beltrão

(continua)

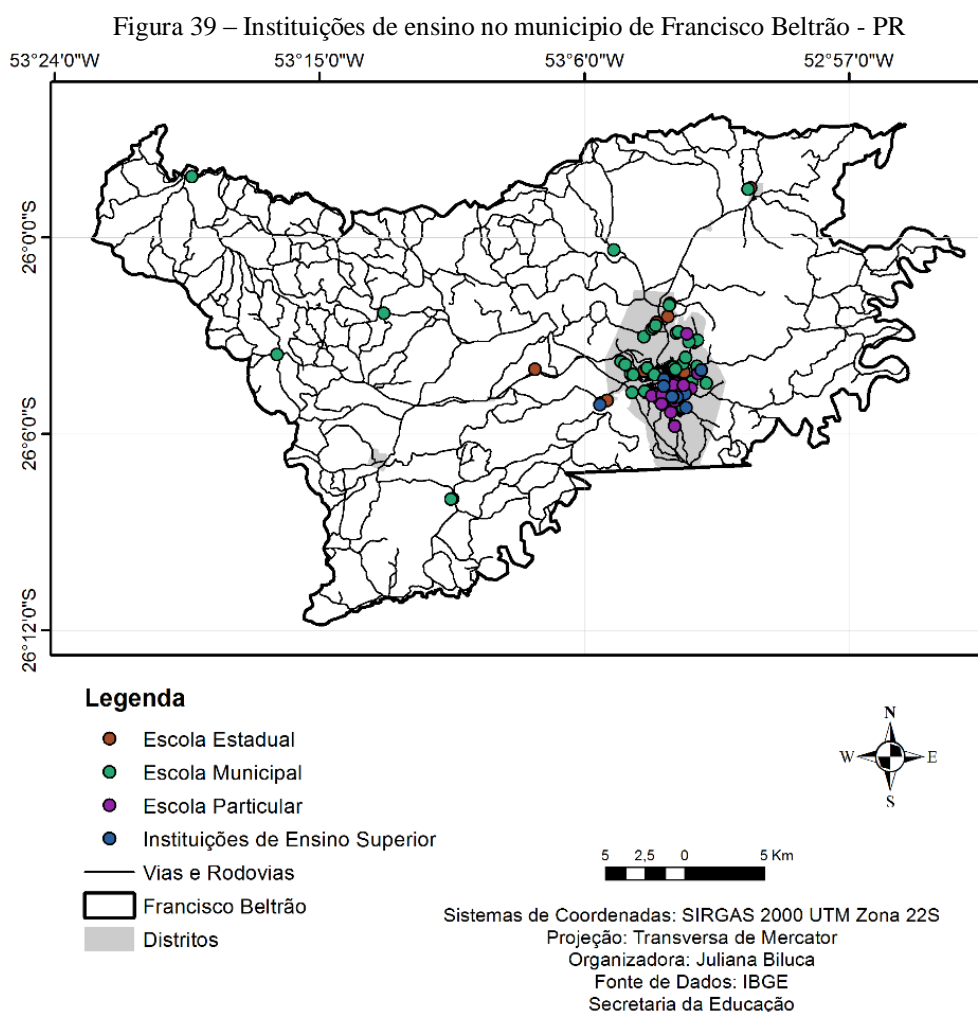
ID	Instituição (IES)	Endereço
1	Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)	Rua Maringá, 1200 - Vila Nova
2	Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)	Linha Santa Bárbara, s/n - Zona Rural
3	Faculdade de Direito Francisco Beltrão (CESUL)	Avenida Antônio de Paiva Cantelmo, 1222 - CENTRO
4	Universidade Paranaense (UNIPAR)	Av. Júlio Assis Cavalheiro, 2000 - Industrial

Quadro 11 – Instituições de nível superior no município de Francisco Beltrão

(continuação)

ID	Instituição (IES)	Endereço
5	Centro Universitário Internacional (UNINTER)	Avenida General Osório, 20 - Bairro da Cango
6	Universidade Paulista (UNIP)	Avenida Júlio Assis Cavalheiro, 1133 - Centro
7	Universidade Castelo Branco (UCB)	Avenida Júlio Assis Cavalheiro, 1133 - Centro
8	Universidade Pitágoras (UNOPAR)	Avenida Júlio Assis Cavalheiro, 390, sala 65 (Shopping Aquarius) - Centro
9	Universidade Pitágoras (UNOPAR)	Avenida Júlio Assis Cavalheiro, 1250 - Centro
10	Centro Universitário SOCIESC	Rua Brasília, 660 - Vila Nova
11	Universidade Salvador (UNIFACS)	Av. Júlio Assis Cavalheiro, 1272 – Centro
12	União de Ensino do Sudoeste do Paraná (UNISEP)	Av. União da Vitória, 14 - Miniguaçu

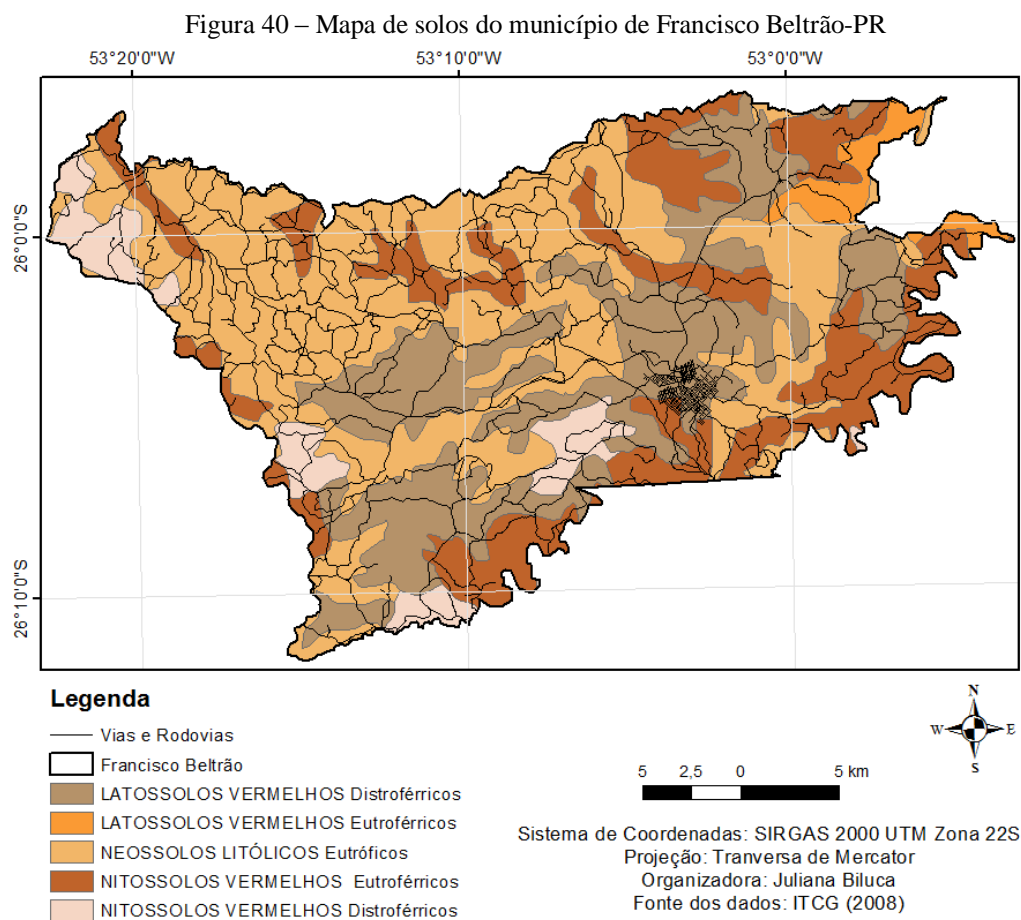
As instituições de ensino concentram-se na região central do município, poucas estão espalhadas no interior (Figura 39).



Fonte: Autoria própria

4.2.7 Tipos de solos

Para identificar os tipos de solos em Francisco Beltrão foram extraídos os dados do mapa de solos do Paraná, permitindo gerar até o terceiro nível de classificação (Figura 40).



Fonte: Autoria própria.

4.3 ÁREAS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADAS

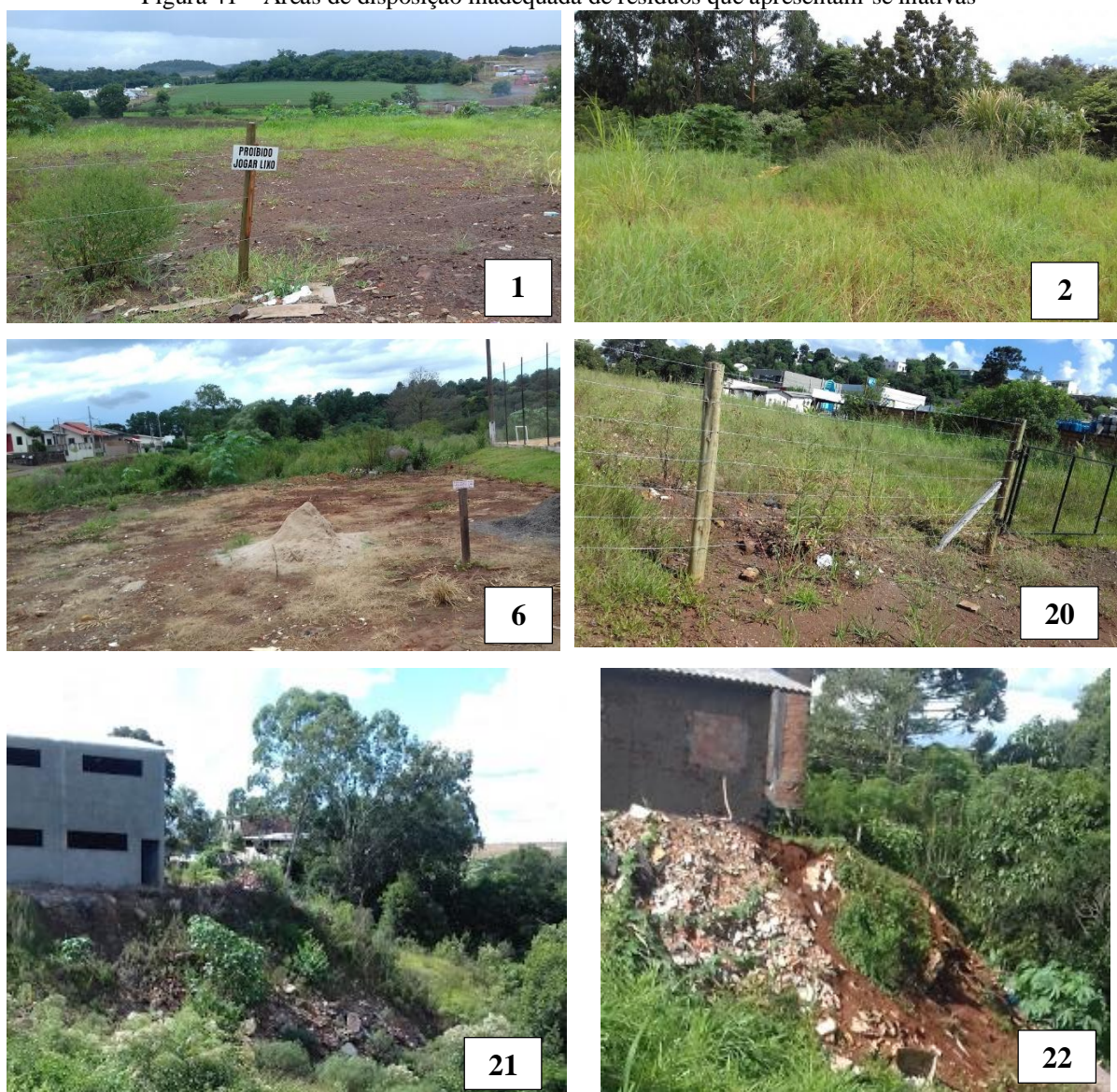
O processo de identificação das áreas de disposição inadequadas no município localizou 23 locais (Quadro 12), onde o descarte dos resíduos de construção civil é realizado por empresas de transporte de entulho. Esses locais também servem de atrativos para pequenos geradores, que lançam diversos resíduos misturados ao RCC, como roupas, móveis e eletrodomésticos.

Quadro 12 – Locais de disposição inadequada de RCC identificados em Francisco Beltrão

Nº	Data da visita	Endereço	Área (m ²)	Tipo de resíduo	Situação
01	01/03/17	Rod. Olivo Zanella - trevo Unisep	2461,37	Inertes	Inativo
02	01/03/17	R. Peru - APP rio Marrecas	939,37	Inertes	Inativo
03	01/03/17	R. Peru, Luther King	566,78	Inertes, não inertes e perigosos	Ativo
04	01/03/17	R. Sicília, Jardim Itália	14,50	Inertes	Ativo
05	01/03/17	R. Marília, Padre Ulrico	12085,45	Inertes	Inativo
06	01/03/17	R. Capinzal, 251 - Jardim Floresta	273,30	Inertes	Inativo
07	01/03/17	Rodovia PR 180, km 04 - em frente a BRF	447,93	Inertes e não inertes	Ativo
08	01/03/17	R. Marcelo Antônio, 466 - Vila Nova	251,84	Inertes, não inertes e perigosos	Ativo
09	01/03/17	R. Peru, 79 - Luther King	1300,79	Inertes e não inertes	Ativo
10	01/03/17	R. Verê, Sadia - chácara no fim da rua	1968,98	Inertes, não inertes e perigosos	Ativo
11	08/03/17	Av. Gen. Osório, Cango - em frente a Leofer	80,50	Inertes e não inertes	Ativo
12	08/03/17 08/06/17	R. Acre, Pinheirinho - fim da rua	5321,90	Inertes, não inertes e perigosos	Ativo
13	01/03/17 08/03/17	R. Osasco, 23 - Pinheirinho	390,00	Inertes, não inertes e perigosos	Ativo
14	08/03/17	Estr. P/ Santa Bárbara, 180 - São Miguel	1920,01	Inertes e não inertes	Ativo
15	08/03/17	R. Bolívia, 2747- Luther King	19,84	Inertes	Ativo
16	08/03/17	Rodovia contorno norte - próximo ao trevo Av. Júlio Assis Cavalheiro	160,50	Inertes, não inertes e perigosos	Ativo
17	08/03/17	Rodovia contorno norte - APP trevo Av. Júlio Assis Cavalheiro	55,50	Inertes e não inertes	Ativo
18	08/03/17	Av. Duque de Caxias, Marrecas - em frente a Ambev	1216,12	Inertes	Ativo
19	08/03/17	Av. Duque de Caxias, Marrecas - entrada bairro Nova Petrópolis	528,42	Inertes e não inertes	Ativo
20	08/03/17	R. São Mateus - São Cristóvão	2940,77	Inertes	Inativo
21	08/03/17	R. R L Barreto, 122 - São Miguel	285,17	Inertes	Inativo
22	08/03/17	Av. Gen. Osório, 1263 - Cango	73,92	Inertes	Inativo
23	01/03/17	Rodovia PR 180, km 04 - Atrás do Toco Comércio de Bebidas	679,44	Inertes, não inertes e perigosos	Ativo

As áreas inativas (1, 2, 5, 6, 20, 21 e 22) foram identificadas devido ao conhecimento do fiscal de obras que acompanhou as visitas. Por muito tempo essas áreas receberam entulhos, mas no momento da visita o local havia sido aterrado e muitas vezes cercado. Em duas áreas (21 e 22) o local de resíduos aterrados serviu de base para uma nova construção (Figura 41).

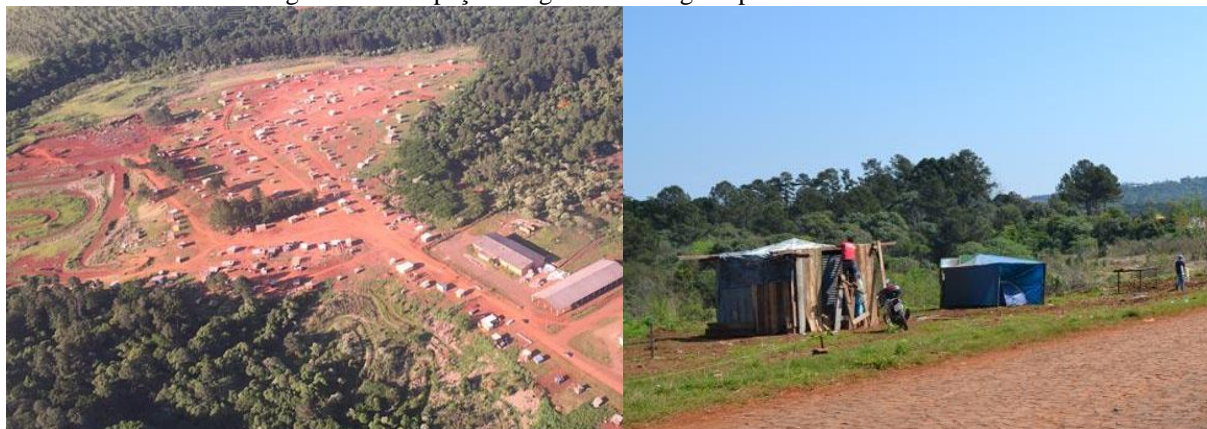
Figura 41 – Áreas de disposição inadequada de resíduos que apresentam-se inativas



Fonte: Autoria própria.

Um ponto crítico que não foi possível visitar é a área 5, que estudos já haviam indicado a problemática da disposição inadequada que ocorreu por anos. Porém, no momento da visita a área havia sido ocupada a pouco tempo por moradores que exigem a construção de habitações populares (Figura 42), sem conhecer a problemática, impossibilitando o acesso ao local.

Figura 42 - Ocupação irregular em antigo depósito de resíduos



Fonte: Leite (2016) e Tesser (2016)

O estudo de Picolo (2011) também identificou que diversas áreas de descarte inadequado em Criciúma - SC servem como aterro para terraplanagem de locais com relevo irregular ou banhados, devido a este processo as áreas tendem a aparecer e desaparecer em um pequeno espaço de tempo.

Algumas áreas visitadas apresentaram apenas materiais inertes descartados, consideradas menos problemáticas (4, 15 e 18) (Figura 43).

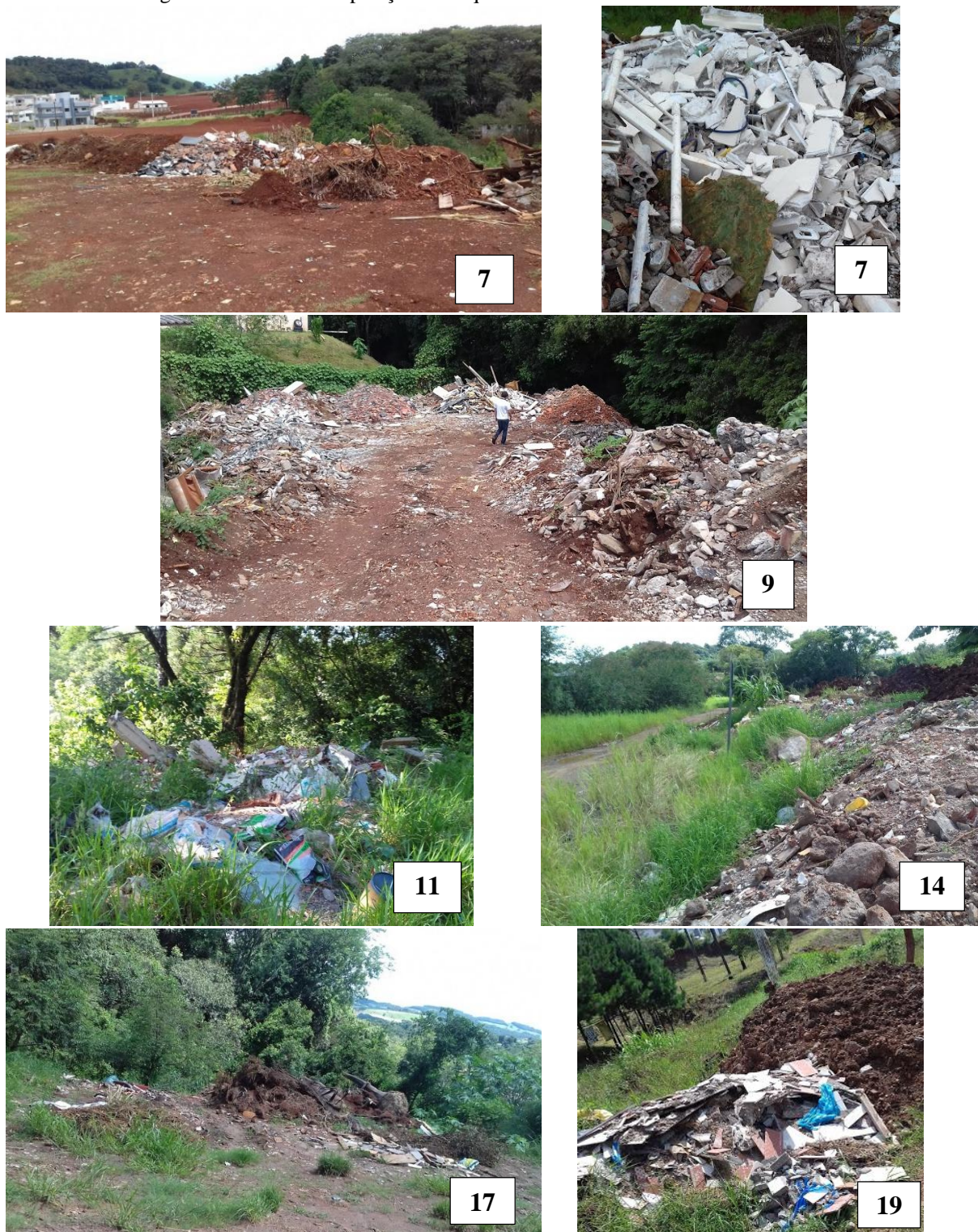
Figura 43 - Áreas de disposição inadequadas com resíduos inertes



Fonte: Autoria própria.

Outras áreas apresentaram mistura de resíduos inertes e não inertes, como tubos de PVC, papelão, madeira, gesso e outros, mas sem a presença visível de resíduos perigosos no momento da visita *in loco* (7, 9, 11, 14, 17 e 19) (Figura 44).

Figura 44 - Áreas de disposição inadequadas com resíduos inertes e não inertes



Fonte: Autoria própria.

As demais áreas (3, 8, 10, 12, 13, 16 e 23) são as mais problemáticas, pois além da presença de resíduos perigosos provenientes da construção civil, os locais estão servindo de atrativo para o descarte de resíduos domésticos, comerciais e industriais.

O descarte de resíduos industriais em áreas de *Bota-fora*, segundo Pinto (1999) é incentivada pelo diferencial de preços aplicados ao descarte de resíduos industriais e resíduos de construção.

Na área de número 3 foi possível identificar além dos resíduos de construção, resíduos domésticos como restos de comida, móveis e eletrodomésticos (Figura 45). Segundo Pinto (1999) o descarte de resíduos volumosos, como por exemplo de móveis, em áreas de *Bota-fora* é devido à falta de soluções oferecidas aos geradores.

Figura 45 - Área de disposição na rua Peru, bairro Luther King



Fonte: Autoria própria.

A área número 8 encontra-se na encosta de um corpo hídrico, esta área também é crítica devido a presença de resíduos perigosos provenientes da construção civil e principalmente a presença de resíduos industriais no local (Figura 46).

Figura 46 - Área de disposição inadequada da rua Marcelo Antônio, bairro Vila Nova



Fonte: Autoria própria.

Já a área identificada com número 10 é uma chácara que tem sido utilizada por anos por uma empresa de transporte de entulhos. Neste local é possível identificar a presença de resíduos domiciliares, uma grande quantidade de geladeiras, móveis e resíduos de comércio, aparentemente de mecânica (Figura 47).

Figura 47 – Área de disposição inadequada na rua Verê, bairro Sadia - fim da rua



Fonte: Autoria própria.

A área de número 12, segundo moradores do entorno, é um local onde antigamente foram construídas habitações populares, mas por se encontrar as margens do rio Marrecas o local sofria com frequentes enchentes, por fim as famílias foram realocadas e as residências destruídas, ficando os entulhos no local.

Deste modo, a área que ocupa uma quadra inteira, serve de atrativo para o descarte de resíduos de construção, mas também de resíduos domésticos, como restos de alimentos, móveis e eletrodomésticos. Percebe-se ainda que está ocorrendo a queima de resíduos no local devido à vestígios de queimadas verificados (Figura 48).

Figura 48 - Área de disposição rua Acre, bairro Pinheirinho - fim da rua



Fonte: Autoria própria.

Nesta área, na visita do dia 08/06/2017, foi identificada a construção de residências no local (Figura 49), enfatizando não somente a problemática ambiental dos vazios urbanos devido o descarte de resíduos, mas também a problemática social.

Figura 49 – Construção de habitações em local de disposição inadequada de resíduos



Fonte: Autoria própria.

Já a área de número 13 é uma das mais precárias devido a diversidade de resíduos lançados no local, se tornando um verdadeiro lixão a céu aberto, com a presença de colchões, estopas de mecânica, resíduos domiciliares, eletrodomésticos além dos resíduos de construção, inclusive os perigosos provenientes dessa atividade (Figura 50).

Figura 50 - Área de disposição na rua Osasco, bairro Pinheirinho



Fonte: Autoria própria.

A área 16 é pequena e com a maior parte de resíduos inertes, mas foi enquadrada nesta categoria devido à presença visível, de material perigoso (Figura 51).

Figura 51 - Área de disposição inadequada na rodovia contorno norte - próximo ao trevo da Av. Júlio Assis Cavalheiro



Fonte: Autoria própria.

E por fim, a área 23, apresenta também uma diversidade de resíduos, como espumas e televisores misturados com inertes. Devido à camada de resíduos no local pode-se inferir que a área é utilizada para o descarte de resíduos por longo período de tempo (Figura 52).

Figura 52 - Área de disposição inadequada na Rodovia PR 180, km 04 - atrás do Toco comércio de bebidas



Fonte: Autoria própria.

As áreas de descarte inadequado além de apresentar grande impacto devido a diversidade/quantidade de resíduos lançados, criam um ambiente propício para a proliferação de vetores de doenças. Segundo Pinto (1999) é comum nesses locais a presença de roedores, animais peçonhentos e insetos transmissores de endemias perigosas como a dengue.

Os pontos identificados encontram-se na região urbana do município, principalmente em APPs nas margens de rios e ao longo de vias e rodovias. Esses locais são preferenciais pela facilidade de descarte e existência de lotes vazios sem isolamento.

Percebe-se a predominância de áreas de descarte inadequado na porção norte do município. Vale destacar que, segundo Andres (2015) é a região com menor qualidade de vida em Francisco Beltrão. Na Figura 53 é possível visualizar a distribuição das áreas de descarte, aplicando-se um *zoom* na área urbana, onde foram identificadas.

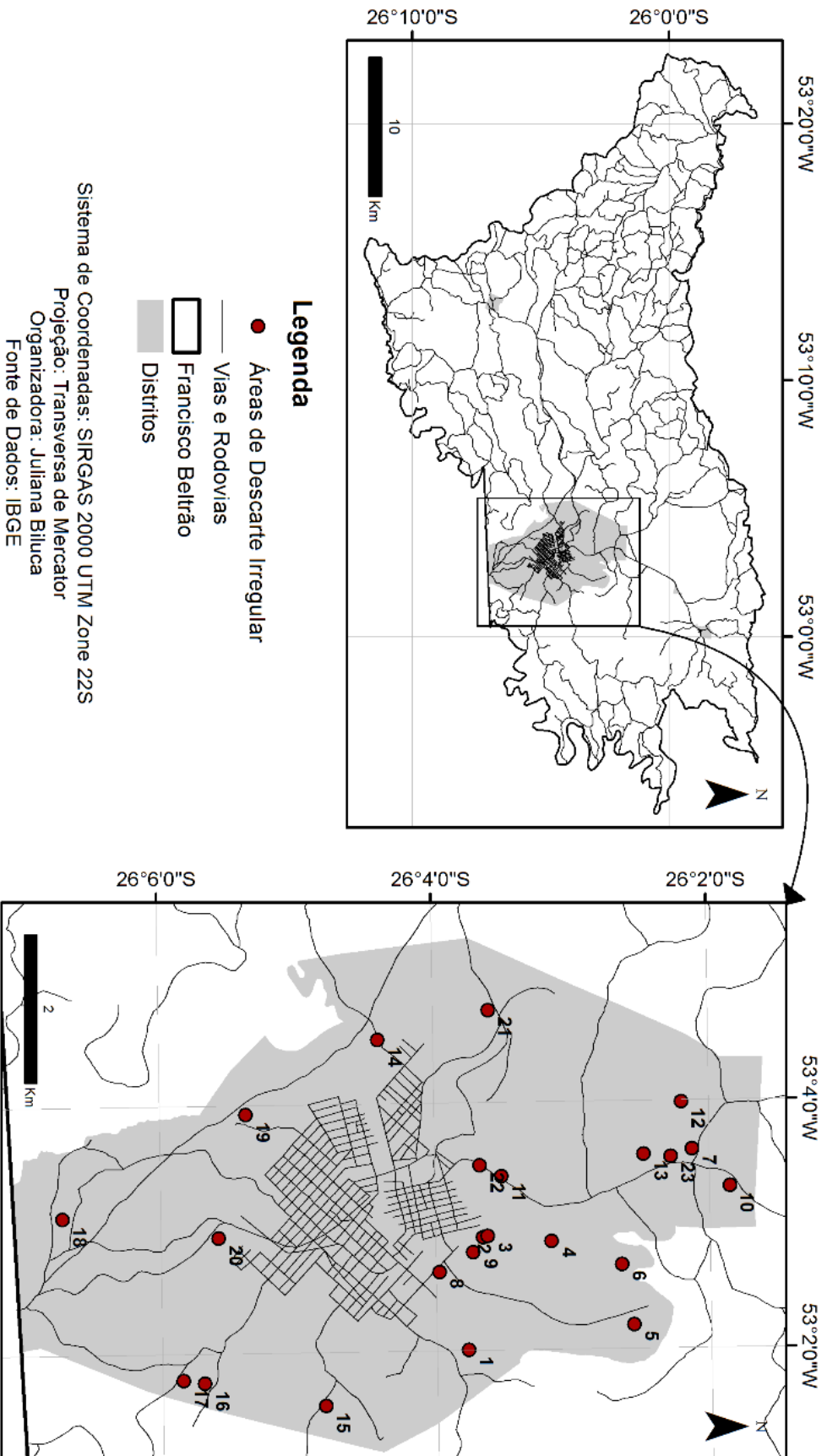
Oliveira, Rocha e Ferreira (2013) no diagnóstico das áreas de disposição em Goiânia também identificaram a problemática de descartes em áreas inadequadas, destacando a degradação de mananciais com o aterramento do seu leito.

Outros estudos, como o de Klimpel (2014) que realizou um diagnóstico das disposições irregulares em um bairro de Curitiba - PR, Fernandes e Ely (2006) que analisaram a situação do gerenciamento de RCC em Toledo - PR e Picolo (2011) que analisou as áreas de descarte em Criciúma - SC, identificaram a mesma problemática de disposição em terrenos baldios, áreas públicas e privadas, ao longo de rodovias e corpos hídricos, além do local servir de atrativo para o lançamento de outros resíduos, como domiciliares e industriais.

Adaptando a metodologia elaborada por Picolo (2011) foram gerados dois índices para as áreas de *Bota-fora*, de degradação ambiental, analisando os critérios: tamanho das áreas, distância de corpos hídricos, declividade, situação, tipo de resíduo e uso do solo e, o outro índice, de aproveitamento de materiais, analisando a distância a rodovias, tamanho das áreas e tipo de resíduo.

A análise de cada critério é apresenta nas seções seguintes.

Figura 53 – Pontos de descarte inadequado de resíduos identificados em Francisco Beltrão



Fonte: Autoria própria.

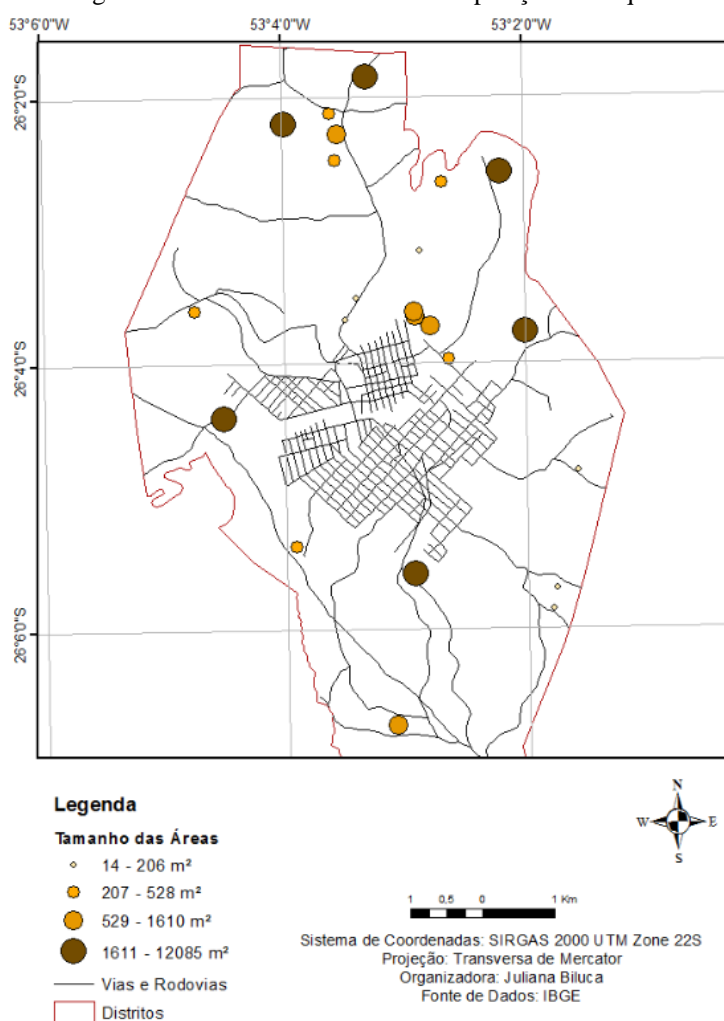
4.3.1 Tamanho das áreas

O cálculo das áreas, com os polígonos gerados com as coordenadas, identificou a menor área de 14,5 m² e a maior de 12.085,45 m². A ordenação das mesmas segundo o tamanho permitiu gerar quartis, sendo que o primeiro quartil (Q1), que separa as 25% menores áreas foi de 206,17 m². As áreas até esse tamanho foram reclassificadas como pequenas (P).

O segundo quartil (Q2) encontrado foi de 528,42 m², então as áreas entre 206,17 m² e 528,42 m² foram classificadas como médias (M). Já o terceiro quartil (Q3) foi de 1.610,4 m², permitindo separar as áreas de grande porte (G), entre 528,42 m² e 1.610,4 m². As áreas maiores que 1.610,4 m² foram classificadas em muito grandes (GG).

O mapa com o tamanho das áreas permite identificar a localização dessas relacionando-as ao seu porte (Figura 54).

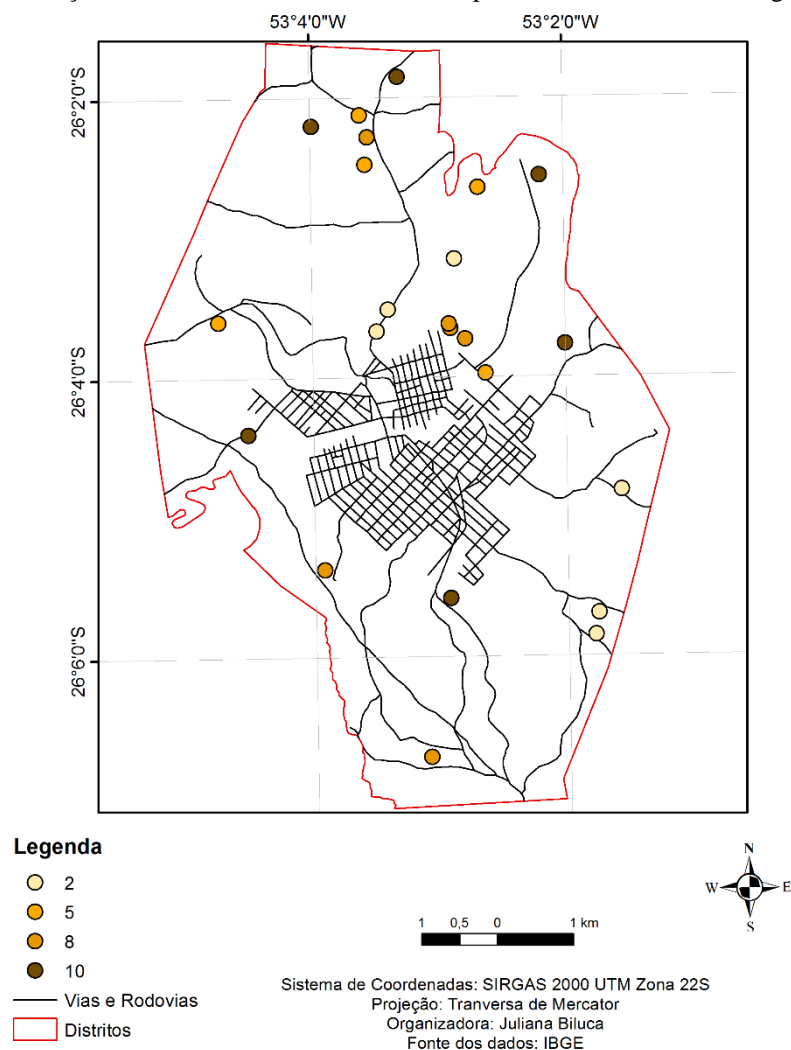
Figura 54 – Tamanho das áreas de disposição inadequada



Fonte: Autoria própria.

Para o mapa de tamanhos a padronização, para o cálculo do índice de degradação, considerou os tamanhos das áreas variando de P a GG, aumentando o valor atribuído com o aumento do porte da área, conforme já apresentado na Tabela 10, a representação utilizou pontos para identificar cada área, para melhor visualização (Figura 55).

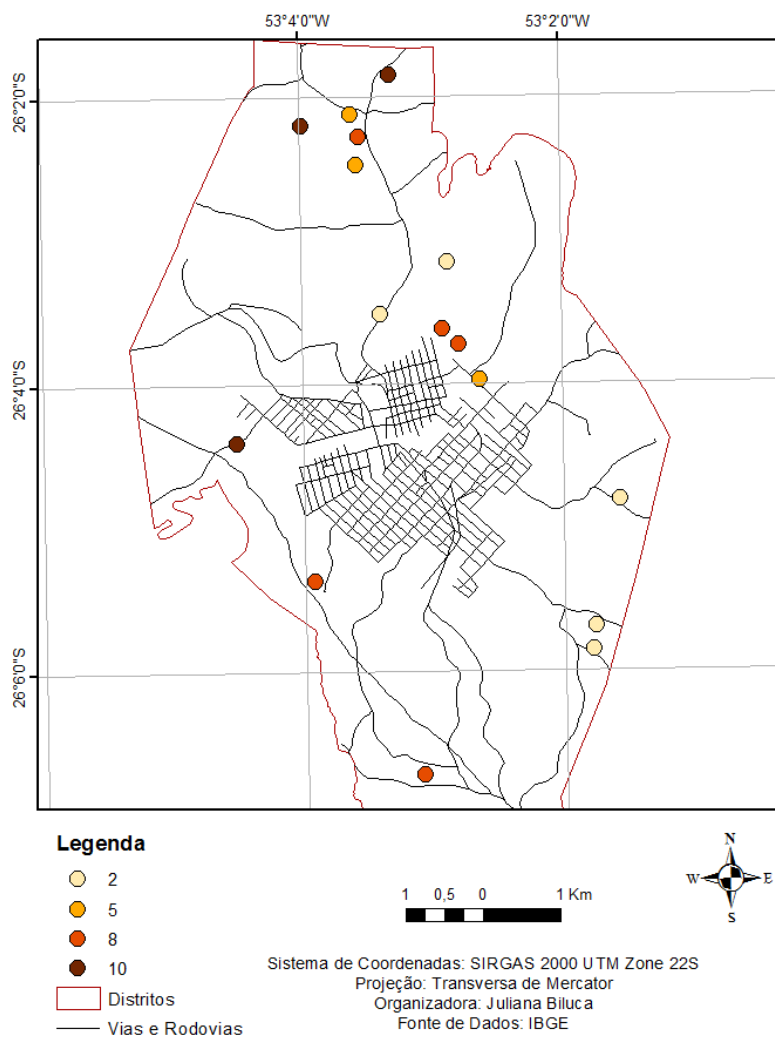
Figura 55 – Padronização do tamanho das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental



Fonte: Autoria própria.

Para o índice de aproveitamento de materiais a atribuição de valores de importância é a mesma (Tabela 10), porém neste caso as áreas inativas foram excluídas, pois os resíduos estão aterrados e não podem ser reaproveitados (Figura 56).

Figura 56 – Padronização do tamanho das áreas de descarte para cálculo do índice de aproveitamento de materiais

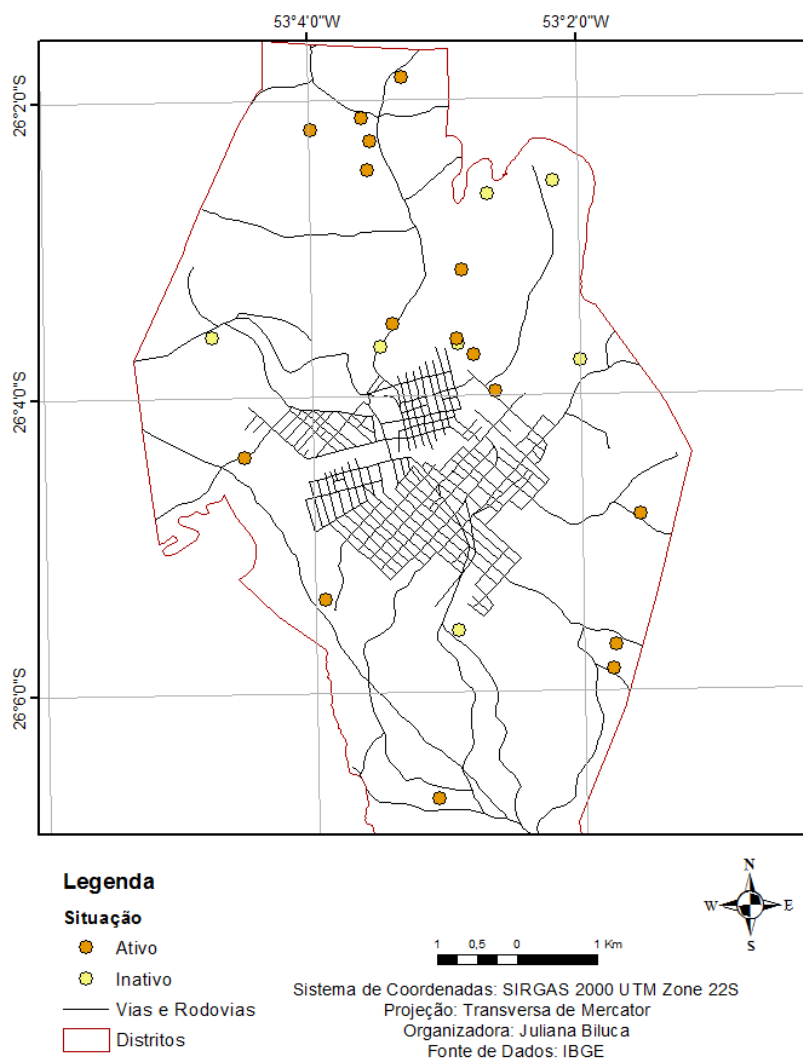


Fonte: Autoria própria.

4.3.2 Situação das áreas

A atribuição da situação de cada área na tabela de atributos, permitiu gerar um mapa de situação, relacionando a localização de cada área e se a mesma não está mais recebendo resíduos, inativa, ou encontra-se ativa. Foram identificadas 16 áreas de descarte ativas e 7 áreas inativas (Figura 57).

Figura 57 – Situação das áreas de disposição inadequada

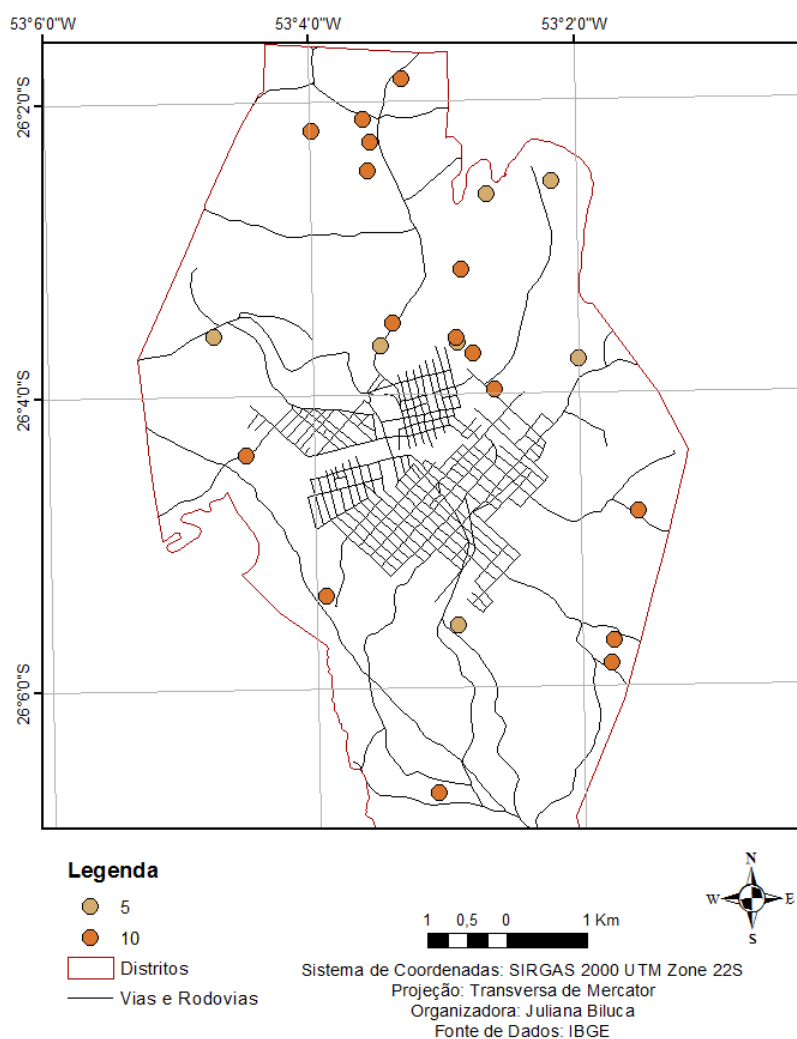


Fonte: Autoria própria.

O estudo de Picolo (2011) identificou 97 áreas de descarte inadequado sendo que 56% estavam ativas e 44% estabilizadas.

Para a reclassificação de cada área quanto a situação, considerou-se valor 5 para áreas inativas e 10 para áreas ativas (Figura 58), sendo que áreas ativas apresentam maior potencial de degradação.

Figura 58 – Padronização da situação das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental

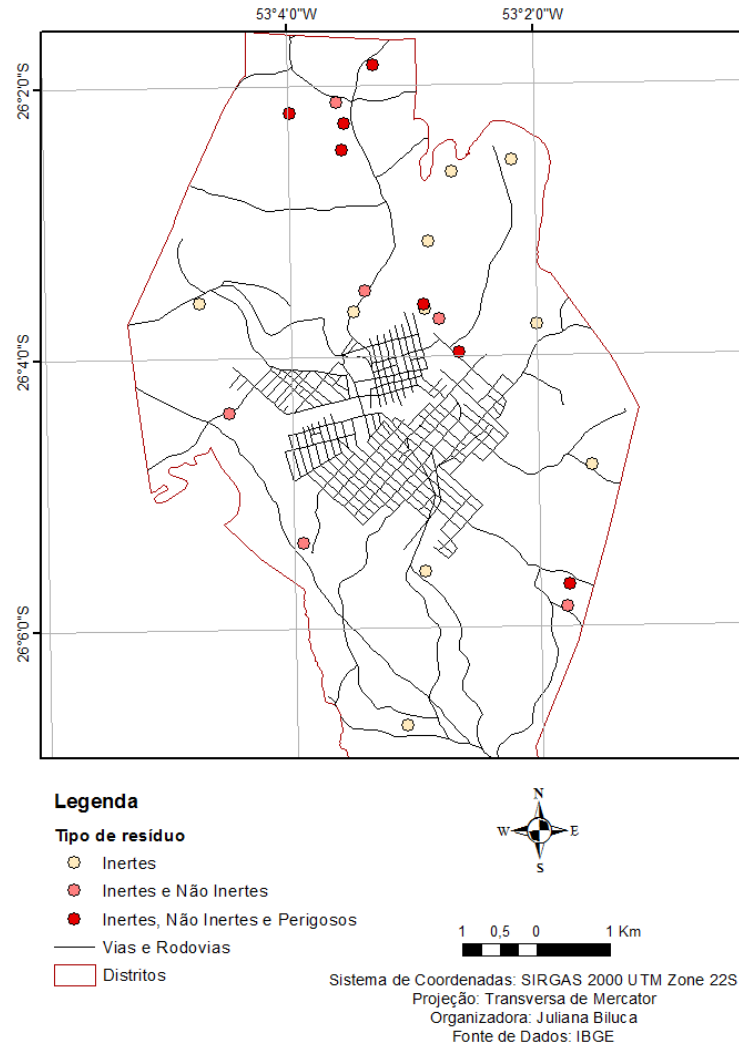


Fonte: Autoria própria.

4.3.3 Tipo de resíduos

A segregação das áreas conforme o tipo de resíduo permitiu relacionar cada área com os diferentes tipos. Foram identificadas 43,5% de áreas somente com inertes, 26,1% de áreas com inertes e não inertes e 30,4% com inertes, não inertes e resíduos perigosos (Figura 59).

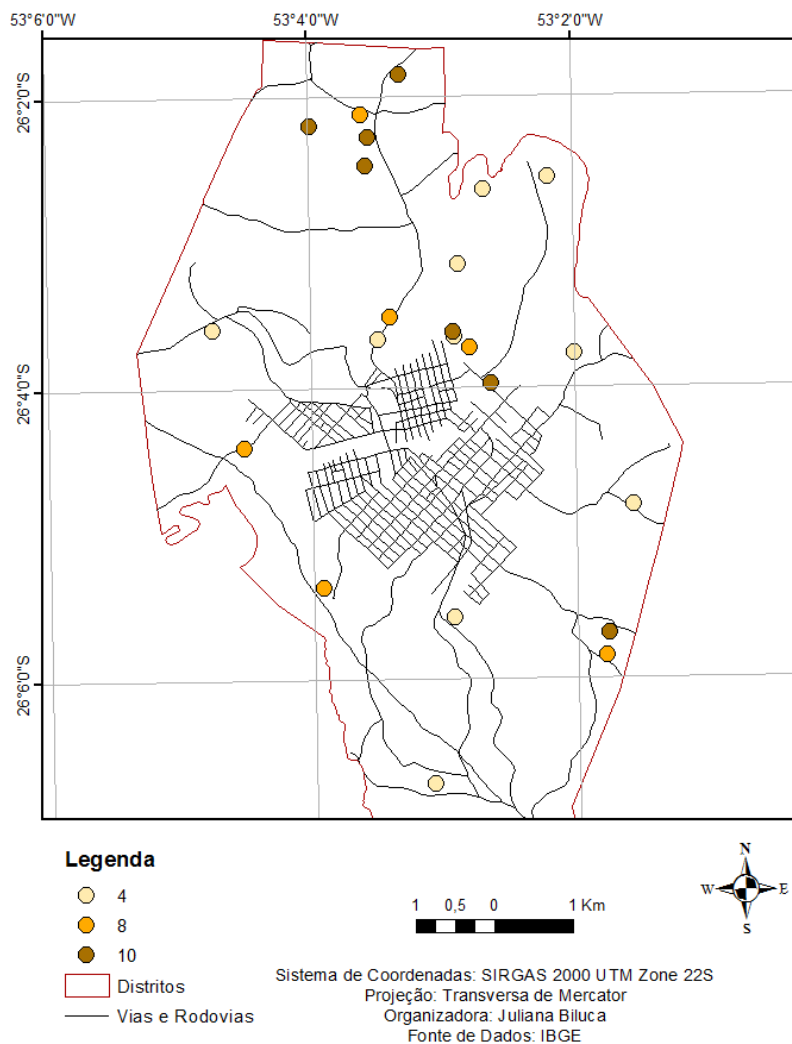
Figura 59 – Tipos de resíduos nas áreas de disposição inadequadas



Fonte: Autoria própria.

Em função do tipo de resíduo encontrado no *Bota-fora*, o potencial de degradação aumenta com a presença de materiais perigosos conforme os valores de importância adotados (Tabela 12) (Figura 60).

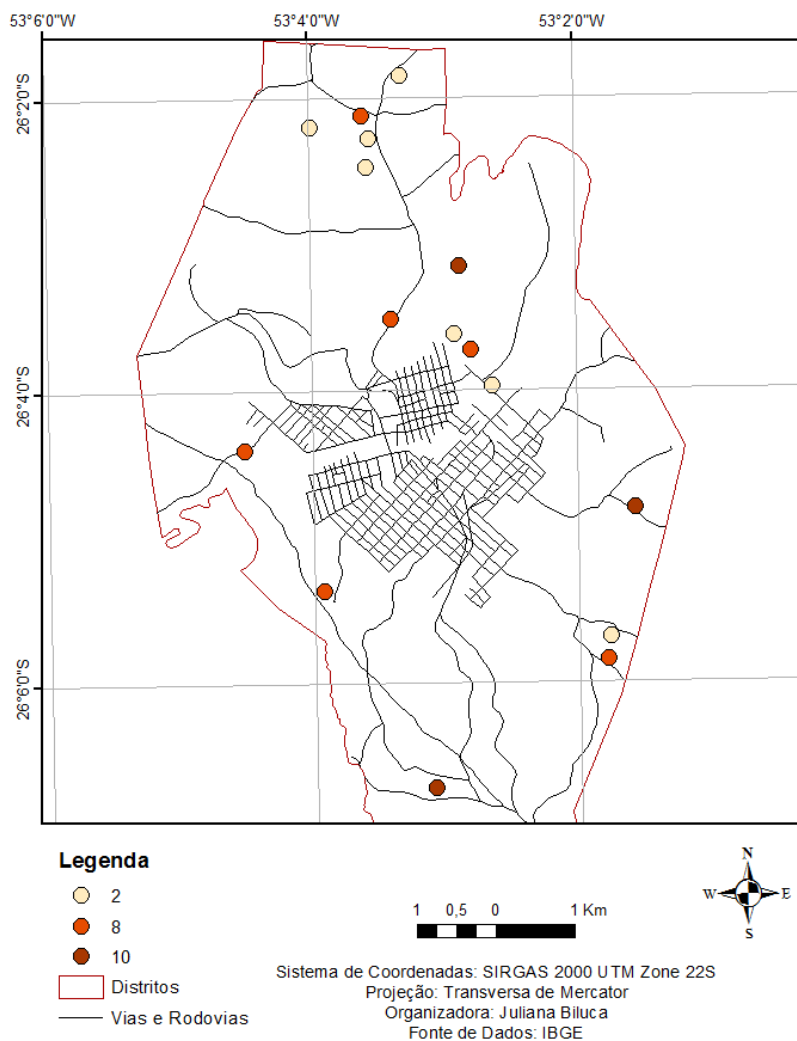
Figura 60 – Padronização do tipo de resíduo das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental



Fonte: Autoria própria.

Já para o índice de aproveitamento dos materiais os valores de importância são inversos. Neste caso os valores maiores são para os resíduos inertes que podem ser totalmente reaproveitados (Tabela 13). Destaca-se que nesse mapa as áreas inativas foram excluídas, pois não permitem o aproveitamento dos materiais (Figura 61).

Figura 61 – Padronização do tipo de resíduo das áreas de descarte para cálculo do índice de aproveitamento de materiais



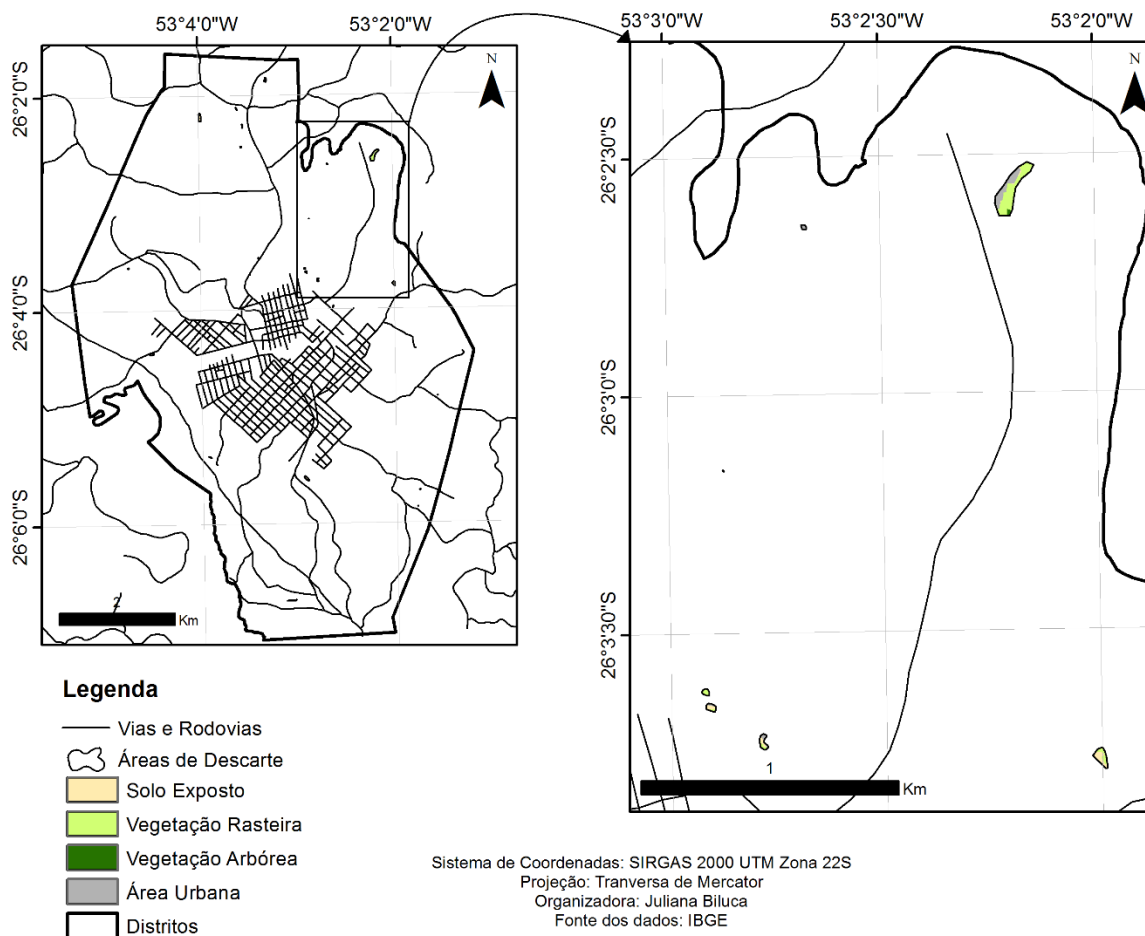
Fonte: Autoria própria.

4.3.4 Uso e ocupação do solo

Com o recorte das áreas de descarte inadequado para identificar o uso e ocupação em cada local, a hidrografia não está presente, pois nenhuma das áreas se encontra dentro do corpo hídrico.

Foi identificado, nas áreas de disposição, o uso e ocupação com solo exposto, área urbana, vegetação rasteira e arbórea. Aplicando-se um *zoom* na região nordeste, onde encontra-se a maior área de disposição, é possível perceber o uso do solo com área urbana, vegetação rasteira e uma pequena porção de vegetação arbórea (Figura 62).

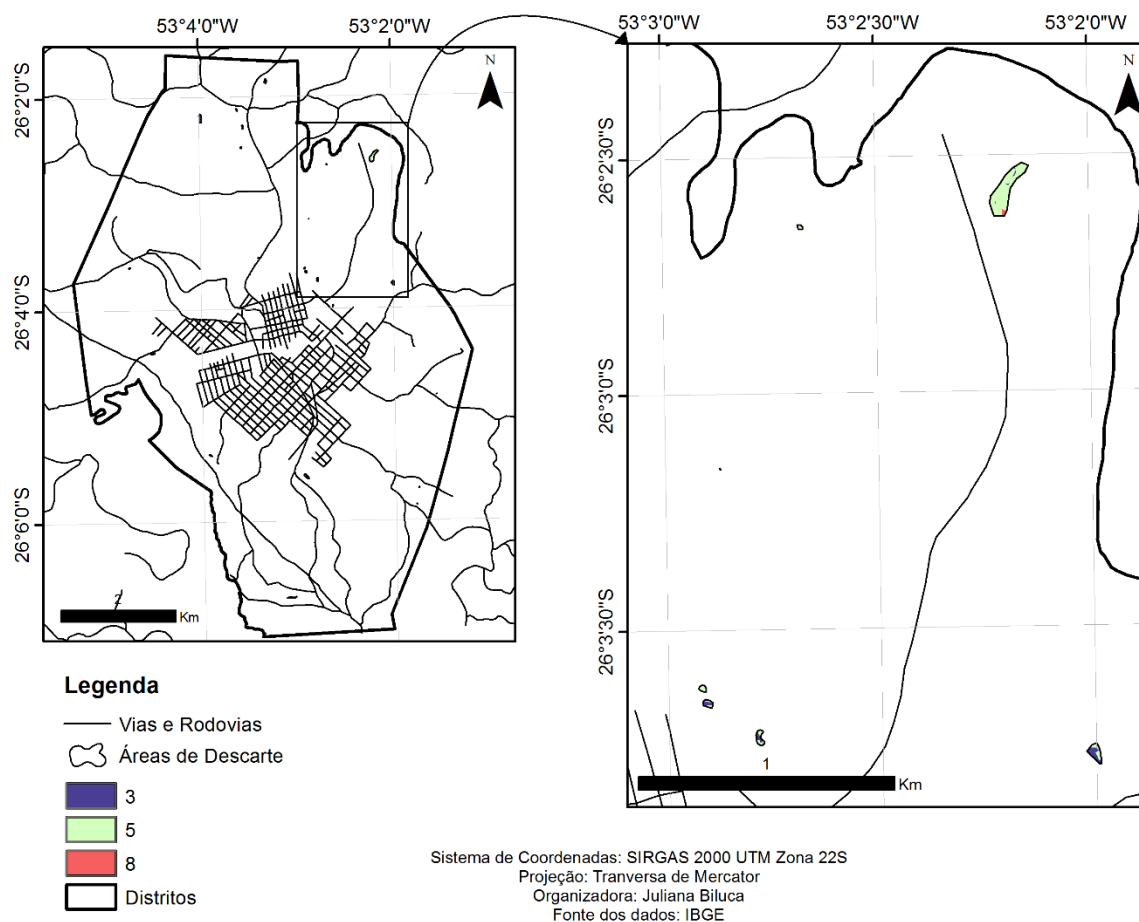
Figura 62 – Uso e ocupação do solo das áreas de disposição inadequada de resíduos



Fonte: Autoria própria.

A normalização do mapa uso e ocupação conforme Tabela 14, identificou apenas três classes de valores, pois a hidrografia não está presente e a área urbana e vegetação rasteira possuem o mesmo valor atribuído (5), solo exposto com valor 3 e vegetação arbórea com valor 8 (Figura 63).

Figura 63 – Padronização do uso e ocupação do solo das áreas de descarte inadequado para cálculo do índice de degradação ambiental



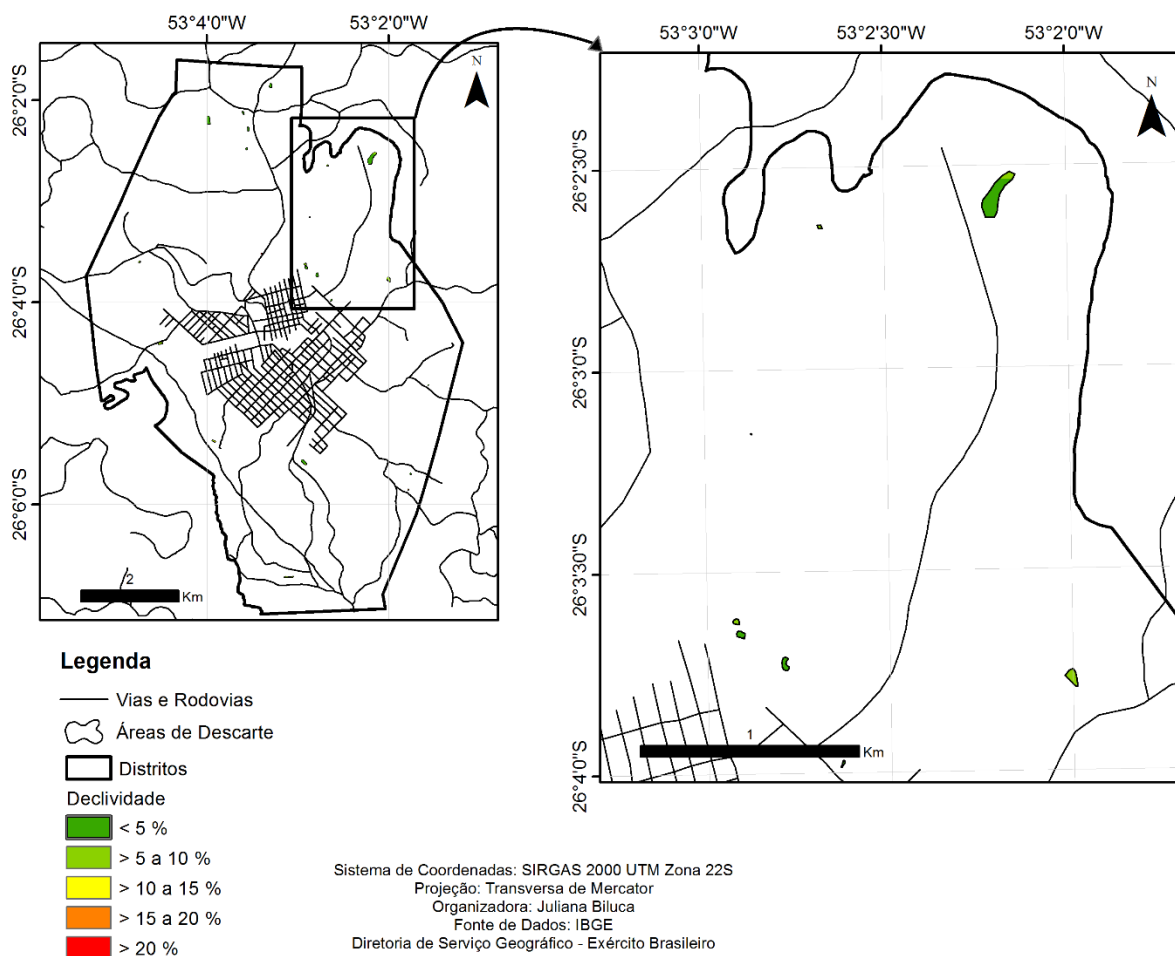
Fonte: Autoria própria.

4.3.5 Declividade

Com o recorte das áreas de descarte inadequado a declividade ficou entre 0,06 e 20,02%, então esse mapa foi reclassificado a cada 5%. Com isso pode-se identificar que aproximadamente 98% das áreas possuem declividade abaixo de 10%.

Aplicando-se um *zoom* para a região nordeste, onde está localizada a maior área de descarte, é possível verificar a baixa declividade, até 10% (Figura 64).

Figura 64 – Declividade, em porcentagem, das áreas de disposição inadequada de resíduos

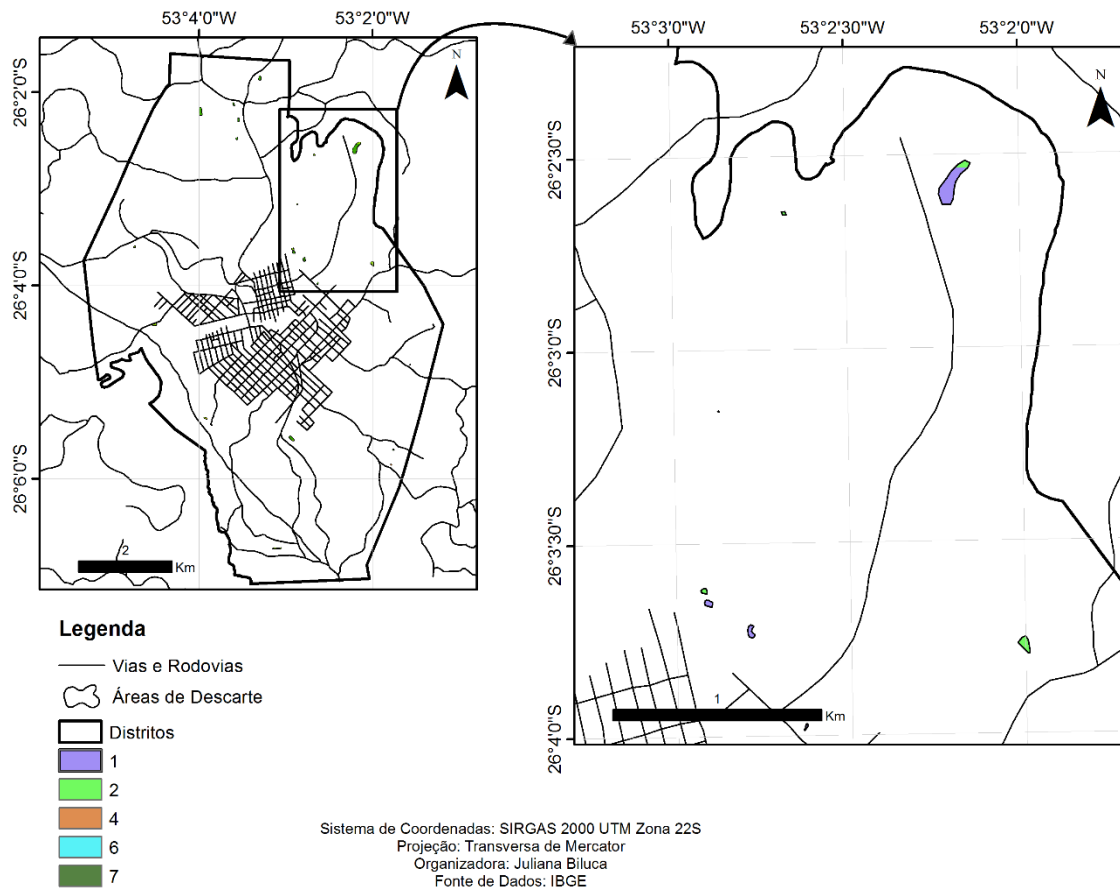


Fonte: Autoria própria.

Para a declividade a reclassificação considerou valor mínimo (1) para as áreas com menor declive, de 1 a 5%. Com o aumento da declividade aumenta o valor atribuído, sendo que a máxima contribuição para a degradação ambiental (10) é para declives maiores que 30%.

Porém, com o recorte das áreas de descarte a declividade ficou entre 0,06 e 20,02%, a atribuição de valores de normalização foi conforme Tabela 15, mas sem as últimas duas classes, de 25 a 30% e > 30%, com valores 9 e 10 respectivamente (Figura 65).

Figura 65 – Padronização da declividade das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental

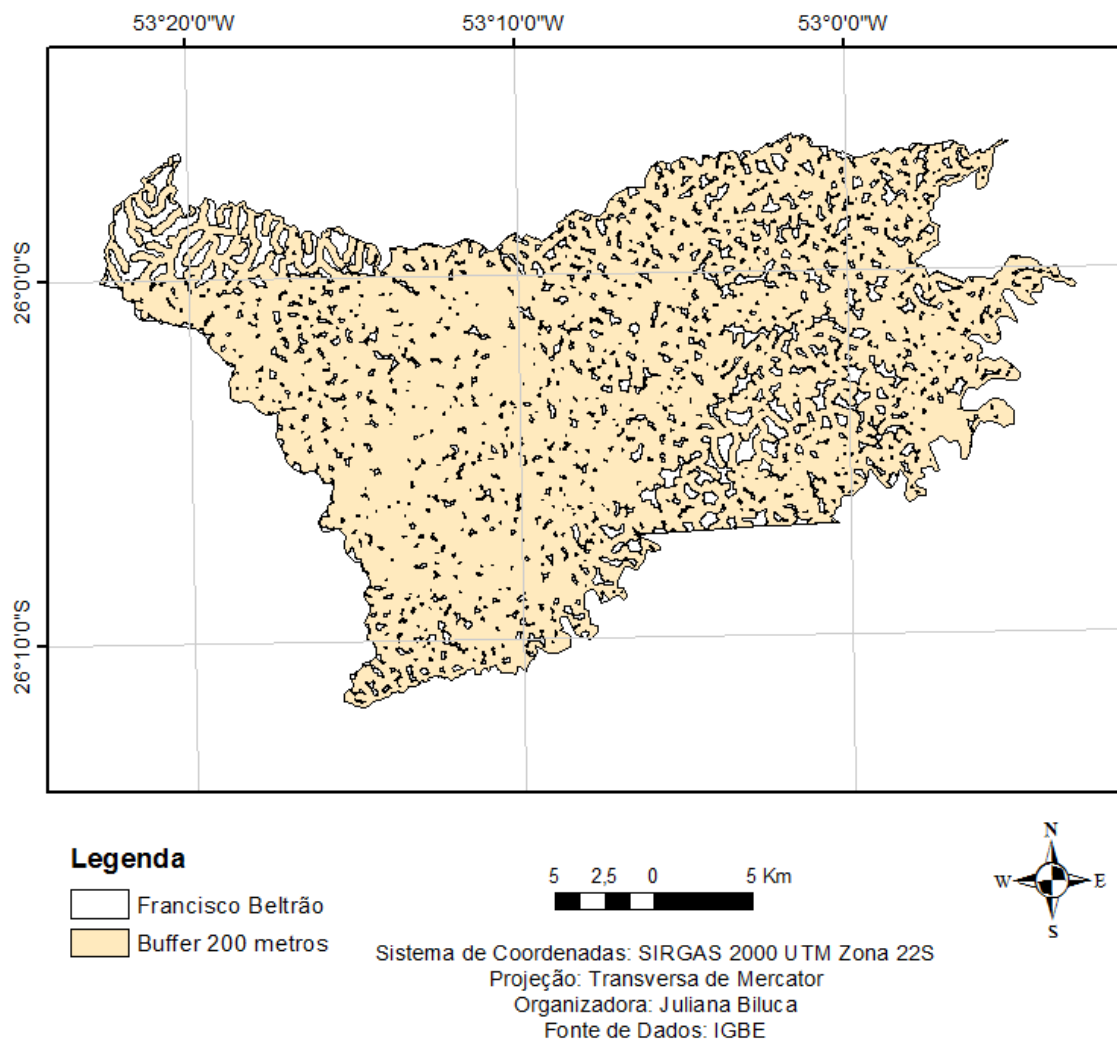


Fonte: Autoria própria.

4.3.6 Hidrografia

Gerando o *buffer* de 200 m nos corpos hídricos foi possível identificar áreas no entorno que não podem receber resíduos, áreas inaptas, devido o potencial de contaminação e assoreamento (Figura 66). Percebe-se que grande parte do município ficou a menos de 200 m de corpos hídricos, portando áreas inaptas ao descarte de resíduos.

Figura 66 – Buffer de 200 m identificando áreas inadequadas a disposição de resíduos

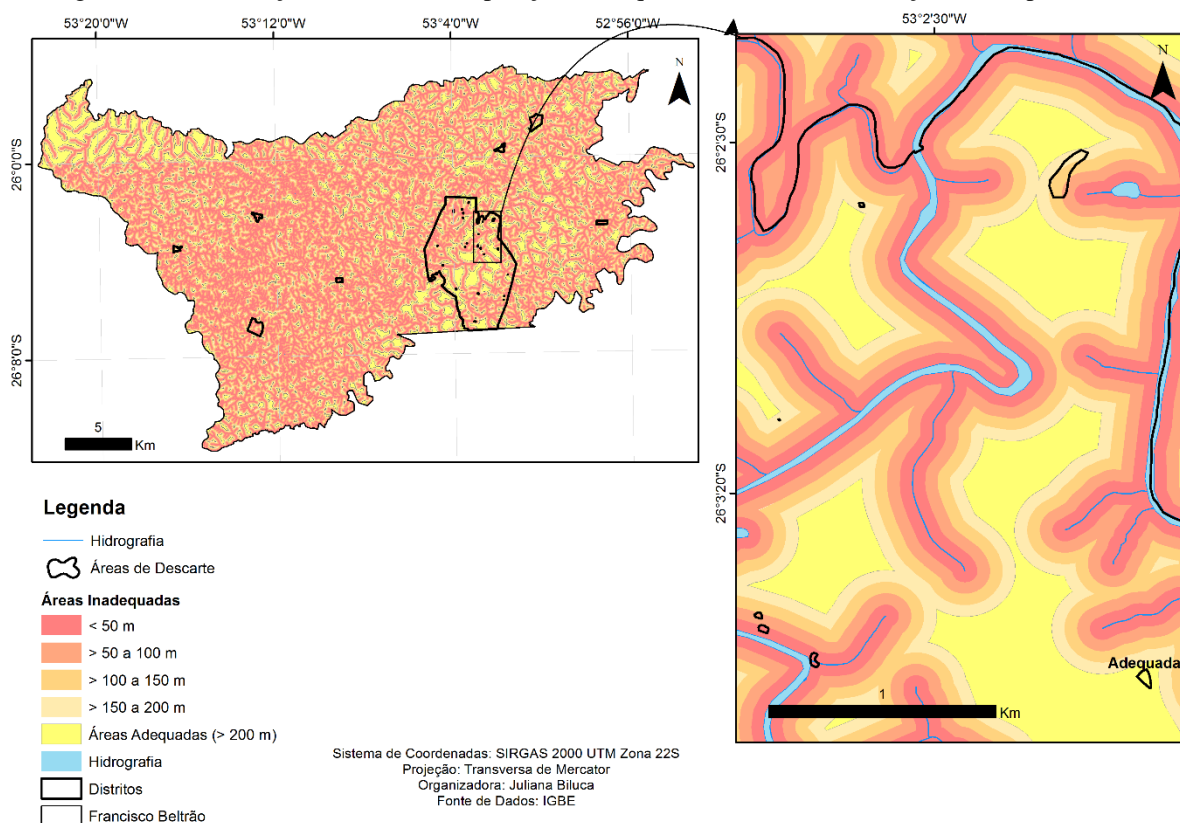


Fonte: Autoria própria.

Analisando cada área de descarte inadequado, foi identificado que somente uma área está adequada, a mais de 200 m de corpos hídricos, as demais encontram-se as margens de corpos hídricos, a menos de 200 m de distância.

Aplicando um *zoom* na região nordeste da área urbana é possível visualizar a área de descarte que encontra-se a mais de 200 m dos corpos hídricos (Figura 67).

Figura 67 – Localização das áreas de disposição inadequada de resíduos em relação aos corpos hídricos



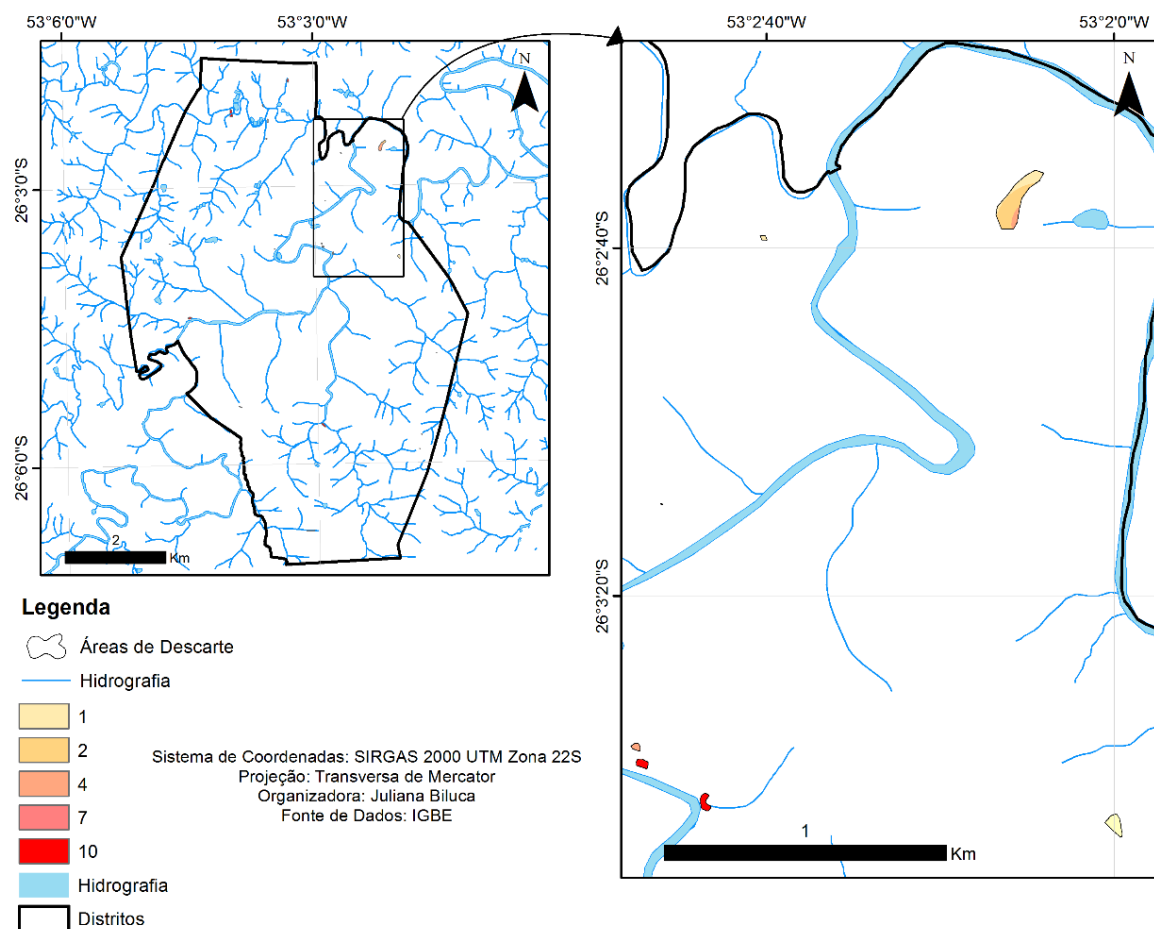
Fonte: Autoria própria.

O problema do descarte nas margens de corpos hídricos está intimamente relacionado ao assoreamento dos mesmos. O município em estudo sofre com enchentes frequentes, e uma das medidas adotadas pelo poder público é a dragagem dos rios, para retirada do material depositado, onerando os cofres públicos.

Com o recorte do polígono que representa as áreas de descarte foi possível identificar a localização de cada área em relação aos corpos hídricos. Essa análise é necessária pois quanto mais próximo ao corpo hídrico maior o potencial de degradação.

Portanto, foi realizada a reclassificação, considerando 1 para áreas adequadas, pois a contribuição para o índice de degradação ambiental é mínima. As áreas inadequadas, separadas em quatro classes (Tabela 16), tem o decréscimo no valor atribuído com o aumento da distância a corpos hídricos, pois diminui o potencial de degradação ambiental (Figura 68).

Figura 68 – Padronização da distância a hidrografia das áreas de descarte para cálculo do índice de degradação ambiental

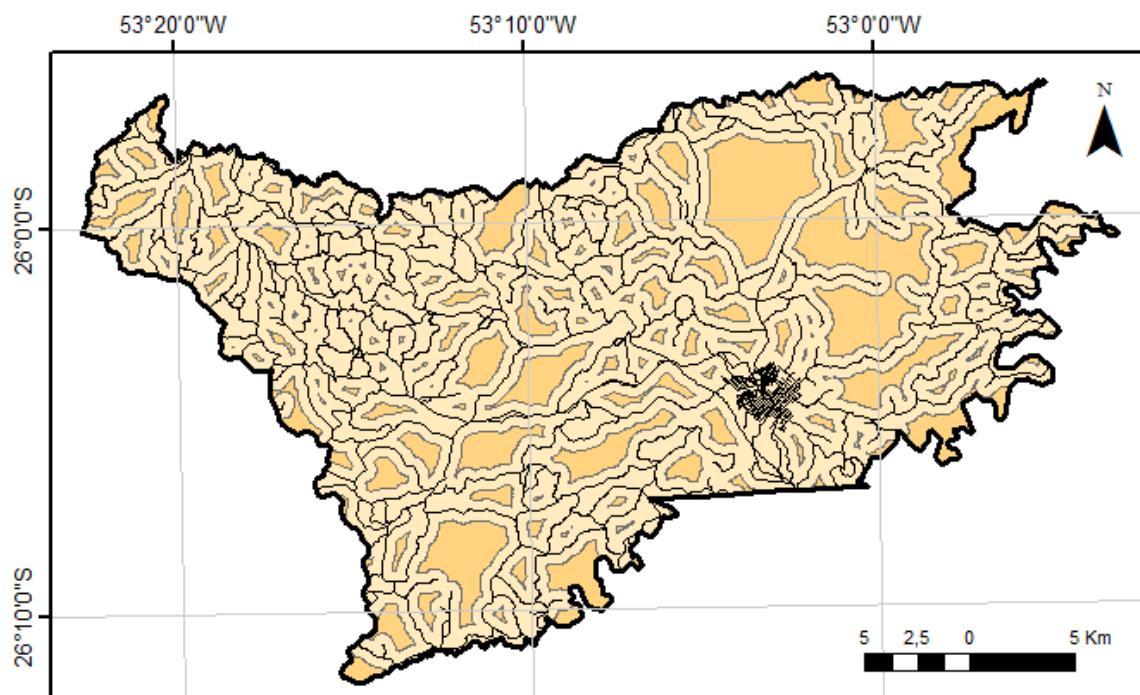


Fonte: Autoria própria.

4.3.7 Vias e Rodovias

Com as vias vetorizadas foi possível gerar *buffers* e identificar as áreas com alto e médio aproveitamento dos materiais, com o aumento da distância diminui o potencial pois dificulta a logística, sendo que as áreas de baixo aproveitamento, segundo Picolo (2011) acima de 3.000 m extrapolaram o limite municipal e então, foram desconsideradas (Figura 69).

Figura 69 – Áreas de alto e médio potencial de aproveitamento de resíduos em relação a distância a vias e rodovias



Legenda

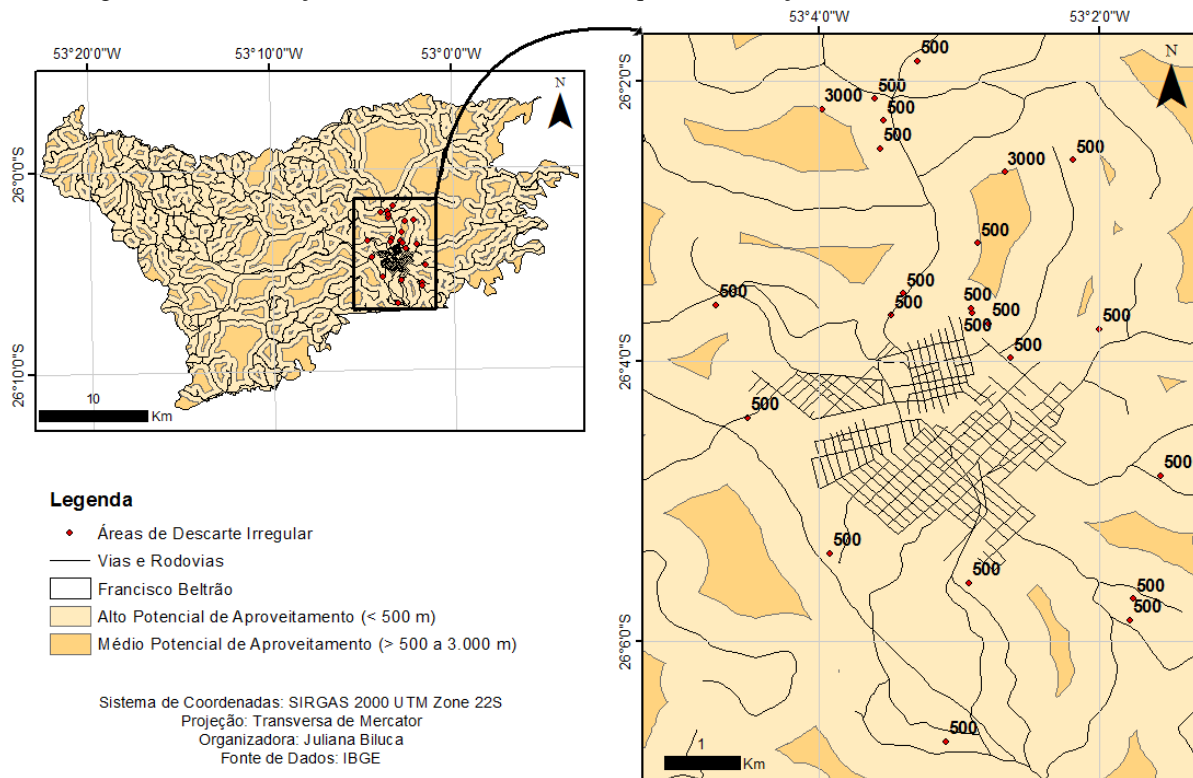
- Vias e Rodovias
- Alto Potencial de Aproveitamento (< 500 m)
- Médio Potencial de Aproveitamento (> 500 a 3.000 m)
- Francisco Beltrão

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 22S
 Projeção: Transversa de Mercator
 Organizadora: Juliana Biluca
 Fonte de Dados: IBGE

Fonte: Autoria própria.

Verificando as áreas que estão dentro dos *buffers* foi possível identificar apenas duas áreas que estão entre 500 e 3.000 m, representadas por “3000”, as demais encontram-se a menos de 500 m de distância de vias e rodovias, possuindo elevado potencial de aproveitamento devido a logística facilitada, representadas por “500” (Figura 70).

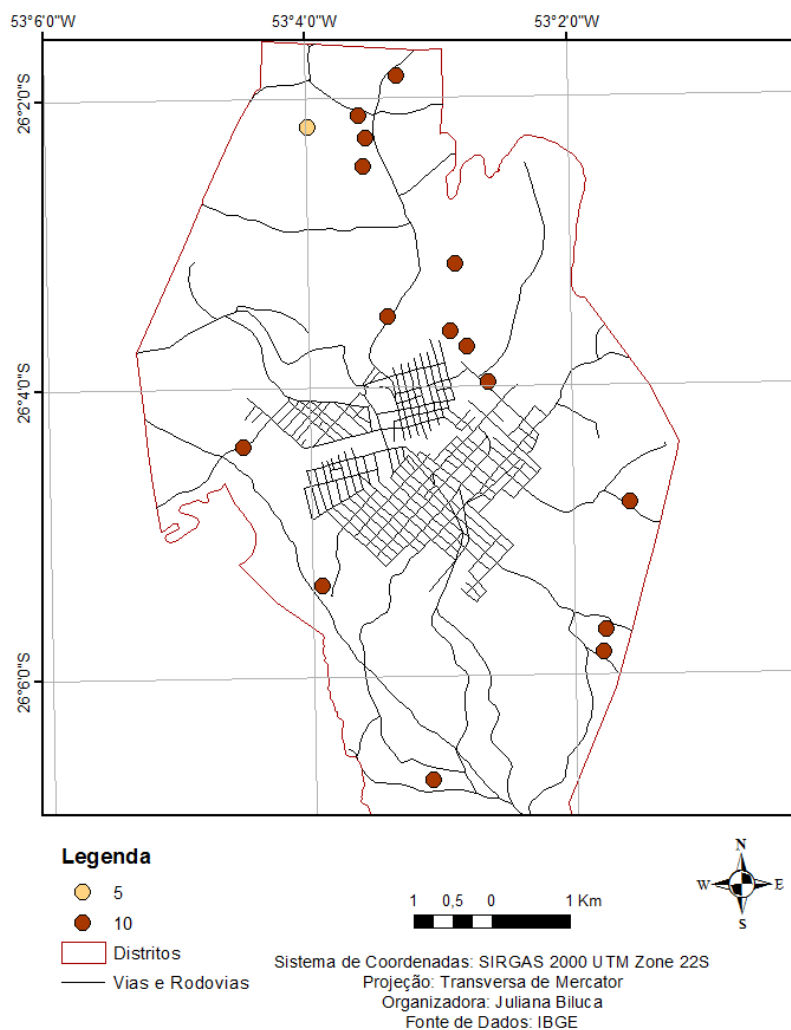
Figura 70 – Localização das áreas de descarte inadequado em relação a distância a vias e rodovias



Fonte: Autoria própria.

Sendo que este critério, de distância a vias e rodovias somente é considerado para o índice de aproveitamento de materiais, as áreas inativas foram excluídas e as demais foram padronizadas conforme a contribuição para o índice (Tabela 17) (Figura 71).

Figura 71 – Padronização da distância a vias e rodovias das áreas de descarte para cálculo do índice de aproveitamento de materiais



Fonte: Autoria própria.

4.3.8 Cálculo dos índices

Para obter os índices de degradação ambiental e de reaproveitamento dos materiais é necessária a combinação linear ponderada. Para tanto, o peso de cada critério considerado para os diferentes índices foi calculado com a técnica AHP.

Para o índice de degradação ambiental as variáveis consideradas são tamanho das áreas, distância a corpos hídricos, declividade, situação, tipo de resíduo e uso do solo. A variável com maior peso é o tipo de resíduo, com 30,4%, em segundo o tamanho das áreas e a distância a corpos hídricos com 21% e as demais com menor peso de importância (Tabela 29).

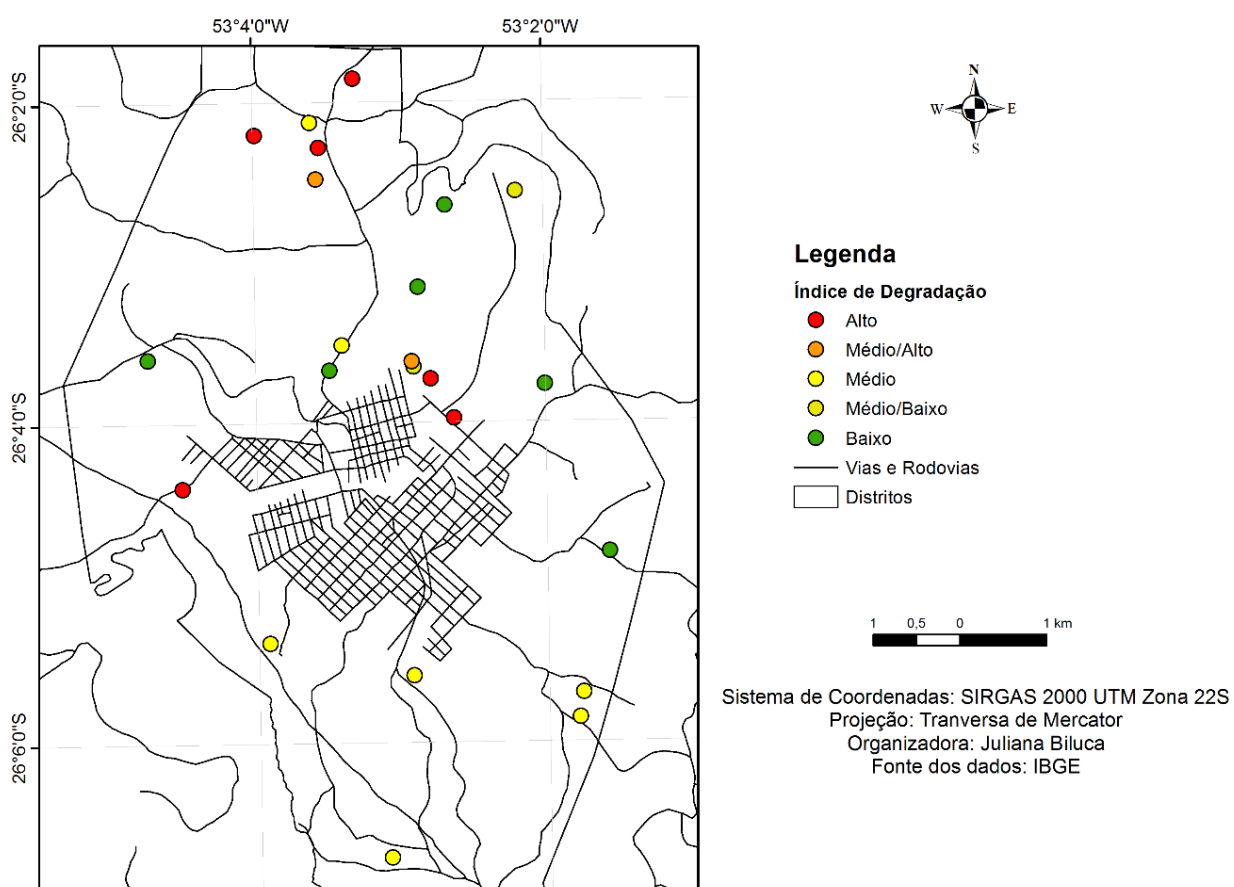
Tabela 29 – Pesos de importância atribuídos a cada critério do índice de degradação ambiental

Critério	Peso (%)
Tipo de resíduo	30,4
Distância a corpos hídricos	21
Tamanho	21
Situação	11,7
Uso do solo	8,5
Declividade	7,5

O coeficiente de consistência dos valores encontrados para este estudo ficou em 1,8%, menor que 10% e aceitável. Comparando os valores com o estudo de Picolo (2011) existem diferenças na atribuição de pesos, mas nos dois casos o maior peso refere-se ao tipo de resíduo.

Com a combinação linear ponderada das variáveis obteve-se o índice de degradação ambiental para cada área. A classificação considerou que algumas áreas apresentam valores intermediários de degradação, médio/alto e médio/baixo, devido uma mesma área apresentar características diferentes, por exemplo, a variação da declividade na mesma área (Figura 72).

Figura 72 – Índice de Degradação Ambiental de cada área de descarte inadequado



Fonte: Autoria própria.

Analisando o índice de degradação, 30,42% das áreas possuem médio potencial de degradação, 26,09% com alto potencial e 26,09% com baixo potencial. Quanto as áreas que ficaram com valores intermediários, 8,7% com médio/alto potencial e 8,7% com médio/baixo potencial de degradação ambiental.

No estudo de Picolo (2011), a maioria das áreas também apresentou médio potencial de degradação, sendo 66% das áreas, 22% com baixo potencial e 12% das áreas apresentaram alto índice de degradação ambiental.

Para o índice de aproveitamento dos materiais, as variáveis analisadas são distância a rodovias, tamanho das áreas e tipo de resíduo. A comparação pareada entre as variáveis, com a técnica AHP, resultou em maior peso para o tipo de resíduos, intermediário para o tamanho e menor para a distância a rodovias (Tabela 30).

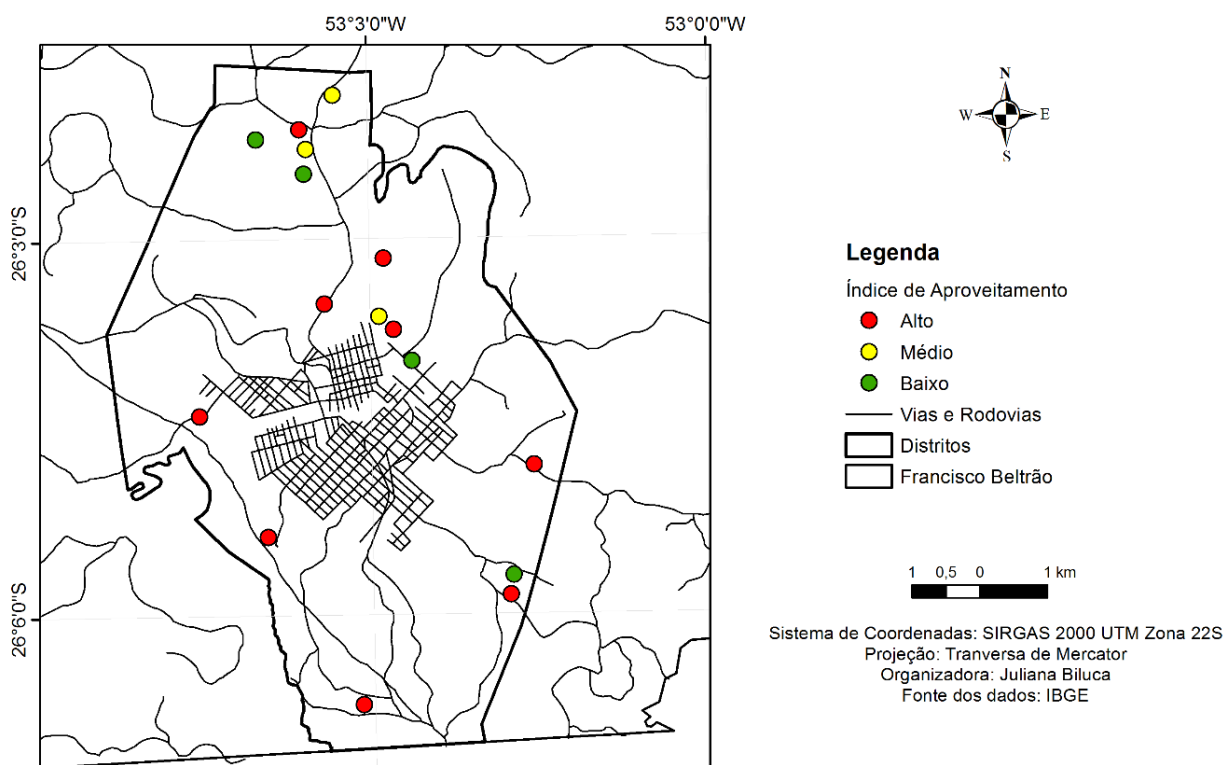
Tabela 30 – Pesos de importância atribuídos a cada critério do índice de aproveitamento de materiais

Critério	Peso (%)
Distância a rodovias	16,3
Tamanho	29,7
Tipo de resíduo	54,0

O coeficiente de consistência ficou em 1%, portanto, menor que 10%, considerado adequado segundo Saaty (2008). Comparando os valores com o adotado no estudo de Picolo (2011), percebe-se semelhanças, sendo que para o autor o tipo de resíduo tem peso de 63,5%, o tamanho de 28,7% e a localização de 7,8%.

O índice de reaproveitamento de materiais foi gerado com a combinação linear ponderada das variáveis distância a rodovias, tamanho e tipo de resíduos na calculadora *raster* (Figura 73).

Figura 73 - Índice de Aproveitamento dos Materiais de cada área de descarte inadequado



Fonte: Autoria própria.

Analisando o índice de aproveitamento de materiais, identificou-se que 56,25% das áreas tem alto potencial, 25% tem baixo potencial e 18,75% das áreas tem médio potencial de aproveitamento dos materiais descartados.

O alto potencial de aproveitamento da maioria das áreas deve-se principalmente à proximidade as vias e rodovias, pois somente duas áreas apresentam média distância, as demais encontram-se muito próximas as vias, facilitando a logística de reaproveitamento.

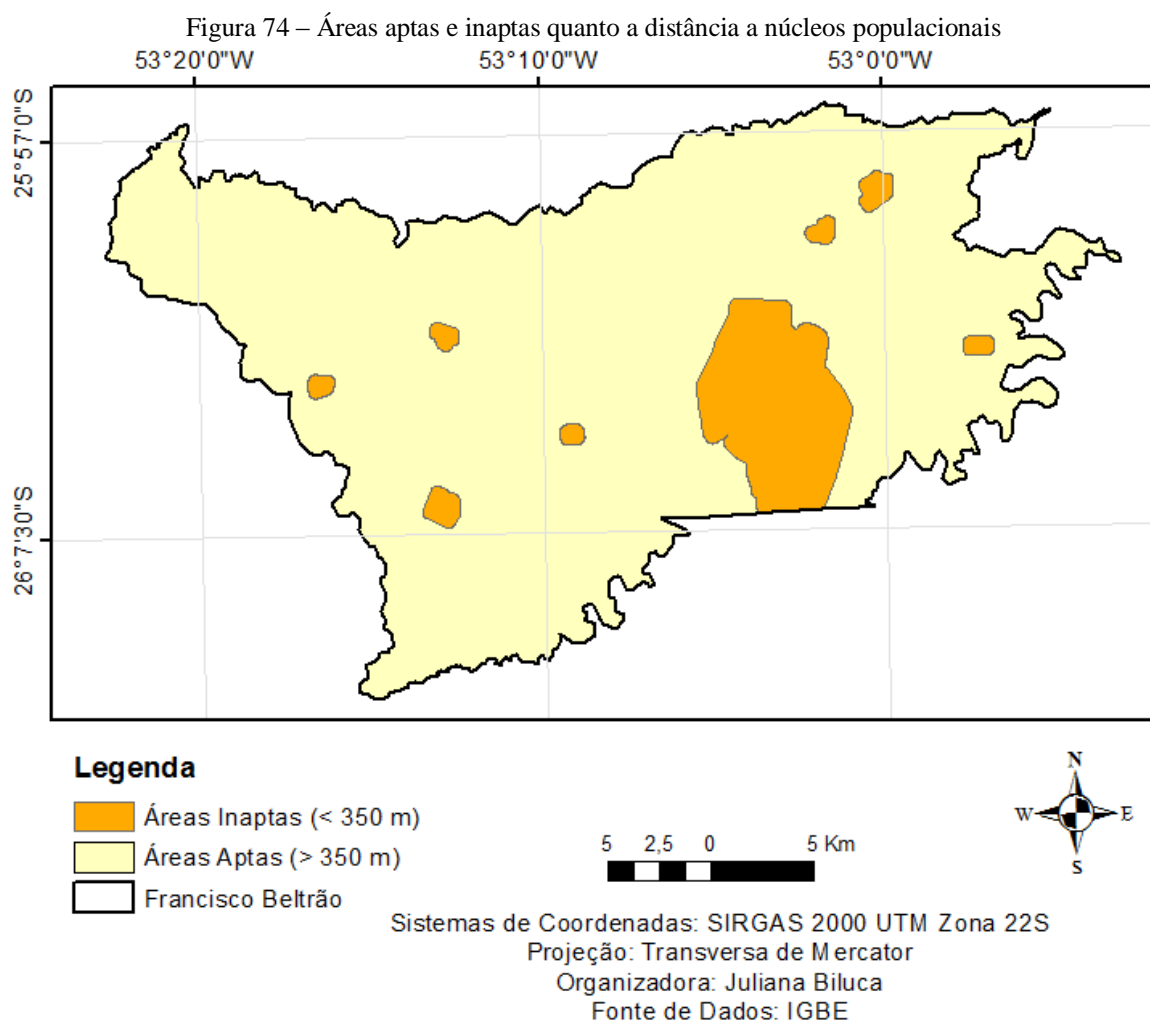
No estudo de Picolo (2011) 54% das áreas tem médio potencial de aproveitamento, 31% tem alto índice e 15% tem baixo potencial de aproveitamento dos materiais descartados.

4.4 ÁREAS DE DESTINAÇÃO ADEQUADAS

Para identificar as áreas de destinação adequadas foram elaborados diversos mapas temáticos, para serem combinados. Os diferentes mapas são apresentados nas seções a seguir.

4.4.1 Núcleos populacionais

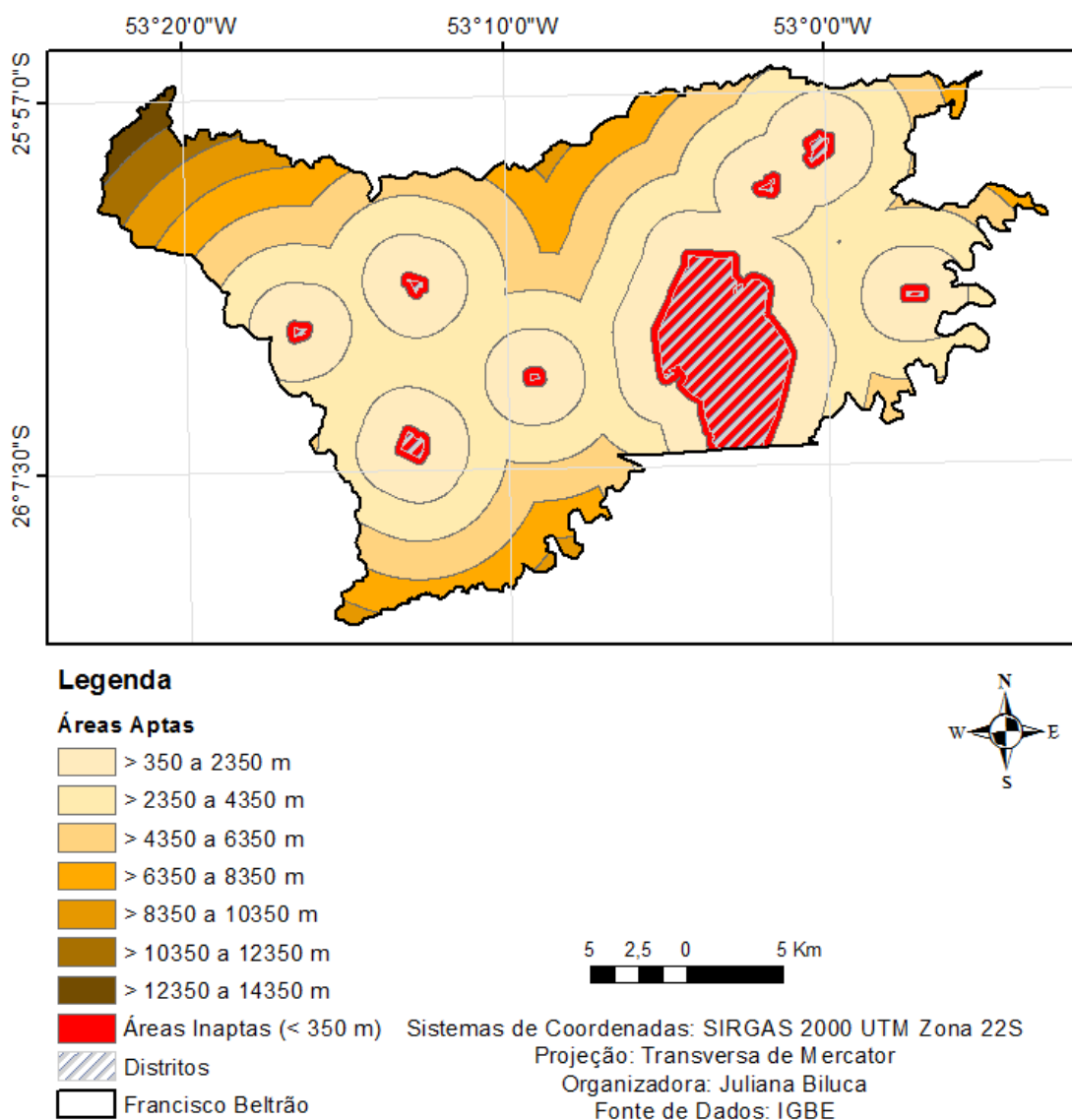
Com a manipulação do mapa de núcleos populacionais (Figura 37) gerou-se um *buffer* de 350 m no entorno dos distritos, onde não podem ser instalados estes empreendimentos devido a incômodos a população. Assim, foi possível elaborar um mapa de áreas aptas e inaptas quanto a distância a centros urbanos, sendo 667.847.371 m² de áreas aptas (Figura 74).



Fonte: Autoria própria.

Então as áreas aptas foram subdivididas a cada 2.000 m, para melhor analisar a adequabilidade em relação a distância a núcleos populacionais (Figura 75).

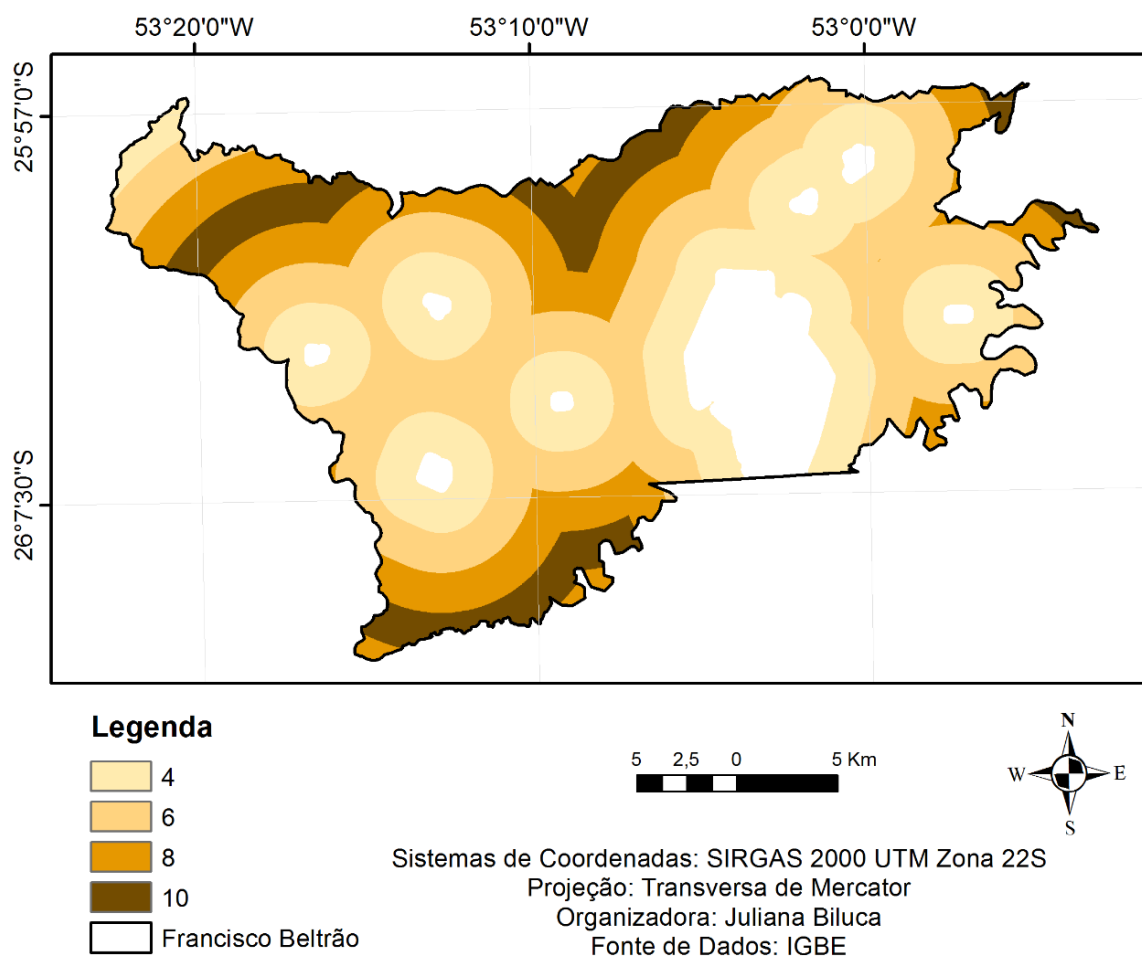
Figura 75 – *Buffers* criados para análise da adequabilidade quanto a distância a núcleos populacionais



Fonte: Autoria própria.

A atribuição de valores da normalização *fuzzy*, considerou aptidão máxima na distância intermediária (10), decrescendo com o aumento distância a centros urbanos, pois dificulta a logística e decrescendo também com a diminuição da distância, devido a incômodos a população, conforme Tabela 18 (Figura 76).

Figura 76 - Padronização das distâncias a núcleos populacionais para gerar o mapa de aptidão

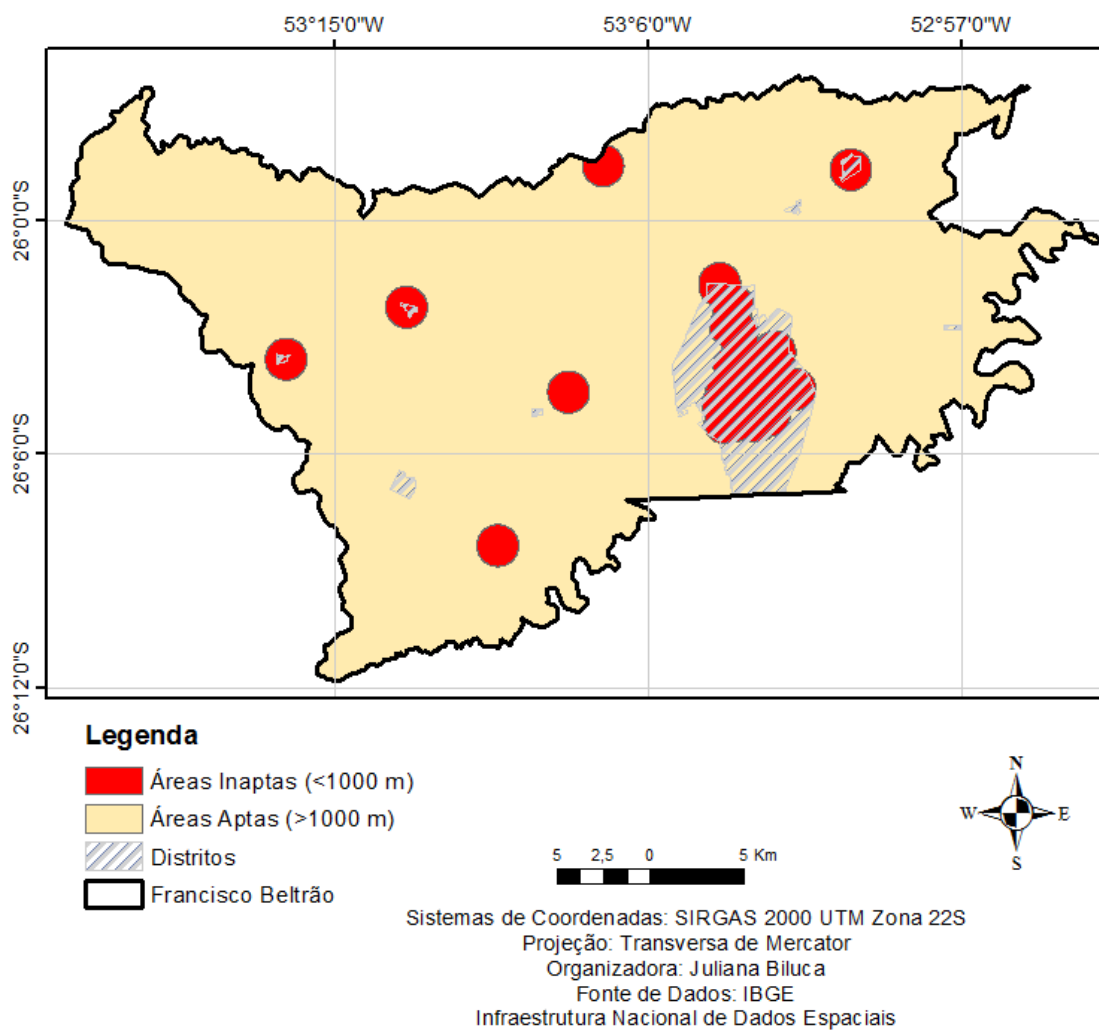


Fonte: Autoria própria.

4.4.2 Estabelecimentos de ensino e de saúde

Com o mapa de estabelecimentos de saúde (Figura 38) foi gerado um *buffer* de 1.000 m identificando as áreas inaptas, sendo 5.814.916 m², o restante do município encontra-se apto em relação a distância a estabelecimentos de saúde (Figura 77).

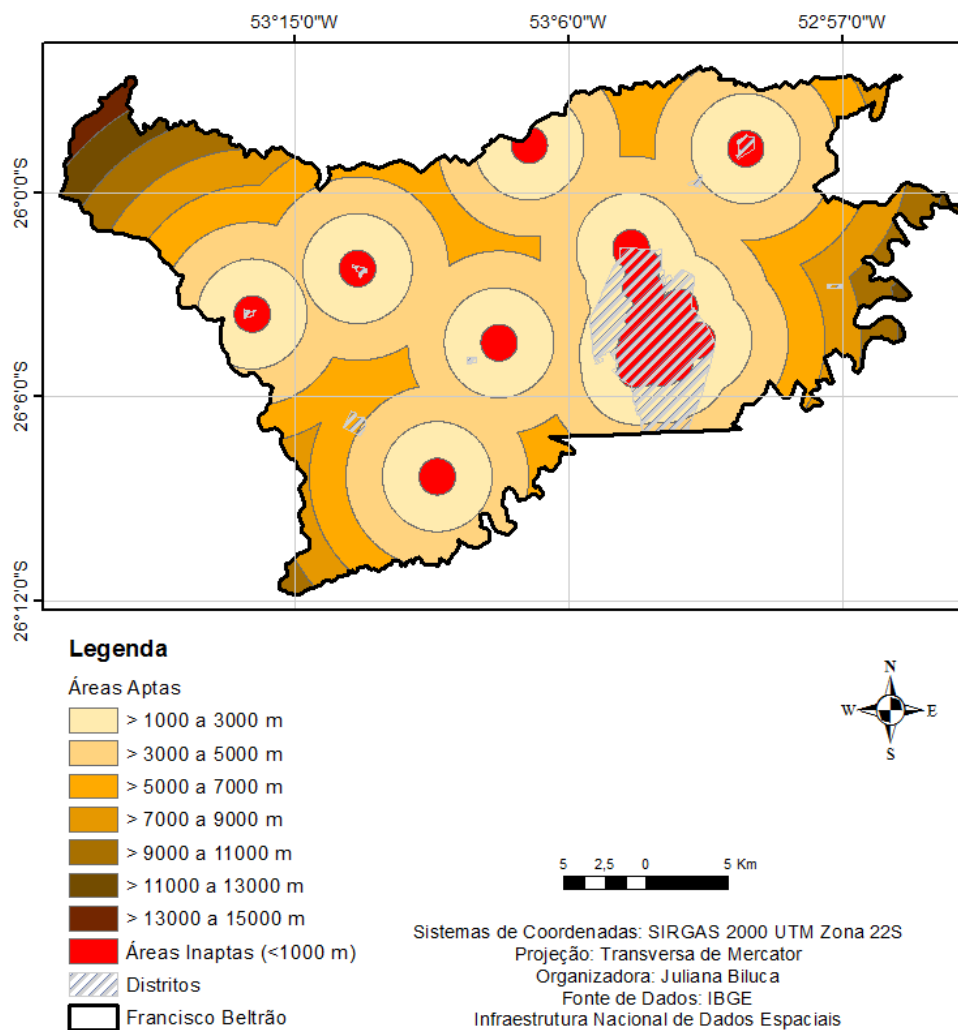
Figura 77 – Áreas aptas e inaptas quanto a distância a estabelecimentos de saúde



Fonte: Autoria própria.

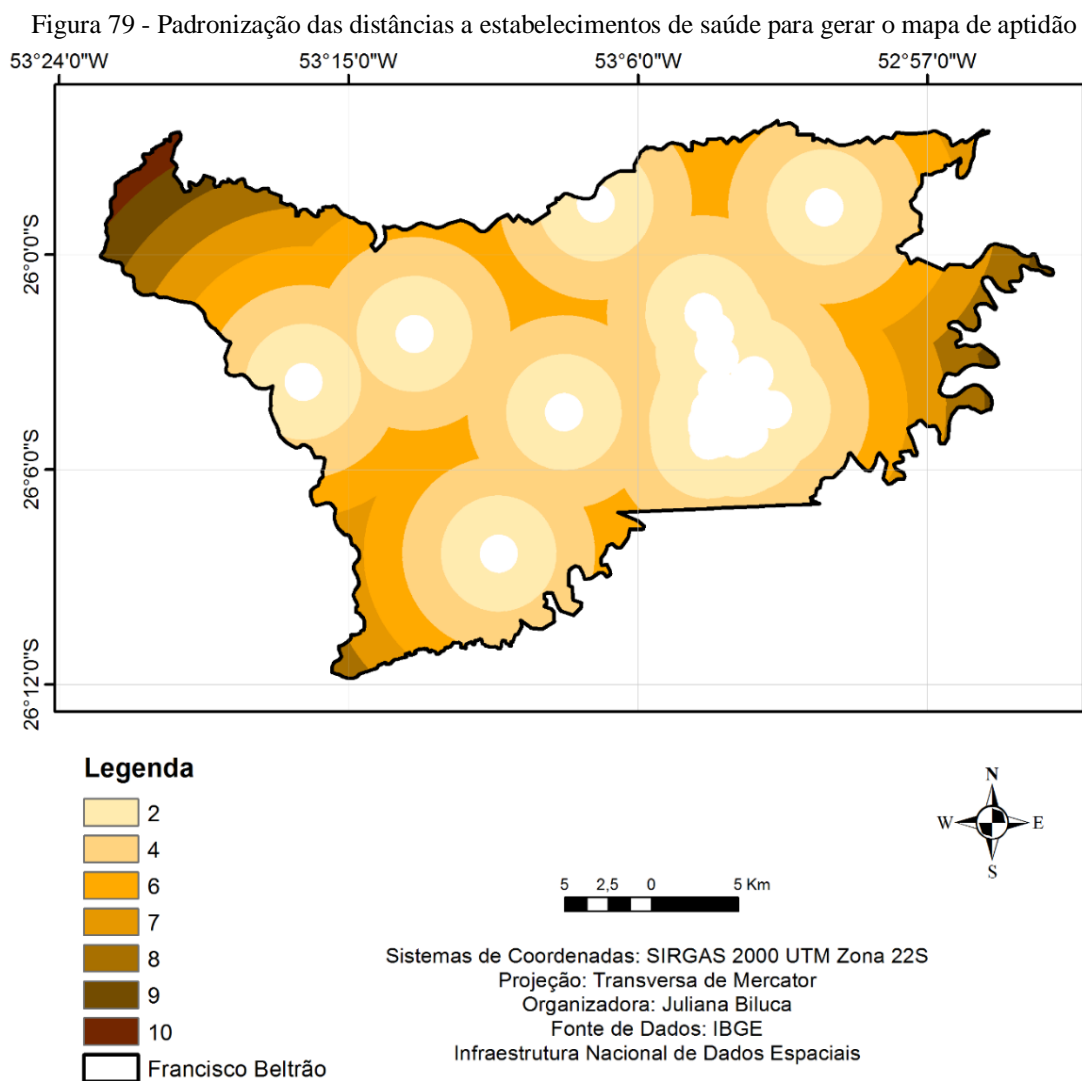
Então as áreas aptas foram subdivididas a cada 2.000 m, para melhor analisar a adequabilidade em relação a distância a estabelecimentos de saúde, gerando sete classes de áreas aptas (Figura 78).

Figura 78 - *Buffers* criados para análise da adequabilidade quanto a distância a estabelecimentos de saúde



Fonte: Autoria própria.

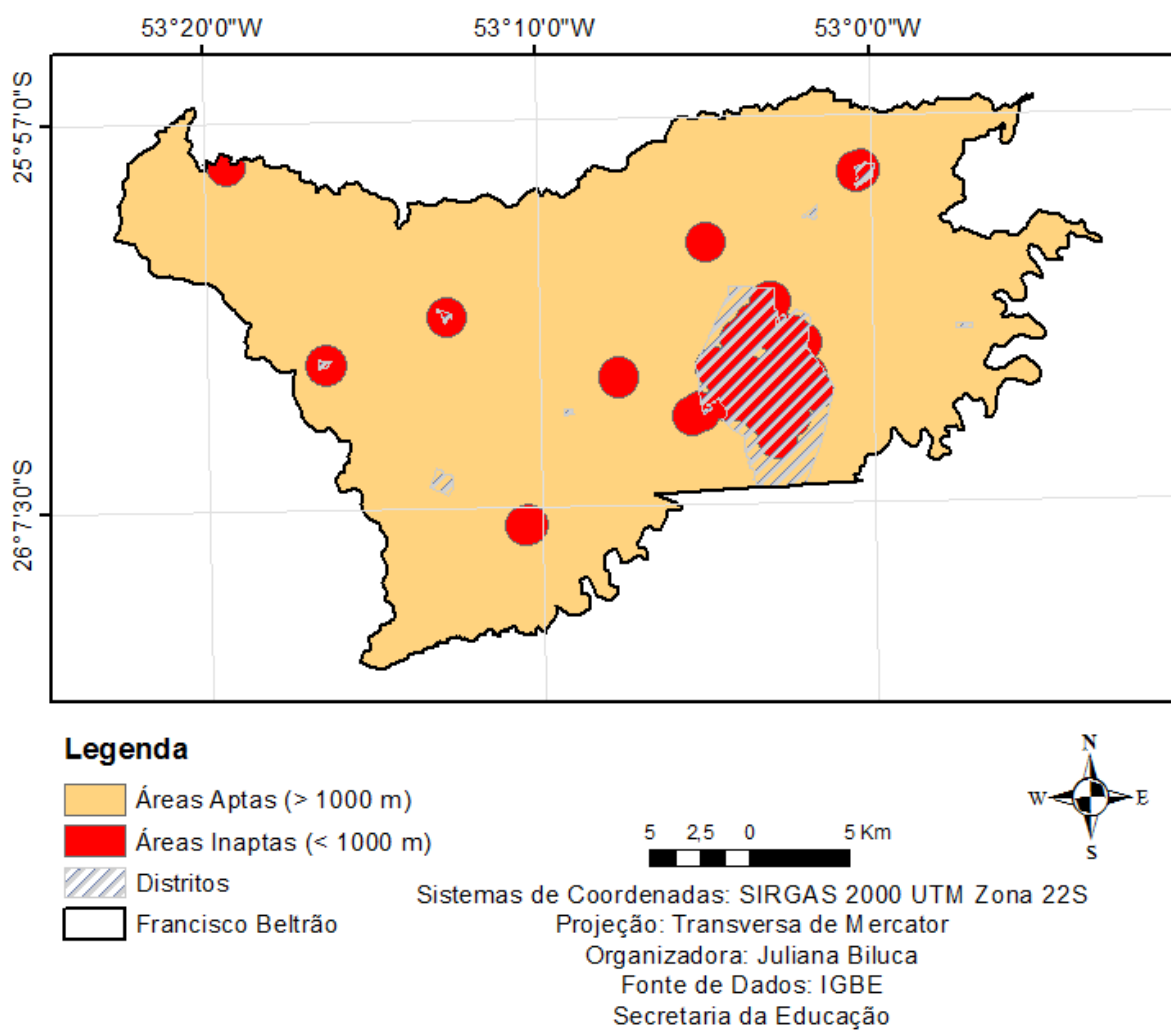
A normalização *fuzzy* considerou a lógica crescente, aumentando a atribuição de valores com o aumento da distância (Figura 79).



Fonte: Autoria própria.

Em relação aos estabelecimentos de ensino, também foi gerado um *buffer* de 1.000 m no entorno dos estabelecimentos, identificando 6.144.534 m² de as áreas inaptas, o restante do município encontra-se apto em relação a distância as instituições de ensino (Figura 80).

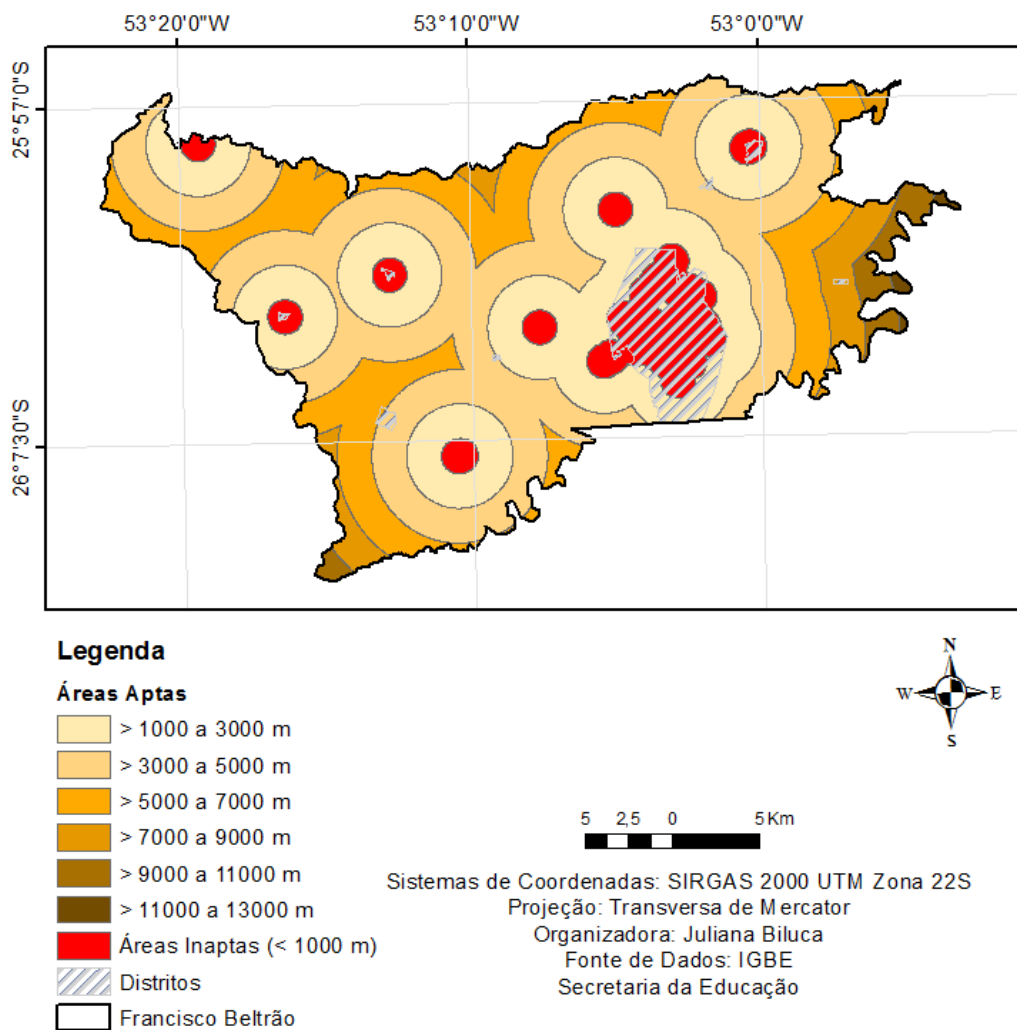
Figura 80 - Áreas aptas e inaptas quanto a distância a instituições de ensino



Fonte: Autoria própria.

Então as áreas aptas foram subdivididas a cada 2.000 m, para melhor analisar a adequabilidade em relação as instituições de ensino, gerando seis classes de áreas aptas (Figura 81).

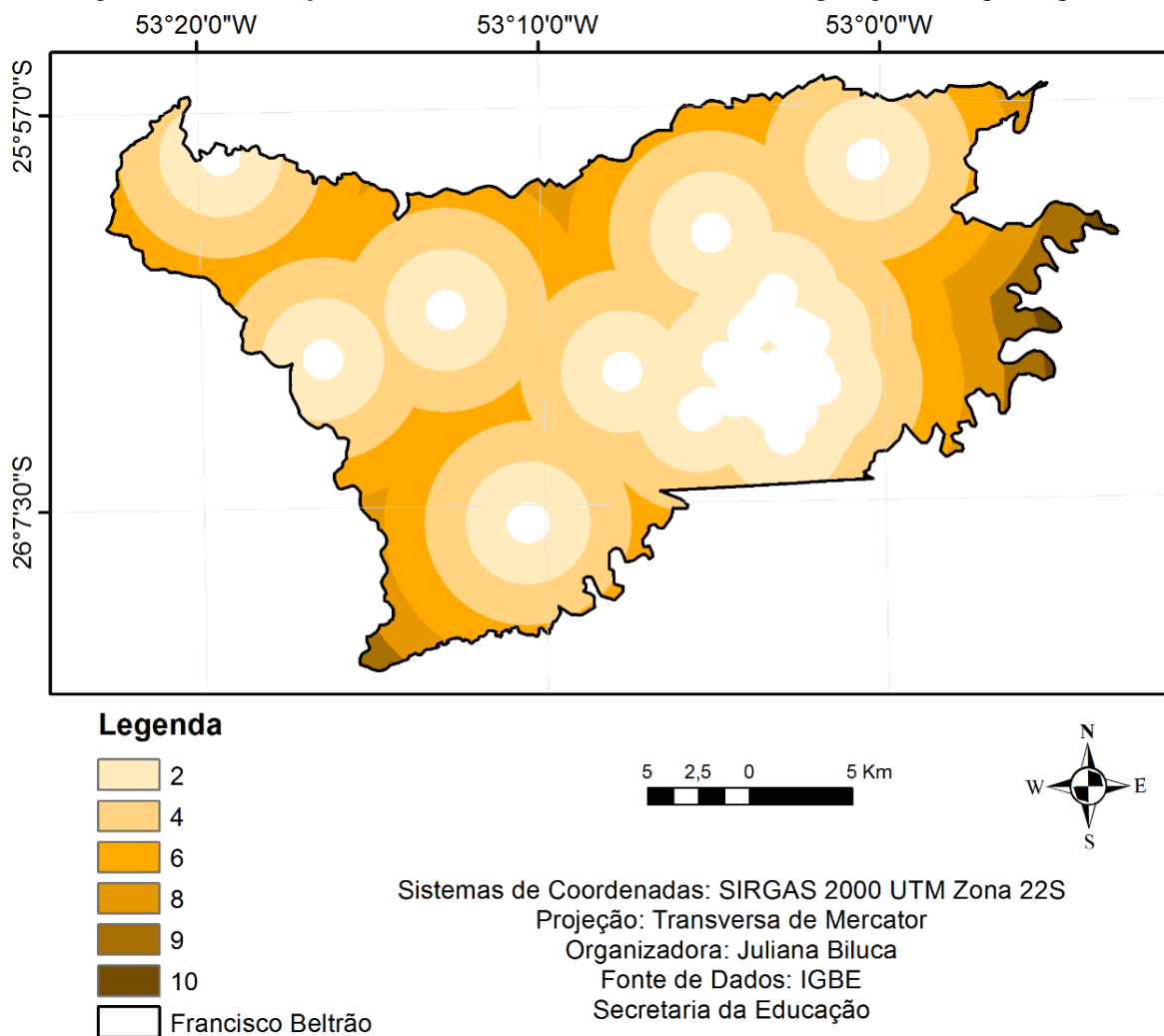
Figura 81 - *Buffers* criados para análise da adequabilidade quanto a distância a estabelecimentos de ensino



Fonte: Autoria própria.

A normalização *fuzzy* considerou a lógica crescente, aumentando a atribuição de valores com o aumento da distância (Figura 82).

Figura 82 - Padronização das distâncias a estabelecimentos de ensino para gerar o mapa de aptidão

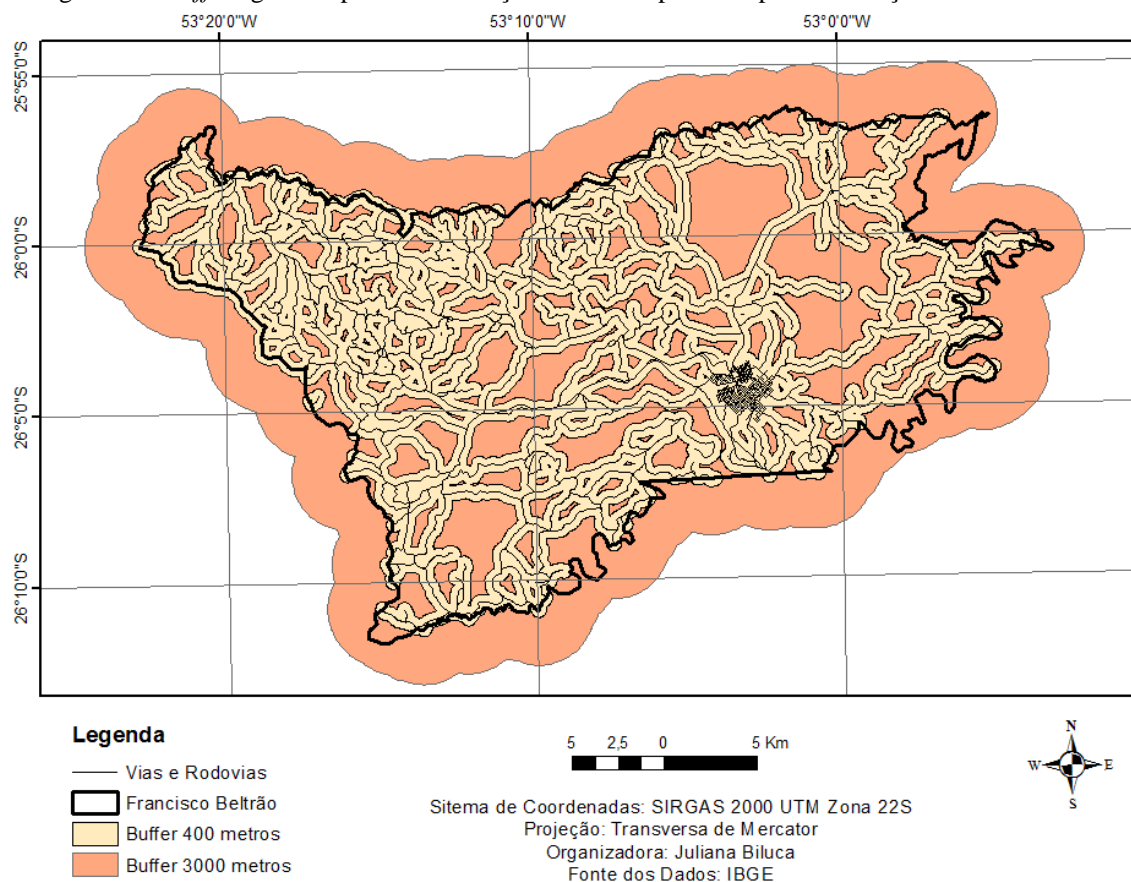


4.4.3 Vias e rodovias

Para a escolha do melhor local para o empreendimento, as vias de acesso devem ser analisadas (Figura 36), pois o destino dos RCC deve ser próximo ao local de geração e possuir fácil acesso.

Com as vias pode-se gerar os *buffers*, limitando as áreas adequadas a destinação dos resíduos, sendo que áreas muito próximas as rodovias não são indicadas, eliminando áreas com distância menor de 400 m. Áreas muito distantes também não são adequadas devido a logística, então foi gerado um *buffer* de 3.000 m, indicando a localização máxima do empreendimento. Porém esse *buffer* extrapolou o limite municipal, sendo a localização máxima delimitada pelo município (Figura 83).

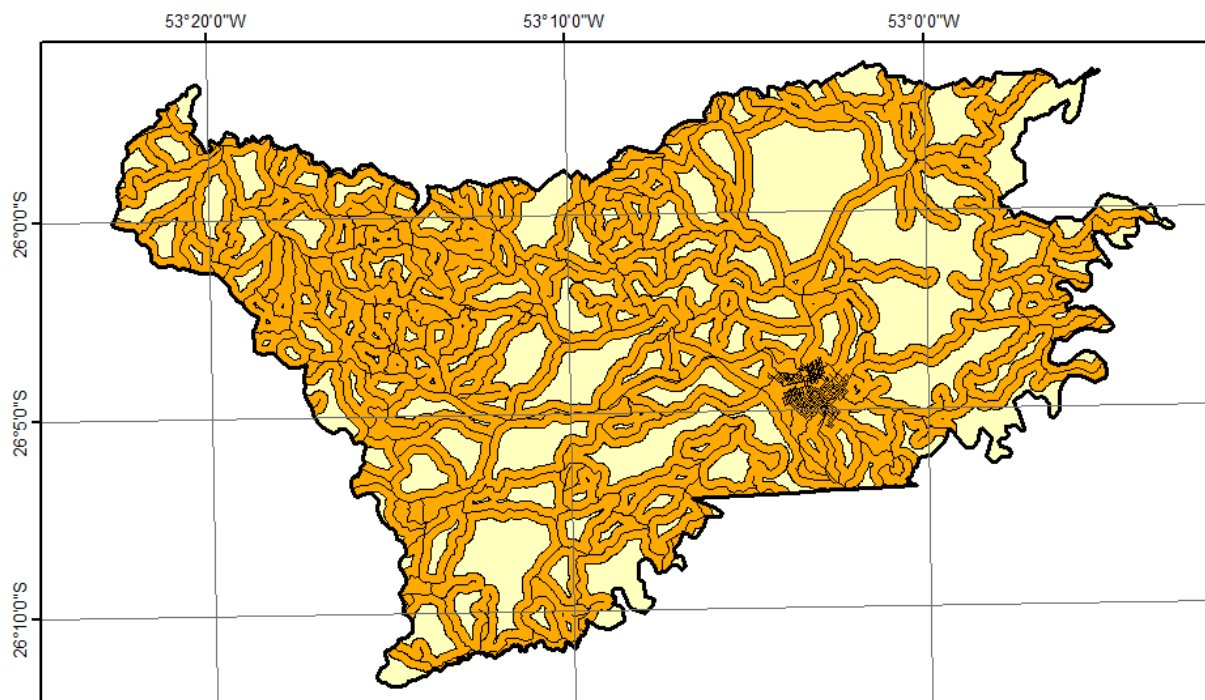
Figura 83 – *Buffers* gerados para a delimitação das áreas aptas e inaptas em relação as vias e rodovias



Fonte: Autoria própria.

Excluindo as áreas de uso restrito, até 400 m e fora do limite municipal, foi gerado um mapa de aptidão quanto a distância às vias e rodovias, sendo que são 238.230.624 m² de áreas aptas (Figura 84).

Figura 84 - Áreas aptas e inaptas quanto a distância a vias e rodovias

**Legenda**

- Vias e Rodovias
- Áreas Inaptas (<400 m)
- Áreas aptas (> 400m)
- Francisco Beltrão

5 2,5 0 5 Km

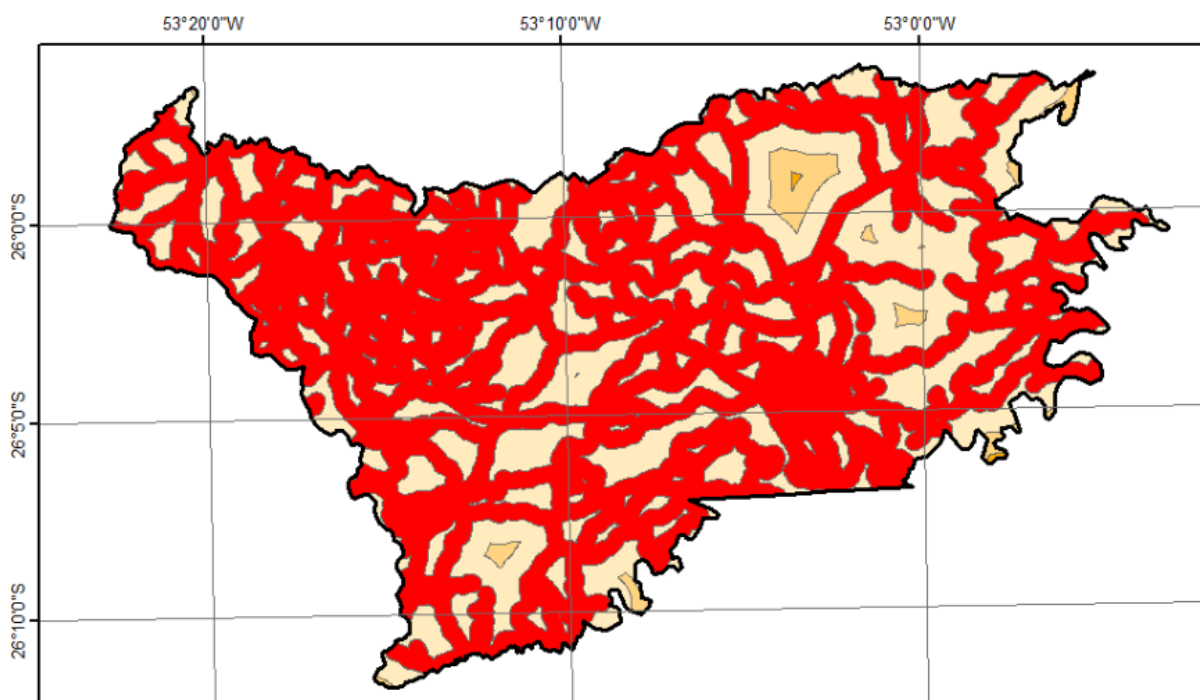


Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zona 22S
Projeção: Transversa de Mercator
Organizadora: Juliana Biluca
Fonte dos Dados: IBGE

Fonte: Autoria própria.

Então as áreas aptas foram subdivididas a cada 1.000 m, para melhor analisar a adequabilidade em relação as vias e rodovias, gerando três classes de áreas aptas (Figura 85).

Figura 85 - *Buffers* criados para análise da adequabilidade quanto a distância a vias e rodovias



Legenda

Áreas Aptas

- > 400 a 1400 m
- > 1400 a 2400 m
- > 2400 a 3400 m
- Áreas Inaptas (<400 m)
- Francisco Beltrão

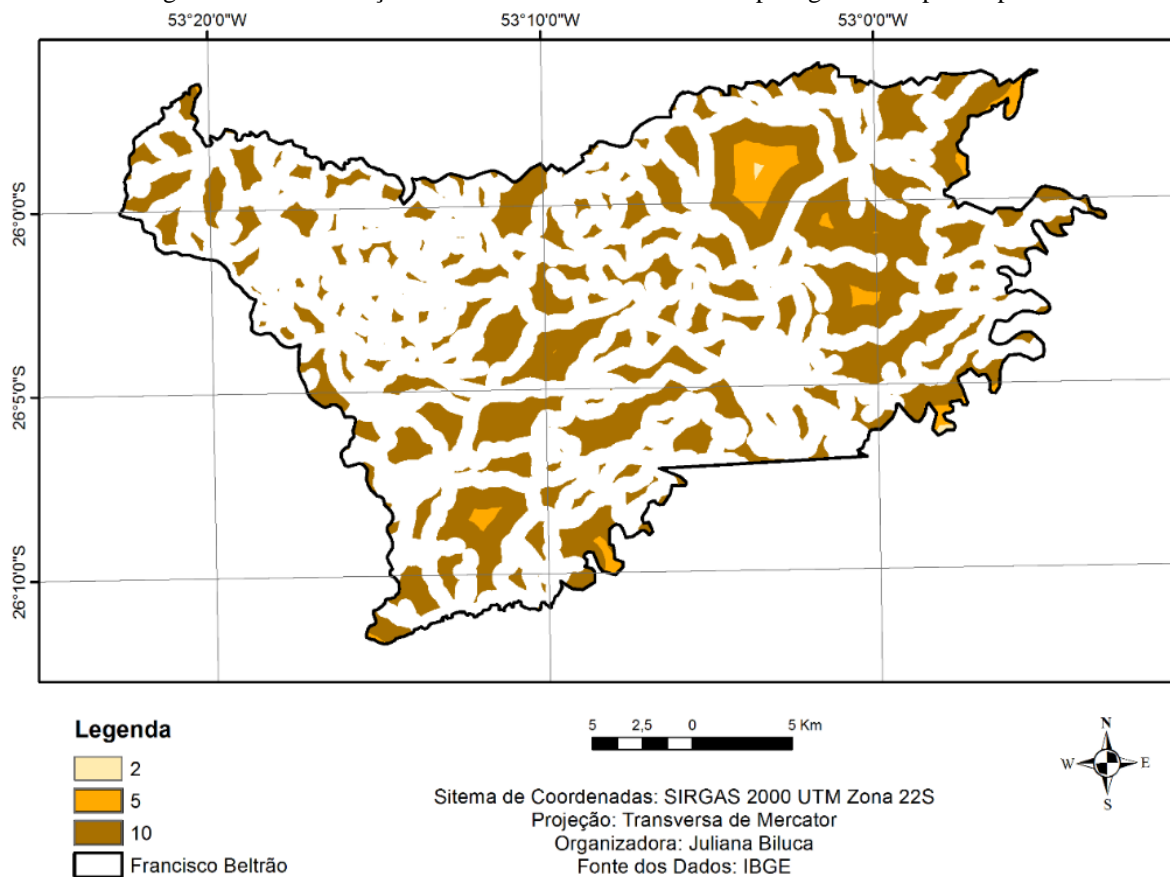


Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zona 22S
 Projeção: Transversa de Mercator
 Organizadora: Juliana Biluca
 Fonte dos Dados: IBGE

Fonte: Autoria própria.

A normalização *fuzzy* considerou a lógica decrescente, diminuindo a atribuição de valores, ou seja, diminuindo a aptidão com o aumento da distância, pois esse aumento dificulta a logística (Figura 86).

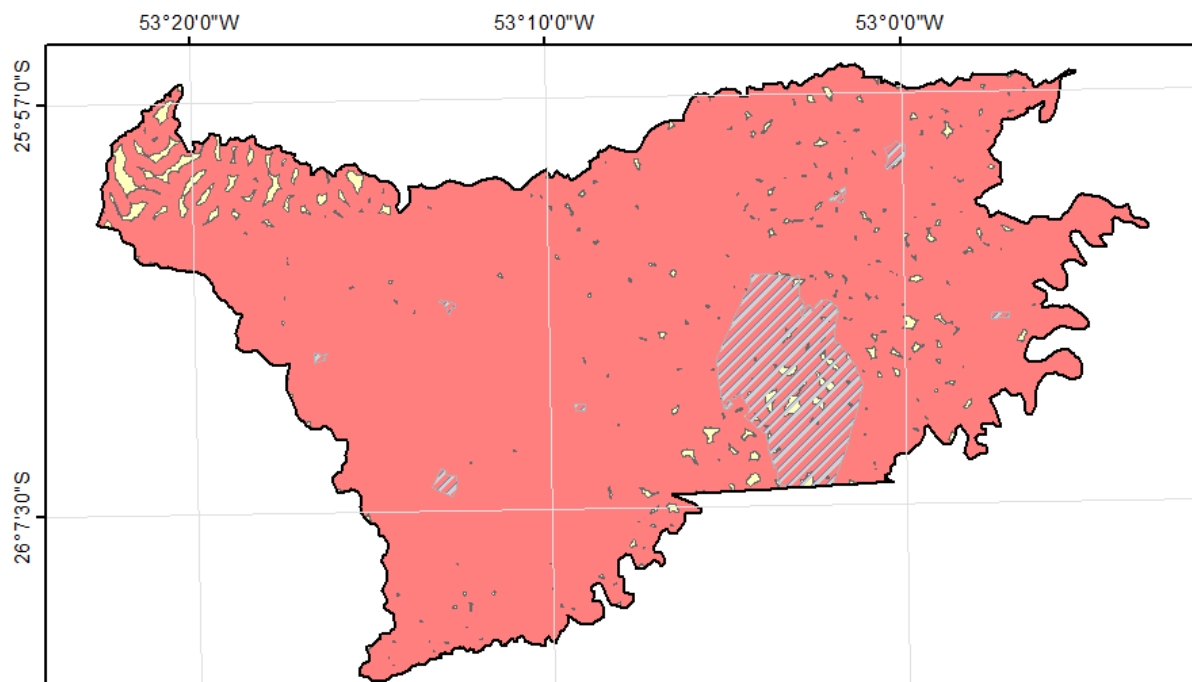
Figura 86 - Padronização das distâncias a vias e rodovias para gerar o mapa de aptidão



4.4.4 Hidrografia

Com o mapa da hidrografia do município (Figura 35) foi gerado o mapa de *buffers* considerando que somente podem ser instalados esses empreendimentos a distâncias maiores que 300 m. Possibilitando gerar um mapa de áreas aptas e inaptas quanto a distância a corpos hídricos, que identificou aproximadamente 17.650.383 m² de áreas aptas (Figura 87).

Figura 87 - Áreas aptas e inaptas quanto a distância a corpos hídricos

**Legenda**

- Áreas Aptas (> 300 m)
- Áreas Inaptas (< 300 m)
- Distritos
- Francisco Beltrão

5 2,5 0 5 Km



Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zona 22S

Projeção: Transversa de Mercator

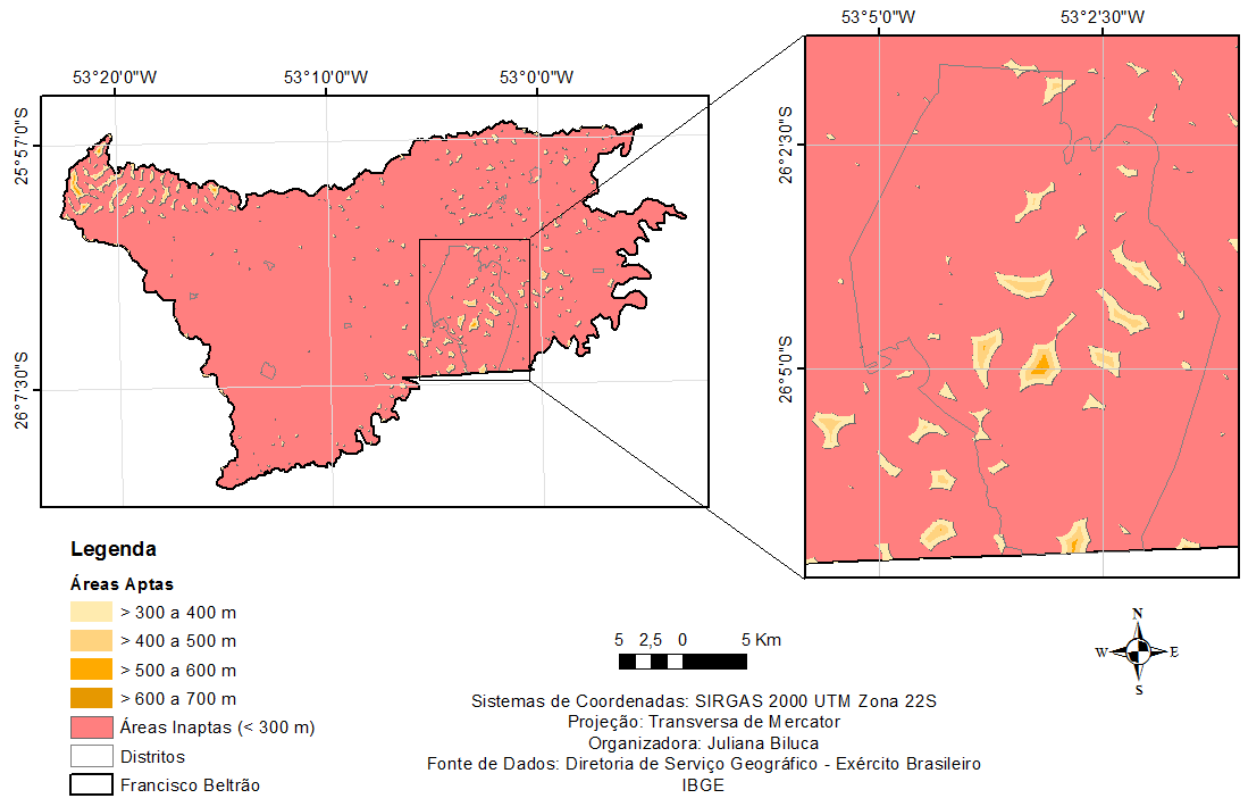
Organizadora: Juliana Biluca

Fonte de Dados: Diretoria de Serviço Geográfico - Exército Brasileiro
IBGE

Fonte: Autoria própria.

Então as áreas aptas foram subdivididas a cada 100 m, para melhor analisar a adequabilidade em relação aos corpos hídricos, gerando quatro classes de áreas aptas. Foi aplicado um *zoom* na área central para melhor visualizar os *buffers* criados nas áreas de aptidão (Figura 88).

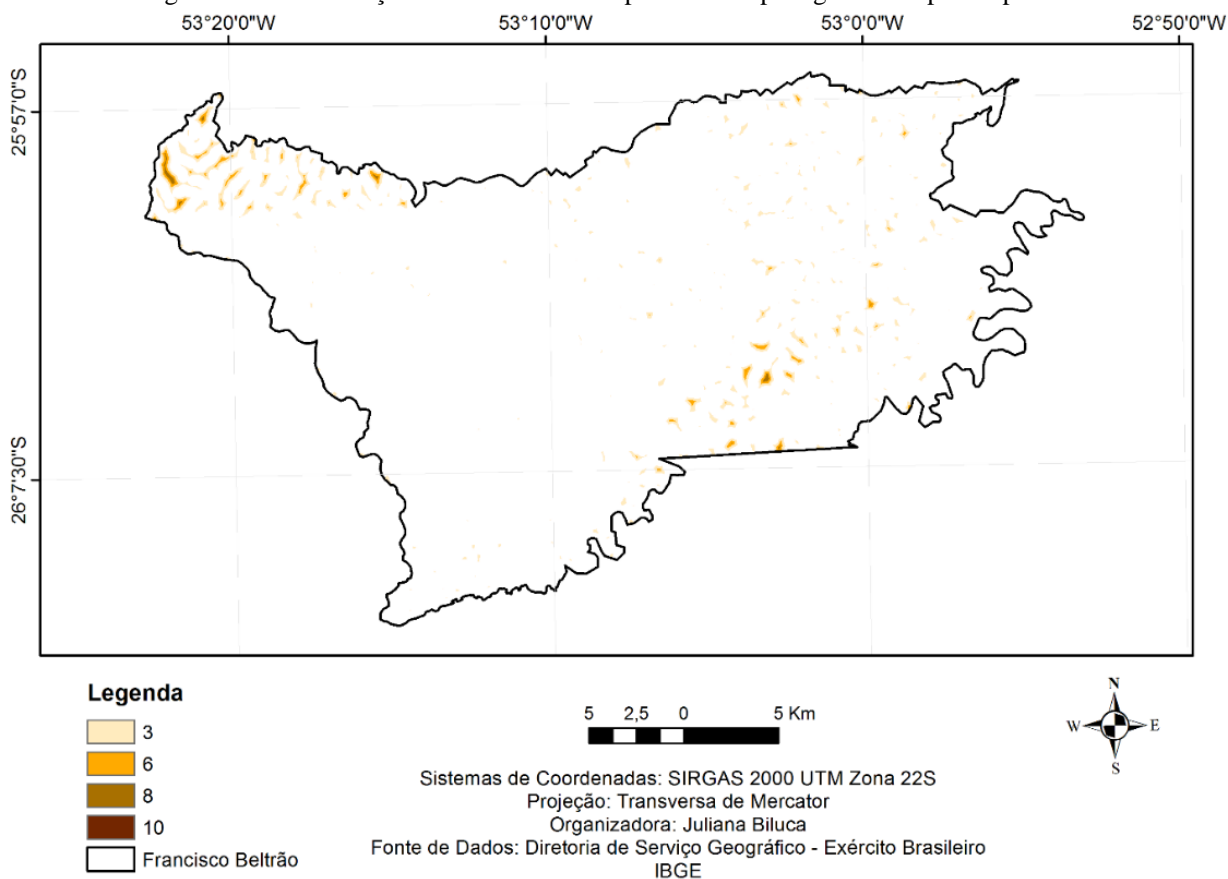
Figura 88 - Buffers criados para análise da adequabilidade quanto a distância a corpos hídricos



Fonte: Autoria própria.

A normalização *fuzzy* considerou a lógica crescente, aumentando a atribuição de valores, ou seja, aumentando a aptidão, com o aumento da distância (Figura 89).

Figura 89 - Padronização das distâncias a corpos hídricos para gerar o mapa de aptidão

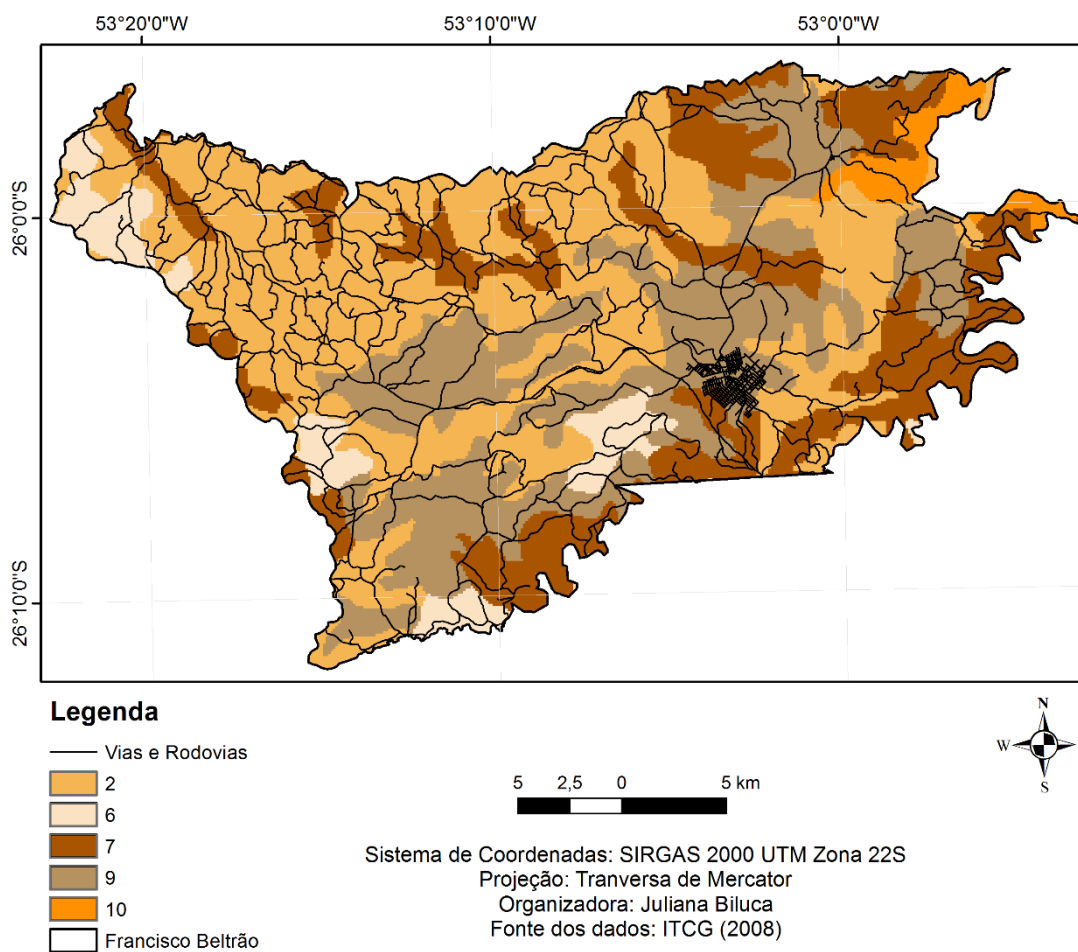


Fonte: Autoria própria.

4.4.5 Tipos de solos

O mapa de solos gerado (Figura 40) foi convertido para *raster* e reclassificado conforme os critérios de importância estabelecidos (Tabela 25) (Figura 90).

Figura 90 - Padronização dos tipos de solos para gerar o mapa de aptidão

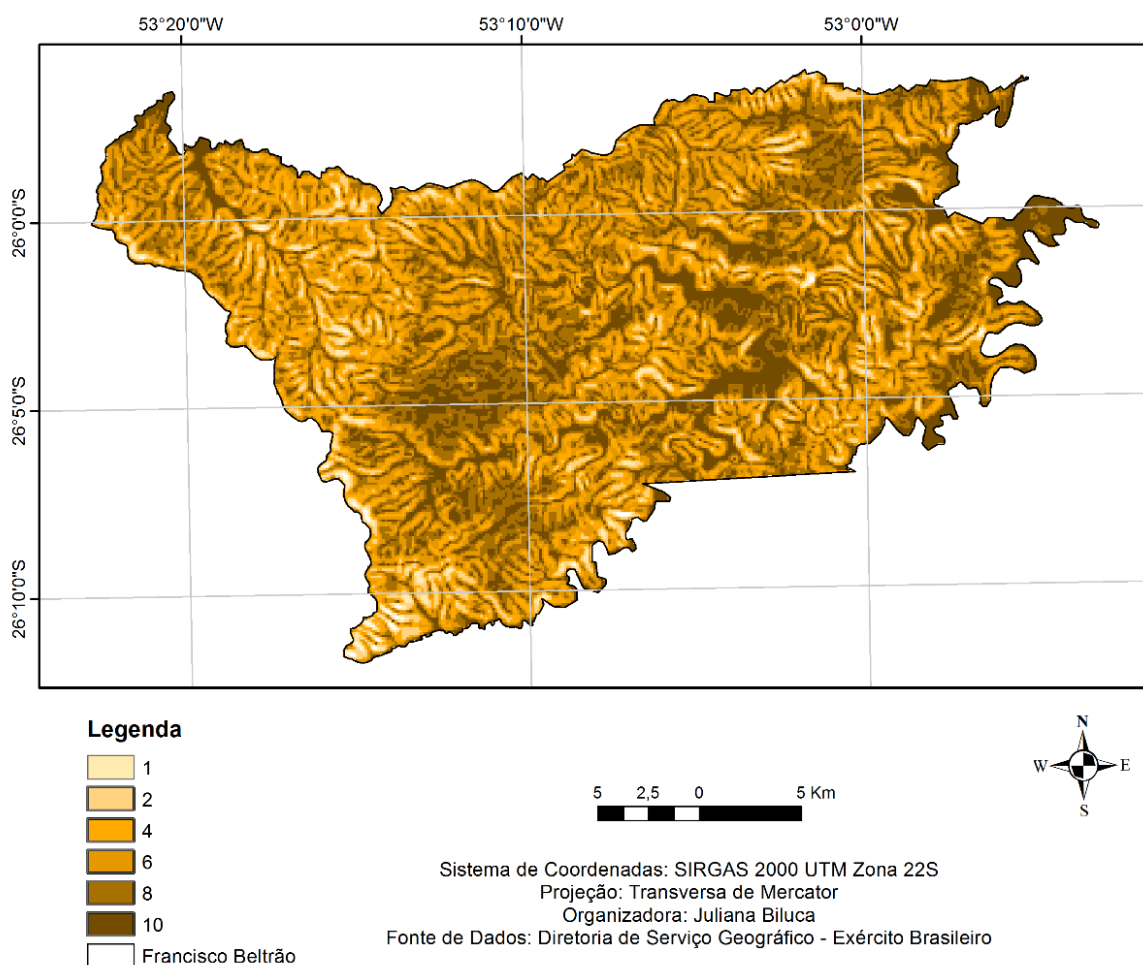


Fonte: Autoria própria.

4.4.6 Declividade

O mapa de declividade gerado (Figura 34), identificou poucas áreas acima de 30%, identificando somente 139.792 m² de áreas inaptas, 0,19% do município. As áreas aptas foram então padronizadas considerando que com o aumento da declividade diminui a aptidão (Tabela 26) (Figura 91).

Figura 91- Padronização da declividade para gerar o mapa de aptidão



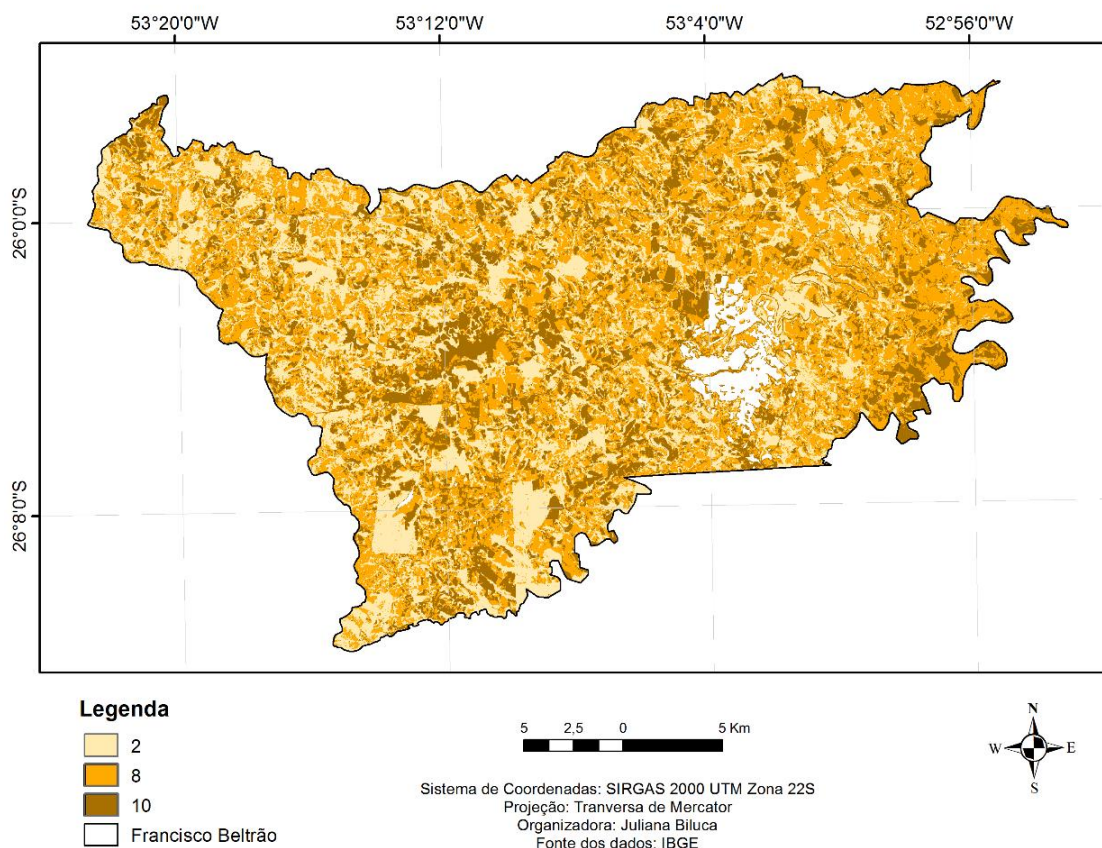
Fonte: Autoria própria.

4.4.7 Uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo gerado (Figura 33), identificou áreas de hidrografia, solo exposto, vegetação rasteira, vegetação arbórea e área urbana. Os locais com área urbana e hidrografia são inadequados para a instalação de empreendimentos destinados ao recebimento de resíduos de construção, portanto foram excluídos do mapa de uso e ocupação.

Já as áreas aptas foram normalizadas, sendo que locais com vegetação arbórea tem a menor aptidão (2), devido a necessidade de desmatar o local para instalar a obra, as áreas de vegetação rasteira possuem alta aptidão (8) e as áreas com solo exposto possuem aptidão máxima, por serem locais já degradados (Figura 92).

Figura 92 - Padronização do uso e ocupação do solo para gerar o mapa de aptidão



Fonte: Autoria própria.

4.4.8 Mapa de aptidão

Os critérios analisados, exceto o tipo de solo, apresentam áreas inaptas, ou seja, as áreas de restrições, sendo que a maior restrição é em relação a hidrografia (97,6%) devido a elevada quantidade de corpos hídricos no município, já a menor restrição é em relação a declividade (0,19%), pois poucas áreas possuem declividade superior a 30% (Tabela 31).

Tabela 31 – Quantidade, em porcentagem, de áreas aptas e inaptas em função do critério analisado

Crítérios	Aptas (%)	Inaptas (%)
Núcleos Populacionais	90,8	9,2
Estabelecimentos de Saúde	93,6	6,4
Estabelecimentos de Ensino	91,65	8,35
Vias e Rodovias	32,4	67,6
Hidrografia	2,4	97,6
Declividade	99,81	0,19
Uso e Ocupação do Solo	97,37	2,63

A utilização da técnica AHP permitiu identificar os pesos de importância dos critérios analisados, para que pudessem ser combinados linearmente, sendo que a distância a corpos hídricos é a mais importante com 22,6% e a distância a núcleos populacionais o menos importante, 7,1%, na escolha de locais para a destinação de RCC (Tabela 32).

Tabela 32 – Pesos de importância atribuídos a cada critério para gerar o mapa de aptidão

Critério	Peso (%)
Distância a corpos hídricos	22,6
Declividade	16,7
Distância a estabelecimentos de saúde	12,6
Distância a estabelecimentos de ensino	12,6
Uso e ocupação do solo	12,6
Tipo de solo	8,3
Distância a vias e rodovias	7,5
Distância a núcleos populacionais	7,1

A consistência dos pesos encontrados ficou em 1,8%, abaixo de 10%, portanto aceitável quanto a escala de Saaty (2008).

O estudo de Biju (2015), que analisou a localização ideal para aterro de resíduos de construção em Curitiba – PR, considerou oito critérios de localização, os critérios semelhantes ao presente estudo possuem peso de importância análogos, somente o peso da declividade destoou (Tabela 33).

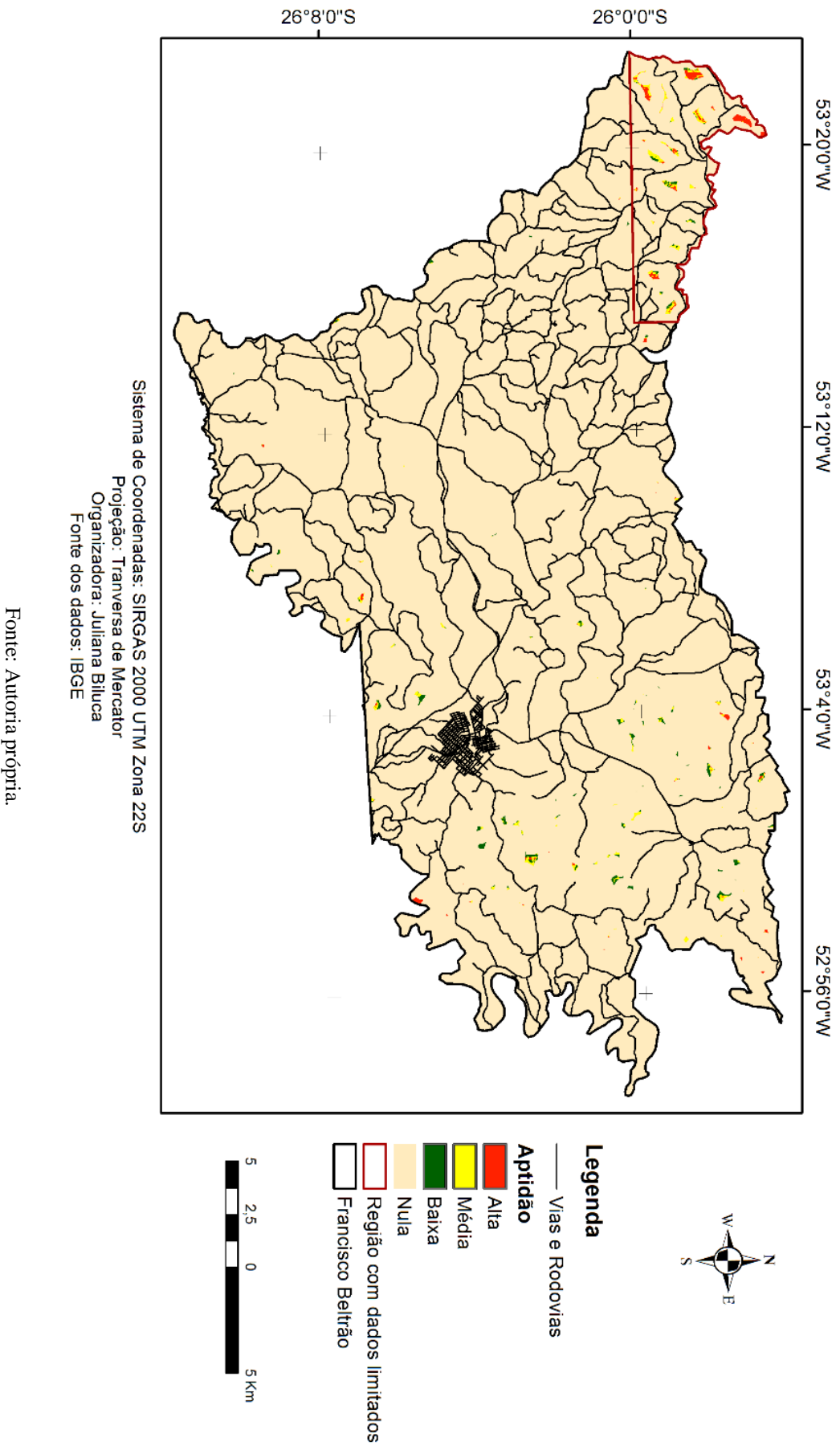
Tabela 33 – Pesos de importância atribuídos a cada critério analisado por Biju (2015)

Critério	Peso (%)
Distância de Recursos Hídricos	24,6
Vegetação	23,3
Solos	12,7
Geotecnia	10,3
Distância de Centros Urbanos	8,4
Distância de Estradas e Rodovias	8,2
Declividade	6,1

Fonte: Adaptado de Biju (2015).

O mapa de aptidão gerado identificou 5.155.064 m², 0,7% do município de áreas aptas, variando de baixa, média e alta aptidão. Percebe-se, na região noroeste do município, diversas áreas com alta aptidão, isso ocorreu devido a região apresentar dados de hidrografia apenas na escala 1:50.000 e o restante do município na escala 1:25.000, sendo que a distância a hidrografia é um fator limitante de grande importância para a aptidão (Figura 93).

Figura 93 - Mapa de aptidão para a instalação de empreendimentos destinados a receber resíduos de construção civil



Para selecionar as melhores áreas em relação ao tamanho necessário para a instalação do empreendimento, foi considerada a quantidade de RCC coletados na região sul no ano de 2015 de 0,570 kg/hab/dia (ABRELPE, 2015). Segundo o IBGE (2016) a população estimada para Francisco Beltrão para o mesmo ano era de 86.499, portanto, a quantidade gerada por dia é de 49.304,43 kg/dia.

Considerando o peso específico dos resíduos de construção de 1.400 kg/m³, a quantidade gerada por dia ocupa um volume de aproximadamente 35 m³.

Como alguns resíduos de construção civil não podem ser processados devido à falta de tecnologia ou devido a impurezas, o ideal é que juntamente a usina seja instalado um aterro para a reserva desses materiais.

Do total de resíduos de construção recebidos nas usinas, estima-se que 10% são de rejeitos (JADOVSKI; MASUERO, 2006; PINTO, 1999), portanto o presente estudo considerou que apenas 10% do total será aterrado, necessitando uma área de 1.200 m².

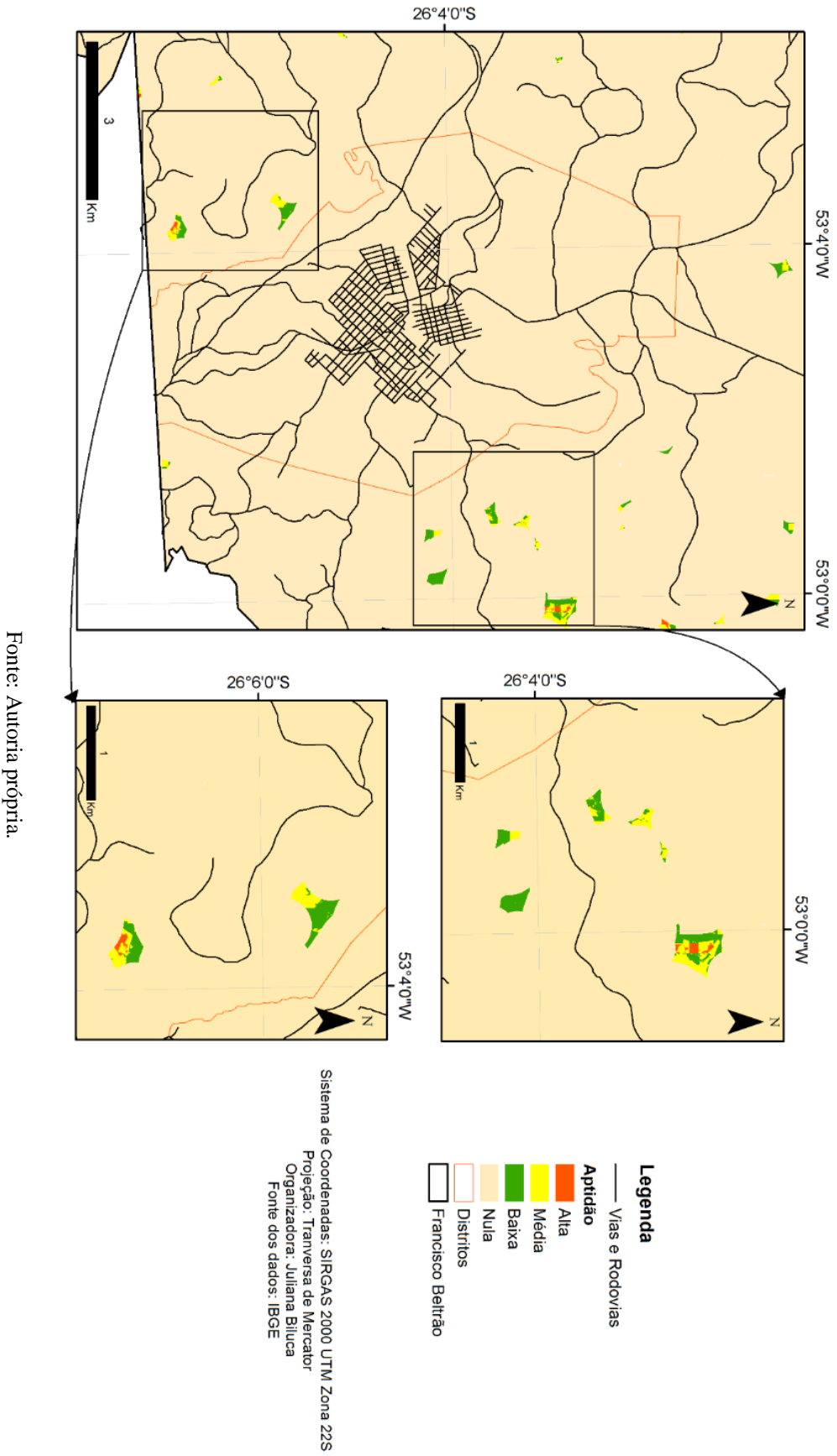
Portanto, da quantidade gerada, 10% é descartado e o restante, 44.373,99 kg, é processado em 8h/dia de funcionamento do empreendimento, resultando em 5.546,75 kg/h de resíduos a serem processados. Segundo Jadovski e Masuero (2006), para a produção de 10.000 kg/h são necessários 5.000 m², então para a quantidade a ser processada em Francisco Beltrão, aplicando regra de três, a área necessária é de 2.773,37 m².

Assim sendo, somando a área para aterro com área para usina, a área necessária para a instalação do empreendimento é de aproximadamente 4.000 m².

O tamanho das áreas aptas identificadas (Figura 93) varia de 1 a 368.276 m², as áreas menores que 4.000 m² foram excluídas, permitindo identificar 5.101.273 m² de áreas aptas, sendo que as mais adequadas são aquelas mais próximas do maior centro de geração, ou seja, da área urbana.

As áreas aptas próximas a região central do município, com maior aptidão são destacadas na Figura 94.

Figura 94 – Áreas aptas a instalação de empreendimentos de recepção de resíduos de construção civil próximas a área urbana



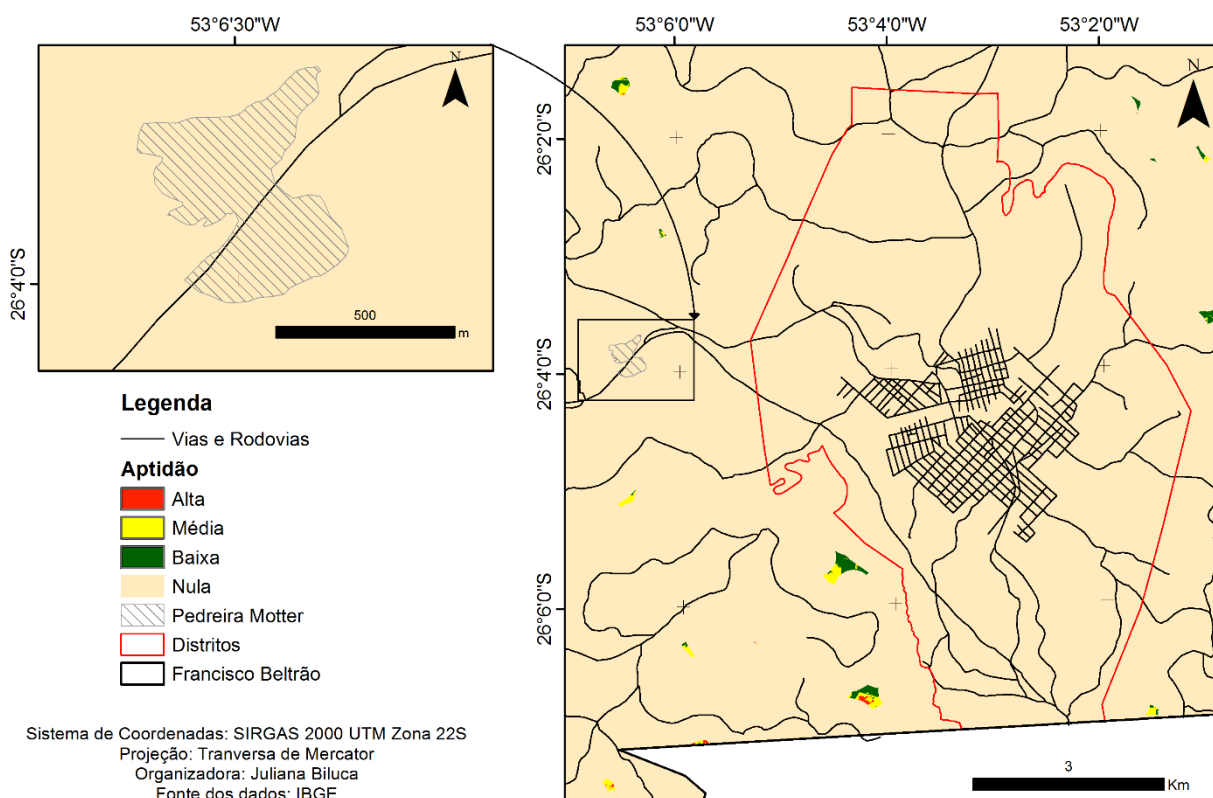
A implantação de uma usina de reciclagem por parte do poder público se torna atrativo devido a disponibilização de um local adequado para a destinação dos resíduos de construção, com vistas a eliminar a problemática da disposição inadequada e os custos com a recuperação do local. Além do fato que o material reciclado poder ser utilizado na pavimentação de vias e também no aterro sanitário municipal, que conforme Rigo (2014), apresenta carência de solo para o recobrimento dos resíduos sólidos urbanos aterrados.

Segundo Pinto (1999) em Belo Horizonte, cidade modelo de implantação de gestão diferenciada dos resíduos, o volume reciclado de 104.400 m³ propiciou a execução de 99,4 km de vias pavimentadas, com custo abaixo de 30% aos pavimentos convencionais.

Em relação a informação de que a Pedreira Motter pretende iniciar atividades relacionadas a reciclagem de resíduos de construção, foi realizada a análise da localização da pedreira, verificando se a mesma se encontra em áreas de aptidão.

Assim, foi identificado que a mesma não encontra-se em áreas aptas (Figura 95). Percebe-se a proximidade a vias e rodovias e esse é um fator limitante na implantação desses empreendimentos, considerado no presente estudo a distância mínima de 400 metros.

Figura 95 – Localização da Pedreira Motter em relação as áreas de aptidão



Fonte: Autoria própria.

Apesar do mapa de aptidão identificar que a Pedreira Motter não se encontra em áreas de aptidão, a implantação da usina juntamente a área da pedreira é um fator positivo para o município, pois será utilizada uma área já impactada, não necessitando impactar outro local para a destinação de resíduos.

Outro fator positivo é a existência de um local adequado para a destinação de RCC no município, que até então vem sofrendo com a disposição inadequada de resíduos de construção, que causam impactos ao meio ambiente e incômodos a população.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O descarte inadequado dos resíduos de construção civil é perceptível em diversos municípios. No caso em estudo, a identificação de 23 pontos de descarte na região urbana do município de Francisco Beltrão destacou que esse descarte é preferencial ao longo de vias e rodovias e locais sem isolamento, além de que a área se torna um atrativo para o descarte de diversos materiais.

A geração do índice de degradação ambiental permitiu identificar a problemática de cada área de descarte, sendo que aproximadamente 56% dos locais apresentaram de médio a alto potencial de degradação, devido principalmente a proximidade a corpos hídricos e o tipo de material que tem sido lançado, com resíduos perigosos oriundos de fontes diversas.

Em relação ao índice de aproveitamento de materiais pode-se enfatizar que aproximadamente 56% dos resíduos descartados possuem alto potencial de aproveitamento, devido principalmente a proximidade a vias e rodovias o que facilita a logística.

Devido o descarte inadequado ser frequente, o que ocorre no município é a chamada Gestão Corretiva, com o descarte inadequado pela população e empresas coletoras de resíduos e a posterior recuperação do local. O ideal seria a Gestão Preventiva com a instalação de áreas de reciclagem e aterro de resíduos, aproveitando o mesmo local que será impactado para a destinação dos resíduos. Esses locais devem seguir leis e normas, analisando múltiplos critérios, visando minimizar o impacto ao meio ambiente e à população.

A consideração de múltiplos critérios com o uso de SIG se mostrou uma ferramenta adequada, o problema de se trabalhar com SIG na análise de áreas muito extensas, está na dificuldade de obtenção de dados integrados, sendo que a obtenção, edição e adequação dos dados demandam grande parte do tempo necessário.

No presente estudo a técnica permitiu excluir as áreas de restrição e ainda, entre as áreas aptas, identificar os locais com alta, média ou baixa aptidão, sendo que o mapa de aptidão identificou diversas áreas próximas ao maior centro de geração.

Conhecendo-se essas áreas o poder público possui uma ferramenta que pode auxiliar no processo decisório na liberação de licenças para este tipo de empreendimento ou mesmo na escolha de um local adequado para a instalação de uma usina de reciclagem por parte do poder público.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A identificação das áreas de disposição inadequada foi devido ao conhecimento do fiscal de obras do município e da autora de áreas com essa problemática. Porém, sabe-se que a quantidade de locais de descarte de resíduos é maior devido ao aumento de loteamentos e do número de vazios urbanos identificados por Ghisi (2017). Portanto, sugere-se para futuros estudos a identificação dos locais de disposição inadequado ser feita percorrendo todas as vias municipais, como outros trabalhos fizeram, realizando um diagnóstico mais preciso.

Para a geração dos índices um dos critérios considerados é o tipo de resíduo descartado, sugere-se para futuros estudos que seja realizada a análise gravimétrica dos resíduos lançados nas áreas de *Bota-fora*, para a identificação mais precisa do tipo e quantidade de resíduo que tem sido depositado.

Outro estudo de localização referente a destinação de resíduos de construção que pode ser realizado é em relação a áreas aptas ao recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes. Sendo de suma importância no cumprimento da Conama 307/2002 pelo poder público, possibilitando que os pequenos geradores possam destinar os RCC aos pontos de entrega de pequenos volumes, que posteriormente são destinados a áreas de reciclagem.

Um estudo de localização para a instalação desses pontos de entrega em diversos locais do município é sugestivo para próximos trabalhos, auxiliando o poder público na gestão adequada dos RCC e minimizando a problemática do descarte inadequado por pequenos geradores.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11174**: Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes. Rio de Janeiro, 1990.

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112**: resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004c.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113**: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004d.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114**: resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004e.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004f.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004g.

AGUADO, Alexandre Garcia; CANTANHEDE, Marco André. Lógica Fuzzy. **Anais...** In: Congresso UNICAMP, Limeira, 2010.

AHMAD, A.; QUEGAN, S. Analysis of maximum likelihood classification on multispectral data. **Appl. Math. Sci.**, v. 6, n. 129-132, p.6425-6436, 2012.

ALVES, Robson de Paula; SHIMIZU, Tamio; IKEDA, Erika Kajiyama. MULTICRITERIA DECISION ANALYSIS SYSTEMS: A COMPARATIVE ASSAY OF THE QUALITY OF LIFE IN DIFFERENT COUNTRIES BY AHP, FUZZY AND SWOT DECISION TOOLS. In: **7º CONTECSI – International Conference on Information Systems and Technology Management**. 2013. Disponível em: <<http://www.contecsi.fea.usp.br/envio/index.php/contecsi/7contecsi/paper/viewFile/2265/1308>>. Acesso em: 31 out. 2016.

ANDRES, Juliano. Qualidade de Vida Urbana em Francisco Beltrão (SW/PR) por meio de Geoprocessamento e Análise Multicritério. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**. v. 37, n. 4, p. 298-310, 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/4675/467546194027/>>. Acesso em: 29 out. 2017.

ARAUJO, Joyce Maria de; GÜNTHER, Wanda Maria Risso. Caçambas Coletoras de Resíduos da Construção e Demolição no Contexto do Mobiliário Urbano: uma questão de saúde pública e ambiental. **Revista Saúde e Sociedade**. v. 16, n. 1, p. 145-154, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/sausoc/article/view/7516/9030>>. Acesso em: 01 set. 2017.

AZEVEDO, Gardênia Oliveira David de; KIPERSTOK, Asher; MORAES, Luiz Roberto Santos. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 11, 1. ed., p. 65-72, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000100009>. Acesso em: 27 out. 2016.

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. v. 5, n. 2, p. 27-37, jul/dez. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/urbe/v5n2/a04v5n2>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BIJU, Bárbara Pavani. **Utilização do Sistema de Informação Geográficas (SIG) na Indicação de Possíveis Áreas Aptas à Disposição de Resíduos de Construção e de Demolição**. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1328/1/CT_PPGEC_M_Biju,%20B%C3%A1rbara%20Pavani_2015.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 01**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília – DF, 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília – DF, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 348**. Altera a Resolução Conama nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Brasília – DF, 2004. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 431**. Altera o art. 3º da Resolução Conama 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília – DF, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 448**. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Brasília – DF, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 469**. Altera a Resolução Conama 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília – DF, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

CÂMARA, Gilberto et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

CÂMARA, Gilberto; FREITAS, Ubirajara Moura de. Perspectivas em Sistemas de Informação Geográfica. In: **Simpósio da SOBRACON**. São Paulo, 1995. In: **Simpósio sobre Quantificação em Geociências**. Rio Claro, 1995. Disponível em: <http://www.geolab.faed.udesc.br/sites_disciplinas/geoprocessamento_aplicado_ao_planejamento/docs/perspectivas%20em%20SIG.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2016.

CAMPOS, Mateus Garcia de. **Geoprocessamento na Localização de Área para Implantação de Aterro de Resíduos Inertes e da Construção Civil no Município de Nova Lima-MG**. 2010. 50 f. Especialização (Curso de Especialização em Geoprocessamento) – Instituto de Geociências, Belo Horizonte. Disponível em:

<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi73aj_hvbVAhXKnJAKHX2bA24QFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bibliotecadigital.ufmg.br%2Fdspace%2Fbitstream%2Fhandle%2F1843%2FBUBD-

953R6E%2Fmateus_garcia_de_campos.pdf%3Fsequence%3D1&usg=AFQjCNGiySe4jntuD4Axeib8xqpBF3d1HA>. Acesso em: 26 ago. 2017.

CANDIOTTO, Luciano Zanetti Pessôa; RIGO, Vilmar. TRAJETÓRIA DA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO/PR A PARTIR DA DÉCADA DE 1970. **Revista Formação**. v. 22, n. 2, p. 212-233, 2015. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/viewFile/3099/3077>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

CATVE.COM. **Aterro de Inertes de Cascavel já está com sua capacidade esgotada**. 2015. Disponível em: <<http://catve.com/noticia/6/113793/aterro-de-inertes-de-cascavel-ja-esta-com-sua-capacidade-esgotada>>. Acesso em: 14 out. 2016.

CGN – CENTRAL GAZETA DE NOTÍCIAS. **Município Fechará Aterro de Inertes**. 2015. Disponível em: <<http://cgn.uol.com.br/noticia/134450/municipio-fechara-aterro-de-inertes>>. Acesso em: 14 out. 2016.

CHANG, Ni-Bin; PARVATHINATHAN, G.; BREEDEN, Jeef B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. **Journal of Environmental Management**. v. 87, 1. ed., p. 139-153, 2008.

CÓRDOBA, Rodrigo Eduardo; SCHALCH, Valdir. Estudo do potencial de contaminação de lixiviados gerados em aterros de resíduos da construção civil por meio de simulações em colunas de lixiviação. **Revista de Engenharia Civil – UM**. n. 51, 2015. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/revistas>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

CORRECHEL, Vladia. **Avaliação de índices de erodibilidade de solo através da técnica da análise da redistribuição do “Fallout” do ¹³⁷Cs**. 2003. 99 f.. Tese (Doutorado em Ciências, Área de Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

COSTA, Helder Gomes. Introdução ao Método de Análise Hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. **Anais... XXXVI – SBPO**, Niterói – RJ, 2002. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0279.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

DALMAS, Fabrício Bau et al. Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11 – Ribeira de Iguape e Litoral Sul. **Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 285-299, 2011.

DELONGUI, Lucas et al. Panorama dos resíduos da construção civil na região central do Rio Grande do Sul. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**. n. 18, p. 71-80, 2011.

DIAS, Michele Ferreira et al. Geração de resíduos em obras residenciais verticais: investigação da influência do projeto arquitetônico e sistema de produção. In: **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Maceió, 2014. p. 3071-3080. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_119.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2016.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Rio Santana**. 1. ed. Brasília: DSG, 2004, Folha MI-2862-1-NO. Escala 1:25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Enéas Marques**. 1. ed. Brasília: DSG, 2006a, Folha MI-2849-4-SO. Escala 1:25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Santa Izabel do Oeste**. 1. ed. Brasília: DSG, 2006b, Folha MI-2849-3. Escala 1:50.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Sede Progresso**. 1. ed. Brasília: DSG, 2006c, Folha MI-2849-4-SE. Escala 1: 25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Verê - S**. 1. ed. Brasília: DSG, 2006d, Folha MI-2850-3-SO. Escala 1:25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Francisco Beltrão**. 1. ed. Brasília: DSG, 2011a, Folha MI-2861-2-NE. Escala 1:25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Jacutinga**. 1. ed. Brasília: DSG, 2011b, Folha MI-2861-1-NE. Escala 1:25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Marmeleiro**. 1. ed. Brasília: DSG, 2011c, Folha MI-2861-2-SE. Escala 1:25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Pinhal de São Bento**. 1. ed. Brasília: DSG, 2011d, Folha MI-2861-1-NO. Escala 1:25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Rio Marrecas**. 1. ed. Brasília: DSG, 2011e, Folha MI-2861-2-SO. Escala 1:25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **Salgado Filho**. 1. ed. Brasília: DSG, 2011f, Folha MI-2861-1-SE. Escala 1:25.000.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército. **São Pio X**. 1. ed. Brasília: DSG, 2011g, Folha MI-2861-2-NO. Escala 1:25.000.

EASTMAN, J. Ronald. **IDRISI for Windows**: Introdução e Exercícios tutoriais. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Centro de Recursos Idrisi, Brasil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1998. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/downloads/Tutorial_Idrisi_for_Windows_2.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016.

e-MEC. **Instituições de Educação Superior e Cursos Cadastrados**, 2017; Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

ESTOQUE, Ronald C.; MURAYAMA, Yuji. Suitability Analysis for Beekeeping Sites in La Union, Philippines, Using GIS and Multi-Criteria Evaluation Techniques. **Research Journal of Applied Sciences**. v. 5, 3. ed., p. 242-253, 2010. Disponível em: <<http://www.medwelljournals.com/fulltext/?doi=rjasci.2010.242.253>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

EVANS, Tom. **Introduction to Vector Data**: A graphical comparison of vector and raster data structures. Department Of Geography - Indiana University Bloomington, 2010.

Disponível em:

<http://www.indiana.edu/~gis/courses/g338/lectures/introduction_vector.html>. Acesso em: 10 jan. 2015.

EXPERT CHOICE. **3M Makes Critical Supply Chain Decisions Using Expert Choice**.

2016. Disponível em: <http://images.expertchoice.com/wp-content/uploads/ExpEng/xres/uploads/resource-center-documents/3M_casestudy.pdf>.

Acesso em: 14 nov. 2016.

FERNANDES, Débora de Oliveira; ELY, Daniela Fabiane. Situação Atual do Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (RCC) no Município de Toledo-PR. **Anais...** In:

GEOJOVEM, Associação Brasileira de mecânica dos solos e Engenharia Geotécnica, 2006.

Disponível em: <<https://www.abms.com.br/anais-cobramsegsbmrgeojovem/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

FRANCISCO BELTRÃO. **Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo Urbano – Lei 3.304 de 2007**. Disponível em: <<https://www.leismunicipais.com.br/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-francisco-beltrao-pr>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

FRANCISCO BELTRÃO. **Denúncias de moradores ajudam a identificar responsáveis por descarte irregular de lixo**. 09/04/2014. Disponível em:

<<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/NOTICIAS/DENUNCIAS-DE-MORADORES-AJUDAM-A-IDENTIFICAR-RESPONSAVEIS-POR-DESCARTE-IRREGULAR-DE-LIXO/>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

FRANCISCO BELTRÃO. **Prefeitura pede que moradores denunciem descarte irregular de lixo**. 30/09/2015. Disponível em:

<<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/CIDADE/PREFEITURA-PEDE-QUE-MORADORES-DENUNCIEM-DESCARTE-IRREGULAR-DE-LIXO/>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

FRANCISCO BELTRÃO. **Termo de Referência – PGRS**. 2017. Disponível em:

<<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/Termo-01.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

G1.GLOBO.COM. **São Luís ganha ‘ecoponto’ para combater descarte irregular de lixo**.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2016/05/sao-luis-ganha-ecoponto-para-combater-descarte-irregular-de-lixo.html>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

G1.GLOBO.COM. **Internauta flagra lixo jogado por prefeitura em pedreira**

abandonada. 26/03/2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/parana/vc-no-g1-pr/noticia/2013/03/internauta-flagra-lixo-jogado-por-prefeitura-em-pedreira-abandonada.html>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

GBANIE, Solomon Peter et al. Modelling landfill location using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern

Sierra Leone. **Applied Geography**. v. 36, p. 3-12, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622812000690>>. Acesso em: 26 out. 2016.

GENELETTI, Davide. Combining stakeholder analysis and spatial multicriteria evaluation to select and rank inert landfill sites. **Journal Waste Management**. v. 30, 2. ed., p. 328-337, 2010.

GHSI, Tatiana Cristina Schneider. Mapeamento e análise dos vazios urbanos no município de Francisco Beltrão-PR. **Revista eletrônica de arquitetura e urbanismos. arq.urb.** v. 19, p, 78-88, 2017. Disponível em: <<http://www.usjt.br/arq.urb/numero-19/6-tatiana-ghisi.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2017.

GOEPEL, Klaus D. **BMPSG modelo de AHP Excel com entradas múltiplas** – versão XX. Cingapura, 2013. Disponível em: <<http://bpmgs.com/new-ahp-excel-template-with-multiple-inputs/>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

HAMADA, Emília; GONÇALVES, Renata Ribeiro do Valle. **Introdução ao Geoprocessamento: princípios básicos e aplicação**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/15316/1/documentos67.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Paraná: Classificação climática**, 2011. Disponível em: <<http://www.IAPAR.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 01 out. 2016.

IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Consulta de Processo de Licenciamento**. Disponível em: <<http://www.sga.pr.gov.br/sga-iap/consultarProcessoLicenciamento.do?action=iniciar#>>. Acesso em: 14 out. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades – Francisco Beltrão**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410840>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Francisco Beltrão - Censo Demográfico 2010**, 2010a. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=410840&idtema=1&search=parana|francisco-beltrao|censo-demografico-2010:-sinopse->>. Acesso em: 09 maio 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de organização do território**, 2010b. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio>. Acesso em: 26 ago. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de cartas e mapas**, 2011. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas>. Acesso em: 10 dez. 2016.

INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Visualizador da INDE**, 2017. Disponível em: <<http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. **Dados e informações geoespaciais temáticos**. 2008. Disponível em:

<<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=9#>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

JADOVSKI, Iuri; MASUERO, Ângela Borges. Estudo dos custos de implantação, operação e manutenção de usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição. **Anais...In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído**. Florianópolis, p. 1842-1851, 2006.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113 f. Tese (Título de Livre Docente) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, PCC USP, São Paulo, 2000. Disponível em: <http://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/LV_Vanderley_John_-_Reciclagem_Residuos_Construcao_Civil.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

KLIMPEL, Eliete do Carmo. **Diagnóstico das Deposições Irregulares de Resíduos de Construção e Demolição**: Estudo de Caso. 2014. 54 f. Monografia (Especialista em Construção Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3420/1/CT_CECONS_III%20_2014_03.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2017.

LEITE, Everton. Em Beltrão, 326 famílias estão ocupando o espaço do Frigobel. **Jornal de Beltrão**, Francisco Beltrão, 09 nov. 2016.

LIMA, Rosimeire Suzuki; LIMA, Ruy Reynaldo Rosa. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. CREA – Paraná, 2009. Disponível em: <http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2016.

LIOTTE, Sérgio Vicente. **Utilização de Técnicas de Geoprocessamento para Apoio ao Planejamento Físico-Territorial do Município de Pariquera-Açu/SP**. 2000. 186 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 2000.

MACHADO, Gilnei. Implicações paisagísticas do processo de evolução urbana de Francisco Beltrão/PR. **Revista Faz Ciências**. v. 15, n. 21. Unioeste: Francisco Beltrão, 2013, p. 93-121. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/fazciencia/issue/view/586/showToc>>. Acesso em: 09 dez. 2016.

MACHADO, Gleysson B. Modelo Tecnológico para Manejo de Resíduos Sólidos. In: **Portal Resíduos Sólidos**. 2014. Disponível em: <<http://www.portalesiduossolidos.com/modelo-tecnologico-para-manejo-de-residuos-solidos/>>. Acesso em: 08 set. 2016.

MAGUIRE, David J. An Overview and definition of GIS. In: MAGUIRE, David, J.; GOODCHILD, Michael F.; RHIND, David W. (Ed.) **Geographic Information Systems: Principles and applications**. Longman/Wiley, 1991, p. 9-20. Disponível em: <<http://www.wiley.com/legacy/wileychi/gis/volumes.html>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

MARQUES NETO, José da Costa. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. RiMa: São Carlos, 2004.

MARTINS, Denise Maria. **Métodos Quantitativos Estatísticos**. IESDE Brasil S.A. Curitiba, 2012, p. 47. Disponível em:

<http://www.qualitert.com.br/biblioteca/metodos_quantitativos_estatisticos.pdf1>. Acesso em: 02 jul. 2017.

MELO, André Luis Oliveira de. **Avaliação e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando lógica fuzzy e análise multi-critério: uma proposta metodológica**.

Aplicação ao município de Cachoeiro de Itapemirim-ES. 2001. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - Minas Gerais, 2001.

Disponível em:

<<http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11276/texto%20completo.PDF?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

MERCANTE, I et al. Relevamiento y Diagnostico de Areas Impactadas por Residuos de la Construcción y Demolición en El Gran Mendoza, Estudio de Caso: Las Heras. In: II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. **Anais...** Red iberoamericana en gestión y aprovechamiento de residuos. Barranquilla - Colombia: Universidad Del Norte, 2009.

MESQUITA, A. S.G. Análise da Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Teresina, Piauí. **Revista HOLOS**. Ano 28, v. 2. 2012. Disponível em:

<<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/835/530>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A. **Projeto Riquezas Minerais: Avaliação do potencial mineral e consultoria técnica no município de Francisco Beltrão**. Curitiba, 2002.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Victor Zular Zveibil (coordenação técnica). Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Roseback; ANGULO, Sérgio Cirelli; CARELI, Élcio Duduchi. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986 – 2008.

Revista Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/7183>>. Acesso em: 12 maio 2016.

MORAES, Iranilda Silva; FERREIRA, Hugo de Souza; OLIVEIRA, Soraia de Fátima da Cruz. A utilização do SIG como ferramenta para indicação de áreas possíveis a implantação de aterro sanitário na região metropolitana de Belém-PA. **Anais...**In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife –PE, p. 001-004, 2010.

MORAIS, Greiceana Marques Dias de. **Diagnóstico da Deposição Clandestina de Resíduos de Construção e Demolição em Bairros Periféricos de Uberlândia: Subsídios para uma Gestão Sustentável**. 2006. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006. Disponível em:

<http://www.webposgrad.propp.ufu.br/ppg/producao_anexos/009_Greiceana%20Marques%20Dias%20de%20Moraes.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

MORALES, Gilson et al. Benefícios ambientais da coleta dos resíduos da construção civil de pequenos geradores no município de Londrina. **Anais...** In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Londrina, 2011. Disponível em:

<<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/I-005.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2016.

NAGAPAN, Sasitharan et al. Study of Site's Construction Waste in Batu Pahat, Johor. **Procedia Engineering**. Malásia, n. 53, p. 99-103, 2013

NOGUEIRA, Ruth E. **Cartografia**: representação, comunicação e visualização de dados espaciais. 2. ed. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2008.

OLIVEIRA, Wellington Nunes de; ROCHA, Vanessa de Paula; FERREIRA, Osmar Mendes. Mapeamento dos pontos de disposição de resíduos da construção civil e demolição em Goiânia. **Anais...**In: XVI Simpósio de Sensoriamento Remoto – SBSR. Foz do Iguaçu, p. 5323-5330, 2013.

PENG, Chun-Li; SCORPIO, Domenic E.; KIBERT, Charles J. Strategies for successful construction and demolition waste recycling operation. **Construction Management and Economics**. v.15, 1. ed., p. 49-58, 1997.

PICOLO, Mario Andre Sombrio. **Utilização de Técnicas de Suporte à Decisão para a Análise das Áreas de Deposição de Resíduos de Construção Civil e Demolição no Município de Criciúma, SC**. 2011. 191 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/1357>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p. Disponível em: <<http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/GestResiduosSolidos.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

PIROLI, Edson Luís. **INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental Ourinhos, 2010, 46 p. Disponível em: <http://andersonmedeiros.com/ebooks/livro_introducao_ao_geoprocessamento.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2016.

POLETO, Cristiano; BRESSIANI, Lúcia. **Resíduos Sólidos**. Série Ciências do Ambiente para Engenharias. v. 3, Uberaba: Editora da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, 2013.

POON, C. S; YU, Ann T. W.; NG, L. H. On-site of construction and demolition waste in Hong Kong. **Resources Conservation Recycling**. v. 32, 2. ed., p. 157-172, 2001.

PRODETEC. **Pesos Específicos dos Materiais**. Disponível em: <<http://www.prodetec.com.br/downloads.php>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

RAMIREZ, Milton Ramos; SOUZA, Jano Moreira de. Sistema Gerenciador de Banco de Dados em Sistemas de Informações Geográficas. In: MEIRELLES, Margareth Simões

Penello et al. (Eds.). **Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais**. Brasília: Embrapa, 2007. p. 56-103.

RIGO, Vilmar. **Análise do Processo de Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Município de Francisco Beltrão/PR a Partir da Década de 1970**. 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2014. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1500>. Acesso em: 16 fev. 2016.

RÍO, M. del et al. La regulación jurídica de los residuos de construcción demolición (RCD) en España. El caso de la Comunidad de Madrid. **Informes de la Construcción**. v. 62, 517. ed., p. 81-86, 2010. Disponível em: <http://oa.upm.es/7005/1/INVE_MEM_2010_76197.pdf>. Acesso em: 25 out. 2016.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS. **Revista do Departamento de Geografia**. v. 8, 1994. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327/0>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

RUTHES, Juliane Mônica, et al. Propriedades do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Catorze que Intensificam a Erosão Laminar. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 1, p. 160-169, 2012. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/issue/view/22>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

RUTHES, Juliane Mônica; TOMAZONI, Júlio Caetano; GOMES, Tayoná Cristina. Sistematização da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) em Sistema de Informação Geográfica (SIG) na estimativa da erosão no município de Francisco Beltrão – Paraná. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 13, n. 123, p. 1225-1238, 2016. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2016a/agrarias/sistematizacao%20da%20equacao.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

SAATY, Thomas L. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. **Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales: Serie A. Matemáticas**. v. 102, p. 251-318, 2008. Disponível em: <<http://www.rac.es/ficheros/doc/00576.PDF>>. Acesso em: 31 out. 2016.

SAMIZAVA, Tiago Matsuo et al. SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente – SP. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 60, 2008.

SANTOS, Almai do Nascimento dos. **Diagnóstico da Situação dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Município de Petrolina (PE)**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.

SCHNEIDER, Dan Moche; PHILIPPI JUNIOR, Arlindo. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v.4, n.4, p. 21-32, 2004.

SEAB - SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Divisão de Estatísticas Básicas – DEB - Agrometeorologia**. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=75>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Consulta a Escolas**, 2017. Disponível em: <<http://www4.pr.gov.br/escolas/frmPesquisaEscolas.jsp>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

SILVA, Alex Fabiane Fares da. **Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de Acordo com a Resolução Conama nº. 307/02** – Estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte. 2007a. 117 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FRPC-78WFYS>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

SILVA, Mayara Cristina Ghedini da et al. Metodologia para identificação de potenciais locais para a implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil. **Revista Espacios**. v. 34, 2013. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a13v34n04/13340403.html>>. Acesso em: 27 out. 2016.

SILVA, Reginaldo Macedonio da. **Introdução ao Geoprocessamento: conceitos, técnicas e aplicações**. v. 1, 1. ed. Novo Hamburgo, RS: Editora Feevale, 2007b. 176 p.

SINDUSCON/SP – SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL/SÃO PAULO. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: Avanços Institucionais e Melhorias Técnicas**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RES%20C3%84DUOS-2015.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014**. 2016a. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2014>>. Acesso em: 09 maio 2016.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série Histórica**. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. 2016b. Acesso em: 09 maio 2016.

SUMATHI, V. R.; NATESAN, Usha; SARKAR, Chinmoy. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. **International Journal of Integrated Waste Management, Science and Technology**. v. 28, 2008, p. 2146 – 2160. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X07003297>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

TARBOTON, D. G.; BRAS, R. L.; RODRIGUEZ–ITURBE, I. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. **Hydrological Processes**. v. 5, p. 81–100, 1991.

TEIXEIRA, Luciene Pires; CARVALHO, Fátima Marília Andrade. A INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO E O NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL: ANÁLISE PARA O PERÍODO 1990-2006. **Revista de desenvolvimento econômico**,

Salvador, v. 12, n. 21, jul. 2010. Disponível em:
<<http://www.revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/911>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

TEKNOMO, Kardi. **Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial**. 2006. Disponível em:
<<http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/AHP/index.html>>. Acesso em: 06 out. 2016.

TESSER, Ligia. Desde sábado e domingo, famílias ocupam área pública no bairro Padre Ulrico. **Jornal de Beltrão**, Francisco Beltrão, 13 set. 2016.

TOWNSEND, Timothy; WILSON, Christina; BECK, Blaine. **The Benefits of Construction and Demolition Materials Recycling in the United States**. Universidade da Flórida: Gainesville, 2014. Disponível em:
<http://www.cdrecycling.org/assets/docs/exec%20summary_cd%20recycling%20impact%20white%20paper.pdf>. Acesso em: 07 maio 2016.

USIPAR – Usina de Recicláveis Sólidos Paraná. **Usipar recicla para construção civil**. Disponível em: <<http://www.usiparreciclagem.com.br/>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

WEBER, Eliseu; HASENACK, Heinrich. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. **Anais...In: VI GIS Brasil – Congresso e feira para usuários de geoprocessamento**. Salvador, 2000. Disponível em:
<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/Publicacoes/Congressos/2000/Weber_&_Hase_nack_2000_Avaliacao_areas_aterro_sanitario_SIG.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2016.

WEBER, William J. et al. Leachate from Land Disposed Residential Construction Waste. **Journal of environmental engineering**. v. 128, n. 3, p. 237-245, 2002.

WISCHMEIER, Walter H.; SMITH, Dwight David. **PREDICTING RAINFALL EROSION LOSSES**. A guide to conservation planning, USDA, 1978.

WRIGHT, James Terence Coulter; GIOVINAZZO, Renata Alves. *Delphi* – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**. São Paulo, v. 01, n. 12, 2000.